مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية
المنظمة العربية للترجمة

علوم الزراعة العضوية وتكنولوجياتها

ألِنْ ف. باركر

ترجمة
محمد خليل

سلسلة كتب التقنيات الاستراتيجية والمتقدّمة

علوم الزراعة العضوية
وتكنولوجياتها

اللجنة العلمية لسلسلة الكتب العلمية المختارة

د. محمد مراياتي
د. منصور الغامدي
د. حسن الشريف
د. حاتم النجدي

المنظمة العربية للترجمة

ألِنْ ف. باركر

علوم الزراعة العضوية وتكنولوجياتها

ترجمة

محمد خليل

مراجعة

هيثم الناهي حسن الشريف

الفهرسة أثناء النشر - إعداد المنظمة العربية للترجمة
باركر، ألِن ف.
علوم الزراعة العضوية وتكنولوجياتها/ ألِن ف. باركر؛ ترجمة محمد خليل؛ مراجعة هيثم الناهي وحسن الشريف.
368 ص. - (تقنيات استراتيجية ومتقدمة - الزراعة؛ 2)
بيبليوغرافيا: 363-365.
يشتمل على فهرس.
ISBN 978-614-434-050-9
1. الزراعة - البحوث. 2. الأسمدة. أ. العنوان. ب. خليل، محمد (مترجم). ج. الناهي، هيثم (مراجع). د. الشريف، حسن (مراجع). هـ. السلسلة.
632

«الآراء الواردة في هذا الكتاب لا تعبّر بالضرورة
عن اتجاهات تتبناها المنظمة العربية للترجمة»

Barker, Allen V.
Science and Technology of Organic Farming
© 2010 by Taylor and Francis Group,
LLC, All Rights Reserved,
«Authorized Translation From English Language Edition Published by CRC Press, Part of Taylor and Francis Group LLC».

© جميع حقوق الترجمة العربية والنشر محفوظة حصراً لـ:

المنظمة العربية للترجمة
بناية «بيت النهضة»، شارع البصرة، ص. ب: 5996-113
الحمراء - بيروت 2090 1103 - لبنان
هاتف: 753031 - 753024 (9611) / فاكس: 753032 (9611)
e-mail: info@aot.org.lb - Web Site: http://www.aot.org.lb

توزيع: **مركز دراسات الوحدة العربية**
بناية «بيت النهضة»، شارع البصرة، ص. ب: 6001 - 113
الحمراء - بيروت 2407 2034 - لبنان
تلفون: 750084 - 750085 - 750086 (9611)
برقياً: «مرعربي» - بيروت / فاكس: 750088 (9611)
e-mail: info@caus.org.lb - Web Site: http://www.caus.org.lb

الطبعة الأولى: بيروت، تموز (يوليو) 2014

المحتويات

مقدمة المترجم 7

الفصل الأول: تعريفات فلسفات الزراعة العضوية 13

الفصل الثاني: خصوبة التربة وتغذية النباتات 23

الفصل الثالث: احتياجات النباتات للعناصر الغذائية المستمدة من التربة 37

الفصل الرابع: إدارة أسمدة المزرعة 137

الفصل الخامس: التخمير (التحويل إلى سماد) 157

الفصل السادس: إدارة أسمدة المزارع الخضراء 175

الفصل السابع: التكليس 189

الفصل الثامن: مواد التّغطية (المهاد) 203

الفصل التاسع: الحراثة 219

الفصل العاشر: مكافحة الأعشاب الضارة 231

الفصل الحادي عشر: مكافحة الحشرات 245

الفصل الثاني عشر: الأمراض النباتية 291

الفصل الثالث عشر: الزرع مع الرفيق 315

الفصل الرابع عشر: تخزين المنتجات 325

ثبت المصطلحات 339

المراجع 363

الفهرس 367

مقدمة المترجم

إني أحمد الله سبحانه وتعالى أن وفقني إلى ترجمة كتاب «**علوم وتكنولوجيا الزراعات العضوية**» لمؤلفه ألِن باركر الذي صدر عام 2008م ، ويعتبر من أحدث وأبرز المراجع المتوافرة باللغة الإنجليزية في هذا المجال.

الزراعة العضوية هي أسلوب زراعي بيئي ذو أبعاد اقتصادية واجتماعية، يهدف إلى إنتاج غذاء نظيف بطرق آمنة، مع مراعاة التوازن الطبيعي، ودون الإخلال بالنظام البيئي. أي إنها حسب هذا التعريف تشمل أنظمة زراعية، لإنتاج الغذاء والألياف، ذات مضمون بيئي، اجتماعي، اقتصادي. هذه الأنظمة تأخذ خصوبة التربة كأساس للقدرة على الإنتاج من خلال احترام الطبيعة المتأصلة للنبات والحيوان والحفاظ على البيئة، وهي تستلزم تغييراتٍ رئيسيةً في نظام الزراعة.

فالزراعة العضوية تعتمد على نظام الدورة الزراعية، وإعادة استخدام المواد العضوية من داخل المزرعة مثل بقايا المحاصيل، وروث الحيوانات، وزراعة المحاصيل البقولية، والسماد الأخضر، وكذلك المخلفات العضوية من خارج المزرعة. كما تعتمد على وسائل وأساليب غير كيماوية للسيطرة على الآفات (حشرات، أمراض، أعشاب).

إن الزراعة العضوية هي طريقة زراعة تحمل صفة الاستدامة وتضمن التكامل بين عناصر الإنتاج الزراعي المختلفة، وتعتمد على أسس وأساليب

علمية خاصة بما يتعلق بالتوازن الطبيعي، والحفاظ على المصادر الطبيعية، وتجهيز الأسمدة العضوية، والحفاظ على الأحياء الدقيقة النافعة وزيادتها، في سبيل إغناء ورفع خصوبة التربة، مما ينعكس على النبات من حيث النمو الجيد، والمحصول العالي والقدرة على مقاومة الآفات. إنها زراعة مكثفة بالمعلومات والمعرفة.

من هنا ولأن العديد من المناطق في العالم العربي نشيطة الآن بالزراعات العضوية، لذا فإن الحاجة إلى ترجمة هذا الكتاب المهم للمؤلف ألِنْ باركر كانت ماسة جداً، وذلك لإيجاد مرجع باللغة العربية تسّهل فهم موضوع هذا النوع من الزراعات للمزارعين وطلبة الجامعات، حيث يندر توافر مراجع باللغة العربية في هذا الموضوع. إن هذا الكتاب يهدف إلى أن يكون دليلاً عملياً للزراعة العضوية ومرجعاً لكل مهتم بالزراعة العضوية. كما يعطي معلومات عن كيفية تقدير الحالة الغذائية للمحاصيل والخصوبة وحالة التربة. ينبغي أن تكون ذات فائدة للمزارعين والمستشارين الزراعيين، وعلماء التربة والنبات.

ومن أبرز الصعوبات التي واجهتني في ترجمة هذا الكتاب هي عدم توافر معانٍ لبعض المصطلحات في القواميس المتوافرة، وكذلك وجود أكثر من معنى للبعض الآخر، وأيضاً عدم توافق ترجمة بعض المصطلحات مع سياق الجملة المترجمة مما يخل بالمعنى المقصود للجملة. لذا فقد بذلت كل ما في وسعي لاختيار المعاني التي رأيت أنها مناسبة وتعبر عن المقصود بالعبارة الأصل وتم ضبطها في ثبت المصطلحات.

وقبل الختام فإني أود أن أتقدم بخالص الشكر والتقدير إلى المنظمة العربية للترجمة على الدعم والتشجيع لمشروع ترجمة هذا الكتاب. كما أتقدم بخالص الشكر والتقدير لكـل من ساعـد في مراجعة وتحكيم وإخراج هذا الكتاب إلى حيز التداول. كما أسأل الله العلي القدير أن ينفع به طالبي العلم والمعرفة على جميع مستوياتهم الأكاديمية والعملية والثقافية.

والله من وراء القصد

محمد خليل

مقدمة

تعد الزراعة العضوية النموذج السائد والمصدر الأصلي للزراعة. حيث إنه قبل تطوير الأسمدة والمبيدات المصنّعة كانت عملية تناوب المحاصيل والتسميد بالسماد الحيواني العضوي هي الخيارات المتاحة لمعظم المزارعين للحفاظ على إنتاجية المحاصيل. تتجنّب جميع أنظمة الزراعة العضوية استخدام الأسمدة والمبيدات الحشرية الاصطناعية. ومع ذلك، فإن المبادئ التي تنطوي عليها الزراعة العضوية هي مشتركة مع الزراعة التقليدية - وهو مصطلح مستخدم لتحديد الزراعة غير العضوية - بما أن كلا النظامين مستخدم بشكل مكثّف. الإنتاج في البرية أو في الأنظمة المهجورة ليست ممارسة عضوية. وذلك لأنه يجب تأمين الغذاء للمحاصيل، ويجب أن تتمّ مراقبة الآفات. كثير من النظم التقليدية لديها ممارسات مشتركة مع الزراعة العضوية. وبالتالي، لا تختلف النظم العضوية والتقليدية كثيراً في مجال التكنولوجيا، ولها نفس الأساس العلمي.

اشتق علم الزراعة العضوية من دراسة مجتمعة في علوم خصوبة التربة، وأمراض النبات، وعلم الحشرات، والعلوم البيولوجية وعلوم بيئية أخرى. تعد الزراعة العضوية فلسفةً وعلماً مدروساً بشكل جيد في الوقت عينه، في هذا النص سيتم عرض كافة طرق التطبيق العملي الزراعة العضوية.

يتمثل الغرض من العلم والتكنولوجيا في الزراعة العضوية في توفير مصدر حالي للمعلومات يكون متاحاً بسهولة يتعلق بالشأن العلمي للزراعة العضوية.

ودور التكنولوجيا يكمن في تحقيق المردود الكافي بعد تأمين التغذية والحماية لهذه النبات.

يقدم الفصل الأول لمحةً عامةً عن الزراعة العضوية فضلاً عن الإجراءات والنتائج والمحاولات التي أجريت لتحديد وتنظيم الزراعة العضوية. بدأت البساتين أو البستنة العضوية بشكل غير علمي متطور معتمدة على الأساليب العلمية التقليدية كما في شكلها الحالي.

وتناقش خصوبة التربة وتغذية النبات في الفصلين الثاني والثالث، مع التركيز على المواد الغذائية الرئيسية كالنيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم، والكالسيوم، والمغنيسيوم، والكبريت ومجموعة من المغذيات الدقيقة النباتية. هذه الفصول هي المكونات الرئيسية لهذا الكتاب لأن عدم توفير المواد الغذائية الكافية للمحاصيل هو عاملٌ مقيدٌ في الزراعة العضوية. ويتم توضيح وشرح كيمياء النبات، والتربة، ومحلول التربة في الفصول المتعلقة بخصوبة التربة وتغذية النبات. وتعرض المبادئ التوجيهية والتوصيات والإجراءات لتحديد أفضل التوصيات في حالات الخصوبة الفردية.

ويعرض الفصل الرابع الأساليب التطبيقية في إدارة الأسمدة الزراعية لإدراجها في الأرض. حيث إنّ ممارسة مستخدمي الأسمدة في التربة يحسن خصوبة هذه التربة. وتم بحثها كنظام مجدٍ في تحقيق الإدارة الفعالة للتربة في كافة أشكال الزراعة. الفصل الخامس يناقش مقاصد وإنتاج السماد وتقييمه كعامل في الحفاظ على خصوبة التربة، والفصل السادس، يركز على إدارة الأسمدة الخضراء، ويكمل في مناقشة المواد العضوية في خصوبة التربة.

يناقش الفصل السابع التجبير، ويعرض آثار حموضة التربة وإدارتها على خصوبة التربة. حيث إنّ حموضة التربة الزراعية تؤثر في النشاط الميكروبي ومدى توافر المغذيات النباتية من المواد العضوية والمعدنية وهي عاملٌ رئيسيٌ يحد من إنتاجية المحاصيل في العالم. وتُشرح الجراثيم والحرث بالتفصيل في الفصلين الثامن والتاسع على التوالي، تليها فصول أساليب مكافحة الأعشاب العضوية (الفصل العاشر)، مكافحة الحشرات (الفصل الحادي عشر)، ومكافحة الأمراض (الفصل الثاني عشر).

مكافحة الآفات العضوية تعد عنصراً كبيراً في إدارة خصوبة التربة وإنتاجية المحاصيل في الزراعة العضوية. الباحثون يعملون على تقديم وتفعيل هذا النطاق، ويتم توثيق بعض التطورات.

ينتهي الكتاب مع مناقشات حول الزراع الرفيق في الفصل الثالث عشر وكيفية تخزين المنتجات في الفصل الرابع عشر. لقد وُضِعَ قاموس للمصطلحات لمساعدة القراء في المصطلحات المستخدمة في الكتاب. يتم إضافة مراجع لتعريف القراء على بعض المراجع التي تم استخدامها في إعداد هذا الكتاب ليتسنى للقراء الحصول على مزيد من المعلومات.

الزراعة العضوية توفّر الطرق المستخلصة علميًّا لتحسين خصوبة التربة وزيادة المحصول مع إضافات كيميائية محدودة. مع تزايد عدد سكان العالم بسرعة، ومن المتوقع تحقيق ذلك في وقت قليل، وتحسين تغذية النبات وحماية المحاصيل تعد عواملَ رئيسيةً لتزايد إنتاج المحاصيل، واستخدام علم الزراعة العضوية لزيادة المحاصيل الزراعية والمحافظة على نوعية التربة أمر يلقى أهمية كبرى. المصلحة العامة تقضي التقليل من استخدام المستلزمات الزراعية الكيماوية في الزراعة وزيادة الطلب على العضوية منها.

ويهدف هذا النص إلى أن يكون دليلاً عملياً للزراعة العضوية ومرجعاً لكل مهتم في الزراعة العضوية. كما يعطي معلومات عن كيفية تقدير الحالة الغذائية للمحاصيل والخصوبة وحالة التربة. ينبغي أن تكون ذات فائدة للمزارعين والمستشارين الزراعيين، وعلماء التربة والنبات.

المؤلف يعرب عن امتنانه لابنته، روبن ف. باركر (Robin V. Barker)، التي أمدّت الكتاب بالصور التوضيحية المرسومة باليد.

أَلِنْ باركر

الفصل الأول

تعريفات فلسفات الزراعة العضوية

التاريخ والخلفية

أُدخل مصطلح الزراعة العضوية إلى الاستخدام الشائع نحو عام 1940، إثر الحركة الزراعية التي قد بدأتْ في عام 1920، و في عام 1930، عندما تمّ تعزيز مفهوم إدارة المزرعة كوحدة معيشة أو نظام برُمّتِهِ. وضع ألبرت هوارد (Albert Howard) في المملكة المتحدة، وعلى أساس عمله في الهند، خلال العشرينات والثلاثينات من القرن الماضي، الأسس الاجتماعية والعملية لحركة الزراعة العضوية. أرسى رودولف شتاينر (Rudolph Steiner)، من خلال محاضراته وتدريسه بدءاً من عام 1924، الأساس للزراعة البيولوجية الحيوية، التي أدّت الى إصدار ما يشبه أولى الشهادات العضوية ونظام التسمية. ومع ذلك، تختلفُ الزراعة البيولوجية الحيوية عن الزراعة العضوية في أن هذا النظام البيولوجي الحيوي يحتوي على مبادئ توجيهية روحية، وباطنية، وفلكية. عرضَ اللورد نورثبورن (Lord Northbourn) – خبير زراعي في إنجلترا – في إشارة إلى الزراعة، مصطلحَ العضوية للعالم في عام 1940 في كتابه **نظرة إلى الأرض** (*Look to the Land*). أدخل السيد ج. إ. روديل (J. I. Rodale) الحركةَ العضوية في الولايات المتحدة منذ نحو 70 عاماً، من خلال المنشورات التي تنادي بالصحة من خلال الزراعة العضوية. تمّ تأسيس معهد روديل (Rodale Institute) (الولايات المتحدة)، ورابطة التربة (المملكة المتحدة)، والتربة والصحة (نيوزيلندا)

خلال الأربعينيات من القرن الماضي كرابطات مكرّسة لدراسة وتعزيز الزراعة العضوية. نشأت منظمات مماثلة في ألمانيا واليابان في الوقت نفسه أو مباشرة بعد إنشاء المؤسسات في الولايات المتحدة، والمملكة المتحدة، ونيوزيلندا.

في بداية تطوّرِ الحركات العضوية، كان استخدام الأسمدة الكيميائية والمبيدات قليلاً جداً مقارنة بالممارسات الحالية؛ ومن ثم، إن تنمية الزراعة العضوية لا تتعلّق بالمواد المستخدمة لحماية خصوبة التربة والمحاصيل فقط، ولكن كان لديها أيضاً قاعدة لإدارة المزرعة كنظام متكامل يتألّف من التربة، والمحاصيل، والحيوانات، والمجتمع. هذا المفهوم الحالي للأسلوب المنهجي هو أساسي في الزراعة العضوية اليوم وأُعرِب عنه بشكل مناقض لإنتاج المحاصيل المعدلة وراثياً وإشعاع الأغذية، من بين الممارسات الأخرى. جمعية الزراعة العضوية مع الاستدامة البيئية نشأت في الستينيات والسبعينيات من القرن الماضي، وأحدثت تغييرات في السياسة والعناصر الاجتماعية للزراعة العضوية. ازدادت مشاركة الوكالات الحكومية في مجال الزراعة العضوية بشكل ملحوظ خلال الثمانينيات من القرن الماضي، وما بعدها.

حتى الآونة الأخيرة، ومع تطبيق القيود القانونية على الزراعة العضوية، لا يوجد تعريفٌ مقبول عالمياً أو تحديد للزراعة العضوية والبستنة. تنشأ صعوبةُ تعريف الزراعة العضوية من المفاهيم المتعدّدة المتعلقة بالطبيعة الأساسية لمصطلح «العضوية» بين علماء الأحياء، والكيمياء، والممارسين. استخدمت في بعض الحالات مصطلحات مثل: نمو طبيعي، وبرّي، ونمو بيولوجي، ونمو إيكولوجي لتمييز الإنتاج العضوي. تفسير وتطبيق هذه المصطلحات غالباً ما يكون صعباً مثل تحديدِ مصطلح العضوية. يقول بعض الناس إن الزراعة العضوية هي الزراعة التي تقوم على استخدام تناوبِ المحاصيل، ومحاصيل التغطية(*)، (Cover Cropes) والسماد، ووسائل غير كيميائية لمكافحة الحشرات وتستبعد استخدام الأسمدة المصنّعة أو مبيدات الآفات. إن هذا المفهوم محدود النطاق ولا يغطّي مختلف الممارسات وقيود الزراعة العضوية.

(*) أنواع من المحاصيل الزراعية التي تزرع لتغطي أرض المزرعة لمنع الأعشاب الضارة وتغذية التربة وتساعد في السيطرة على الحشرات والأمراض (المراجع).

ارتكزت هذه الممارسة في السنوات الأولى من الزراعة العضوية – نحو عام 1940 إلى عام 1970 – أساساً على العمليات المحلّية، مع الكثير من الاتصال بين المستهلكين والمزارعين أو تجار المفرَّق. أصبحت هذه الرابطة أكثر بعداً مع التوسع في الإنتاج العضوي وفي الأسواق في السبعينيات من القرن الماضي، وأصبح المستهلكون، والمزارعون، والمسوّقون بحاجة الى وسيلة لإثبات أن المنتجات عضوية. أدّت هذه الاحتياجات إلى تشكيل الوكالات الموثّقة [التي تصدر شهادات] التي تشهد بأن المنتج نما بشكل عضوي، وتسمح بتصنيف المنتجات [بشكل معلن] كونها نمت عضوياً. في القرن العشرين، كانت تعمل عدّة وكالات تصديق [إصدار الشهادات]؛ الخاصة وذات الإدارة الرسمية في الولايات المتحدة. كان عند هذه الوكالات معايير مختلفة لإصدار الشهادات ورسوم مختلفة للخدمات. لا تعترفُ بعض الوكالات بشهادات من الوكالات الأخرى. ولا توجد في مناطق كثيرة من البلاد وكالات موثّقة محلّية. هذه الاختلافات ولّدت مشاكل في نقص التصديق، ونقص وجود معايير موحدة، والرسوم غير المعقولة، وحتى الاحتيال. لمعالجة هذه المشاكل، بحثت الجماعة العضوية عن تشريع اتحادي لسَنِّ المعايير الوطنية لإصدار شهادات الزراعة العضوية. أدّى هذا الإجراء إلى «قانون إنتاج الأغذية العضوية» في العام 1990، وإلى إنشاء البرنامج الوطني للزراعة العضوية (National Organic Program) (NOP) التابع لوزارة الزراعة في الولايات المتحدة.

يقوم هذا البرنامج بوضع الأنظمة للحصول على شهادة التصديق. إن أنظمة هذا البرنامج تطبّق من خلال الوكالات الموثّقة المعتمدة من قبل البرنامج. يضمن الاعتماد أن الوكالة الموثّقة فهمت قوانين النظام وتستخدمها لإجراء أعمال التقييم بشكل صحيح. إصدار شهادات التصديق ينطبقُ على منتجات المحاصيل والمحاصيل وعلى الماشية، والدواجن، ومنتجاتهم. ممارسات التصديق المشار إليها في هذا الكتاب هي تلك التي أنشأتها NOP في الولايات المتحدة. عدّة مئات من المنظمات العالمية الحكومية وغير الحكومية تعطي أنظمةَ إصدار شهادات التصديق. زاد بروز المنظّمات الحكومية وازدادت أهميتها بازدياد حجم وقيمة الإنتاج العضوي.

إن أنظمة البرنامج الوطني للزراعة العضوية تضع فترات انتقالية للانتقال

من الزراعة التقليدية إلى الزراعة العضوية. عموماً الفترة الانتقالية هي 3 سنوات عقب إنهاء تطبيقات الممارسات غير العضوية. قد تساعد بعض الوكالات المزارعَ في اختيار المحاصيل التي ستنمو خلال الفترة الانتقالية. قد يوثّق المزارع، في الممارسة العملية، جزءاً من مزرعته للزراعة العضوية ويترك البقية للزراعة التقليدية. في هذه الحالة، يجب أن توجد مناطق عازلة بين المزرعةِ العضوية والعمليات الزراعية التقليدية. تحدّد القوانين ما هي المسافة العملية أو الحواجز الضرورية لفصل المناطق العضوية والمناطق التقليدية. يجب فصلُ المنتجات الزراعية في النُّظُم المختلطة في موسم الحصاد. تُحدِّد نُظُم البرنامج أيضاً المواد المسموح بها، والمقيَّدة، أو المحظور استخدامها في الزراعة العضوية. يمكن استخدام المواد المسموح بها بانتظام في مجال الزراعة العضوية، ويمكن استخدام العناصر المقيّدة ضمن القيود التي تحددها معايير برنامج NOP فقط. على سبيل المثال، روثُ المزارع بحاجة إلى أن يكون محوّلاً إلى سماد أو يجب أن تنقضي فترة من الزمن بين تطبيق السماد العضوي للأراضي الصالحة للفلاحة وبين حصاد المنتجات للوفاء بمعيار العضوية. المواد المحظورة هي التي لا يمكن استخدامها في الإنتاج العضوي. قد تتكوّن المواد المحظورة طبيعيةً أو قد تُصنع. نتيجةً لذلك، يتضمّن تعريفُ الزراعة العضوية من خلال NOP إجراء قوائم الممارسات المسموح بها في تسميد المحاصيل، ومكافحة الآفات، واستخدام المواد المساعدة (المواد التي تؤثّر في نشاط عوامل أخرى ولكن لا يكون لها أثر يذكر عند تطبيقها وحدها). قد يسمح التقيُّد بالأنشطة المسموح بها في القوائم والتابعة لممارسات محدّدة لإدارة المحاصيل والتربة، للمَزارع أو إنتاج المَزارع بأن تكون مصدّقة «كعضوية». يتمّ إصدار شهادات التصديق أساساً من طريق المنظمات الخاصة التي تعمل من خلال تنمية واستعراض الممارسات المسموح بها للمزارعين الذين يرغبون في تسويق منتجاتهم. تختلف أنواع الشهادات .فيمكن أن تكون الشهادة للمنتجات التي تحمل اسم «100 ٪ عضوية»، و «عضوية»، و «ذات مكوّنات عضوية»، أو «منتجات بأقل من 70 ٪ من المكونات العضوية». يتفق المُزارع والجهة المصدِّقة على نظام إنتاج أو تعامل يتناسب مع كل التصنيفات. توفّر الجهة المصدِّقة للمزارعين التعريفات، والمبادئ التوجيهية، والممارسات، وقوائم بالمواد التي يمكن استخدامها في الزراعة العضوية، فيما يتبع قائمة وطنية (NOP) للمواد المسموح بها والمحظورة

التي يمكن استخدامها في الزراعة العضوية. وتشمل هذه القائمة المواد الطبيعية والاصطناعية المسموح أو غير المسموح بها.

لا يتوجب على المزارعين الذين لديهم مبيعات أقل من 5000 دولار حالياً الحصول على شهادات من قِبل وكالات لتسويق المنتجات العضوية، ولكن الإنتاج ينبغي أن يتبَع معايير الزراعة العضوية.

قائمة منتجات معهد مراجعة المواد العضوية

قائمة منتجات معهد مراجعة المواد العضوية (Organic Materials Review Institut (OMRI) هي قائمة بالمنتجات التي قد قرّر معهد مراجعة المواد العضوية أنها مسموح بها للاستخدام في الزراعة العضوية، بما في ذلك الإنتاج، والتجهيز، والتعامل مع السلع الزراعية. تتمّ مراجعةُ المنتجات للامتثال لسياسات البرنامج العضوي الوطني NOP، وإذا اجتازت المراجعة، توضعُ المنتجات على اللائحة في قائمة منتجات معهد مراجعة المواد العضوية OMRI. المنتجات الموجودة في القائمة يمكن أن تحمل ختم OMRI، أي أن المنتجات المُدرَجة تتبع معايير برنامج NOP. إن مراجعة برنامج OMRI سرية، والمشاركة من جانب الموردين طوعيّة. بالتالي، قد لا يكون منتجٌ ما على القائمة ويتفق مع معايير NOP. يجب أن يراجع المزارعون قائمة NOP أو وكالتهم الموثّقة للتأكد من السلع لا مراجعة قائمة المنتجات OMRI.

مفاهيم و خلفيات أخرى

كثير من الناس غير مهتمين بإصدار شهادات التصديق للزراعة العضوية التجارية، وقد يسعون إلى وضع تعاريف العمل الخاصة بهم. فهم العضوية كما يتم تعريفه بواسطة علميين مختلفين مفيدٌ في تعريف الزراعة العضوية. بالنسبة لعلماء الأحياء، تعني العضوية الموجودة في كائن حي أو المستمدة منه. هذا التعريف مبهم، ويجوز تقديم الحجج حولَ مستويات وجودها في الكائن الحي، وعن التلوث، وحول التعديلات التي قد تحدثُ بعد موت الكائن الحي. في الكيمياء العضوية تشير إلى دراسة المركّبات التي تحتوي على الكربون باستثناء بعض المركبات، مثل الكربونات التي تعتبرُ من المركّبات غير العضوية. مزج

هذان التعريفان في تعريف واحد قد يشير إلى أن المزراعين العضويين والبستانيين يمكنهم العمل بالمواد التي تحتوي على الكربون الذي تم الحصول عليه من الكائنات الحية. عند العمل بهذا التعرف المختلط، يمكن لأحدهم أن يكون مزارعاً عضوياً ناجحاً لكن مع عدم استخدام المواد المسموح بها إذا تمّ تطبيق هذا التعريف بمفرده. الحجر الكلسي (Limestone) – إلى حدٍّ كبير من كربونات الكالسيوم – مشتقٌ من الكائنات الحية، وهو مركب غير عضوي، ويحتوي على الكربون. الأرض الدياتومية (Diatomaceous) لمكافحة الحشرات هي بالغالب من السيليكا، وهي كيميائياً غير عضوية بشدة، ولكنها مشتقّة من الطحالب أحادية الخلية، التي هي من الكائنات الحية. تعتبر الصخور والمعادن، مثل غبار الغرانيت والرمل الأخضر، من الأسمدة العضوية لدى بعض الناس، وهذه المواد لم تكن حيّةً أبداً وهي خالية أساساً من الكربون.

تمَّ تعريفُ الزراعة العضوية كمحاصيل أو تربية حيوانات بالمواد الطبيعية، سواء كانت هذه المواد من المواد الحية أم غير الحية. ضعف هذا التعريف في الشهادة أم في الممارسة هو في استخدام كلمة المواد الطبيعية. لا تعتبر كافة المواد الطبيعية مواد عضوية بحسب البرنامج الوطني للعضوية. من ناحية، كلوريد البوتاسيوم هي أسمدة تنشأ بشكل طبيعي، ولكن بسبب تركيزاتها العالية بالمواد المغذية وذوبانها المرتفع، لا يمكن اعتبارها عضويةً على قوائم المنظمات الموثّقة. من ناحية أخرى، تعتبر كبريتات البوتاسيوم وكبريتات البوتاسيوم – المغنيسيوم (Langbeinite) من نفس المناجم ككلوريد البوتاسيوم، مواد عضوية. يُشتبه بتلوّث وجبة بذور القطن بالمبيدات الحشرية المستخدمة في زراعة القطن وهي محدودة الاستخدام في الزراعة العضوية. يحظر استخدام سبْخَة المجاري.

طبيعي المنشأ هو تعبير مقيِّد، ولا يسمح باستخدام المواد المصنعة، على الرغم من أنها قد تكون مطابقةً للمواد المنتجة في الطبيعة. على سبيل المثال، اليوريا (Urea) المنتج من مصانع الأسمدة يوازي كيميائياً اليوريا في البول. ويعتبر هذا المصدر الأخير عضوياً، بينما السابق لا يعتبر كذلك. وبسبب قوة كلوريد البوتاسيوم وسماد اليوريا، هذه المواد ليست عضوية على الرغم من أنها تحدث بشكل طبيعي أو تكون مطابقة للمواد التي تحدث بشكل طبيعي. بعض المزارعين قد يعرفون بأن التمييز بين هذه المواد هو بسبب عدم فهم كيفية استخدامها. المزارعون الذين يتم تعليمهم على استخدام هذه المواد قد يشعرون

بأنهم يمكنهم استخدام كلوريد البوتاسيوم وسماد اليوريا، والتبرير لمصالحهم الخاصة، بأنهم «مزارعون عضويون»، ولكن لا يمكن إعطاؤهم شهادة العضوية.

تؤكّد تعريفات صارمة أن الأسمدة العضوية تحدث بشكل طبيعي. نتيجةٌ طبيعية لهذا التعريف أن تكون الأسمدة ذات ذوبان منخفض أو منخفضة في المواد الغذائية أو كليهما. ولا يفي كلوريد البوتاسيوم بالشروط الواردة في النتيجة الطبيعية. ينشأ الفوسفات الصخري بشكل طبيعي ولديه تركيز عالٍ من الفوسفور ولكن بقابلية منخفضة للذوبان وهو لذلك عضوي.

العلاج الفيزيائي للمواد مسموح عادةً. يُطحن الفوسفات الصخري بحجم جسيمات الطمي لزيادة توافر مواده الغذائية القابلة للذوبان ببطء. المعالجة الكيميائية للفوسفات الصخري بالأحماض لتصنيع سوبرفوسفات (Superphosphates) ليست ممارسة عضوية، ما لم يحدث العلاج ببعض العمليات الطبيعية، مثل خلط الفوسفات الصخري بالمواد العضوية المتحلّلة، أو خلطها في التربة الحمضية. رماد الخشب من المواد العضوية، على الرغم من أنه لا ينشأ طبيعياً في السياق الذي يُعتبر من خلاله من الأسمدة العضوية. من ثم، من الواضح أن الكثير من الأحكام تذهب إلى تعريف الأسمدة العضوية. برنامج NOP ينشرُ قائمة من المواد المسموح بها والمحظورة للاستخدام من قِبل الوكلات الموثّقة، والمزارعون الذين لا يبحثون عن الحصول على الشهادات قد يرغبون في الإطلاع على هذه القائمة.

تتضمّن المكافحة العضوية للآفات أنشطةً متنوعةً. عموماً، يعتبر البخاخ أو الغبار المستمد من المصادر الطبيعية عضويين. في بعض الحالات، يُسمح بعدد قليل من المنتجات المصنّعة أو المستخرجة، أو المنقّاة، كما هو الحال مع الزيوت والصابون المستخدمان في مكافحة الحشرات. عدم وجود السمّية في الثدييات أو عدم وجود الضرر في الكائنات الحية المفيدة ليست بالضرورة سِمَةً ثابتةً للمبيدات العضوية للآفات. قد يكون البخاخ والغبار العضوي شديدي السميّة، كاشطين، أو خلاف ذلك مدمرين للبشر، والماشية، والحيوانات الأليفة، والأسماك، والنحل وغيرها من الكائنات التي لا تكون أهدافاً للضرر.

قد ينطوي التحكّم العضوي على الممارسات الثقافية التي تحدّ من انتشار أو نمو الآفات. قد تشمل هذه الممارسات المكافحة البيولوجية أو المكافحة

الطبيعية للآفات. تنطوي المكافحة البيولوجية على إدخال الكائنات الحية التي تأكل، وتقتل، أو تعوق نمو الآفات. ينطوي التحكّم الطبيعي على الاستفادة من هذه الكائنات الموجودة بالفعل في البيئة من دون إدخالها عمداً. استخدام الحواجز والأفخاخ، وتناوب المحاصيل، والري، والتخمير، والتجيير، والتطهير هي ممارسات ثقافية لمكافحة الآفات في الزراعة العضوية، والعديدُ من هذه الممارسات مشتركة مع تلك المستخدمة في الزراعة التقليدية.

يجب تبديد العديد من الأساطير في المناقشات المتعلّقة بالزراعة العضوية. الزراعة العضوية هي نظام منظّم بدرجة عالية. مزرعة مهجورة ليست مزرعة عضوية، وعدم تسميد المحصول هو ليست ممارسة عضوية. إصابة المنتجات بالحشرات ليست سِمَة من سِمات المواد المزروعة عضوياً. الممارسات القديمة ليست بالضرورة عضوية. لا يمكن للمرء أن يقول إن المزارعين جميعهم، كانت زراعتهم عضوية. ذات مرة، عدم تسميدِ المحاصيل كان الممارسة الأكثر شيوعاً. استخدمت سابقاً منتجات مثل الرصاص أو زرنيخات النحاس لمكافحة الحشرات، وهذه المنتجات هي غير عضوية.

يجب أن يكون المزارع العضوي علمياً أكثر منه فيلسوفاً، ويجب عليه فصل الحقيقة عن الأسطورة و التفريق بين المصادفة والقاعدة.

الممارسات ذات الصلة بالزراعة العضوية

الزراعة البيولوجية الحيوية والزراعة المستديمة (Permaculture) هما نظم الزراعة التي لديها ممارسات ومفاهيم تسهم في أو تضيف إلى أسس الزراعة العضوية. كانت الزراعة البيولوجية الحيوية، بمعنى ما، سابقة للزراعة العضوية بما أنه قد أُعلن عنها في العشرينات من القرن الماضي بواسطة فيلسوف نمساوي، رودولف شتاينر (Rudolph Steiner). استُحدث نظام الزراعة المستديمة من الأستراليّين بيل موليسون (Bill Mollison) وديفيد هولمغرين (David Holmgren) في السبعينات من القرن الماضي. الزراعة المستديمة هي تعبير مشتقّ من الزراعة الدائمة والثقافة [الزراعية] الدائمة.

الزراعة البيولوجية الحيوية

في العشرينات من القرن الماضي، حدّد رودولف شتاينر مبادئ الزراعة

البيولوجية الحيوية، وقد عرض المزرعة ككيان منظّم، وقائم بذاته أو ككائن مع الفردية الخاصة به، وكان هذا مفهوماً أساسياً للزراعة البيولوجية الحيوية. ينظر إلى المزرعة ككيان مغلق، وذا نظام تغذية خاص به. المزرعة البيولوجية الحيوية تدمج المحاصيل الزراعية مع الثروة الحيوانية، وتشمل إعادة تدوير المواد الغذائية، وممارسات إدارية تشمل الجوانب البيئية والاجتماعية والمالية للمزرعة. على الرغم من أن الزراعة العضوية هي أساسية للبيولوجية الحيوية، فالبيولوجية الحيوية تختلف من حيث إنها قد تقترن بالعوامل الروحية والفلكية، وتشدّد على الممارسات الزراعية التي توازن بين المجالات المادية وما فوقها من المجالات غير المادية التي تشمل تأثير القوى الكونية والأرضية على المزرعة. أُنشئ نظام إصدار شهادات تسمى «ديميتر» (Demeter) نحو عام 1924 للزراعة البيولوجية الحيوية.

يمكن تقسيم الزراعة البيولوجية الحيوية الى ممارسات بيولوجية وممارسات حيوية. الممارسات البيولوجية هي تقنيات الزراعة العضوية التي تعمل على تحسين نوعية التربة. تشملُ هذه الممارسات تطبيقات الأسمدة الزراعية والروث وزراعة محاصيل نباتات التغذية أو وضع السماد الأخضر على الأرض. تستبعد الزراعة البيولوجية الحيوية استخدام المواد الكيميائية المصنعة في التربة والنباتات. الحرث الجيد أو الهيكل المادي للتربة هو أحد العوامل التي تؤدّي إلى إنتاج محاصيل عالية الجودة وبالتالي إعطاء الأغذية العالية الجودة للبشر والأعلاف العالية الجودة للثروة الحيوانية. تنطوي الزراعة البيولوجية الحيوية كذلك على تكيف المزرعة على إيقاعات طبيعية، مثل زراعة المحاصيل خلال مراحل القمر، التي هي محدّدة وفقاً لنوع جذور المحاصيل، والفواكه، أو الغطاء النباتي، على سبيل المثال.

يستخدم النظام البيولوجي الحيوي سماداً معدّاً بطريقة محدّدة لتطبيقه على الأراضي، وغيره من المواد التي يتمّ تطبيقها مباشرة على المحاصيل. إعدادات البيولوجيا الحيويّة مصنوعة من الأعشاب الطبّية التي مرّت سابقاً بعملية تخمير لإثرائها بالمواد المعزِّزة للنمو. تتمّ إضافة هذه الإعدادات لأكوام السماد النشطة لتسريع وتوجيه تحلُّل المواد النباتية في الكومة والحفاظ على قيمتها الأصلية. تستخدم إعدادات أخرى كبخّاخ للحقول وتطبّق مباشرة على التربة أو المحاصيل. إن الاستفادة من تطبيق البخاخ على التربة هو للحثّ على تكوين

الدبال (Humus) في الأرض، وتحفيز نمو الجذور. يتم استخدام البخاخات المطبّقة على المحاصيل لتحسين اللون الأخضر للنباتات ومنع الأمراض النباتية. ويقال إن هذه المرشّات تسخِّر القوى الكونية التي تعمل على تحسين نمو النباتات. يشملُ تطوير الإعدادات ممارسات محدّدة، مثل دفن المكوّنات في أجزاء الحيوان، مثل القرون أو المثانة، أو الأمعاء، وتركها في الأرض خلال فصل الشتاء. وقد انتُقد استخدام هذه الأعمال التحضيرية لعدم وجود أساس علمي لها، – تشبه الخيمياء(*) (Alchemy) – وأنها لا تسهم في تطوير الممارسات الزراعية المستدامة. بعكس بعض التطبيقات في البيولوجيا الحيوية، إن مبادئ الزراعة العضوية عموماً لها أساس علمي يدعم استخدامها.

الزراعة المستديمة

الزراعة المستديمة ليست نظام إنتاج ولكنها استخدام للأراضي وفلسفة تنظيم الجماعات. المصطلح مشتقٌّ أصلاً من مصطلح الزراعة الدائمة (Permanent Agriculture) لكنه تطوّر ليعبر عن الثقافة الدائمة. في السبعينات من القرن الماضي، وضع موليسون وهولمغرين (Mollison Holmgren) الأفكار لإنشاء نظم زراعية مستقرّة. لقد رأوا الأساليب الزراعية التقليدية والصناعية ضارّة بالتربة، والأراضي والمياه. ترتكز الزراعة المستديمة على إنشاء المستوطنات البشرية الإيكولوجية (Ecological)، وخاصة تطوير نظام زراعي مستمرّ يقلّد الهيكل والعلاقات المتبادلة بين النظم الإيكولوجية الطبيعية. كان القصدُ القيام بتدريب الأفراد على مجموعة أساسية من مبادئ التصميم، حيث يمكنهم تصميم البيئات الخاصة بهم وبناء المستوطنات البشرية المكتفية ذاتياً على نحو متزايد، التي من شأنها تخفيض الاعتماد على النظم الصناعية في الإنتاج والتوزيع. للزراعة المستديمة أتباع على المستوى العالمي، من عدد كبير من الناس الذين تلقّوا التدريب من خلال دورات لأسبوعين في تصميم الزراعة المستديمة.

(*) ممارسات قديمة كان العلماء يسعون من خلالها إلى تغيير طبيعة المادة بدون أساس علمي (المراجع).

الفصل الثاني

خصوبة التربة وتغذية النباتات

خصوبة التربة هو مصطلح واسع يشير إلى قدرة التربة على تزويد المحاصيل بالمواد الغذائية. تتأثر قدرة التربة على التزويد بالمواد الغذائية بكمية هذه المواد في التربة، وهي محكومة أيضاً بالعديد من الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية الأخرى. تشير خصوبة التربة في بعض الأحيان إلى نوعية أو صحة التربة. وقد استُخدمت هذه المعاني لتوجيه الانتباه إلى حقيقة أن خصوبة التربة لا ترتبط بالعوامل الكيميائية للتربة فقط ولكن تحكمها العوامل الفيزيائية والبيولوجية أيضاً. تشير العوامل الكيميائية لخصوبة التربة إلى الإمداد بالمواد الغذائية النباتية في التربة نسبةً إلى إجمالي الإمداد وإلى مجموع كميات الإمدادات المتوافرة لتغذية النباتات. حموضة التربة هي أحد العوامل الكيميائية لخصوبة التربة. تؤثّر حموضة التربة في قابلية الذوبان أو توافر المواد الغذائية النباتية والعناصر الكيميائية الأخرى التي تؤثر في قدرة النباتات على النمو في التربة. تشمل العوامل الفيزيائية لخصوبة التربة عدة خواص مثل عمق التربة والقدرة على الاحتفاظ بالمياه، والبزل، والتهوية، والحراثة، ودرجة الحرارة، والقدرة على الاحتفاظ بالمواد الغذائية. تشمل العوامل البيولوجية أيضاً عدّة خواص، منها وجود الكائنات الحية الضارة مثل أمراض النباتات، والأعشاب، والحشرات، ووجود الكائنات الحية المفيدة مثل الكائنات المجهرية التي تنفّذ تمعدن (Mineralization) المواد العضوية ونترجة (Nitrification) الأمونيوم (Ammonium) وتعيش في تكافل مع النباتات. العوامل الفيزيائية، والكيميائية، والبيولوجية مترابطة في ما بينها، وفي بعض الأحيان من الصعب وضع خاصية

من خواص التربة في إحدى هذه الفئات. خصوبة التربة هي تكامل هذه العوامل جميعها.

التغذية النباتية هي دراسة الامتصاص للمواد الغذائية، ونقلها، ووظيفتها في النباتات. المواد الغذائية النباتية معروفة أيضاً كعناصر أساسية. هذه هي العناصر الكيميائية الضرورية لنمو النبات. يجب أن يتمّ توفيرها سواء كان هذا النظام عضوياً أم خلاف ذلك. لكي يعتبر عنصرٌ كيميائيٌ ما من الموادِ الغذائية النباتية، يجب أن تتحقّق فيه عدة معايير: **(1)** يجب أن يكون العنصر المطلوب ضرورياً للنباتات لإكمال دورة حياتها. كل عنصر له تأثير مباشر في نمو النبات أو الأيض. نقص عنصر أساسي يؤدّي إلى نمو غير طبيعي أو الوفاة المبكرة للنباتات. **(2)** الحاجة إلى هذه العناصر هو عام بين النباتات؛ فالنباتات جميعها، لا مجرّد أمثلة قليلة، بحاجة لهذه العناصر. إذا كانت بعض النباتات تتطلب عنصراً، والبعض الآخر لا تتطلبه، لا يعتبر العنصر من المواد الغذائية ولكن يعتبر عنصراً مفيداً. **(3)** لا يوجد عنصر آخر ممكن أن يكون بديلاً كاملاً لعنصر أساسي. الاستعاضة الجزئية قد تحدث بين بعض العناصر، ولكن لكل غذاء نباتي دور لا يمكن لأي عنصر آخر أن يؤدّيه. اليوم، تعتبر 17 من العناصر الكيميائية (الجدول 2.1) ضرورية للنباتات. من هذه العناصر ثلاثة – الكربون، الهيدروجين، والأكسجين – هي التي يتم الحصول عليها من الهواء. أربعة عشر مستمدة من التربة. الحاجة لكل عنصر أساسي هو مطلق، بغض النظر عن المصدر أو الكمية المطلوبة. ومن ثم لا توجد أغذية أكثر أهمية من أغذية أخرى، لأن كل واحد منها مطلوب قطعياً لنمو النباتات والأيض.

اثنان وتسعون عنصراً طبيعياً موجودون في الجدول الدوري [الكيميائي] (Periodic Table) يعتقدُ بعض الناس أن كلّ عنصر من هذه العناصر أساسي للحياة النباتية، ويقولون إنه يجب أن يتم توفير كل العناصر الطبيعية لنمو النباتات. يدعم هذا المفهوم التوصية بأن غبار الصخور مطلوب في التغذية النباتية لضمان الكفاية من كل العناصر الطبيعية. ومع ذلك، حتى لو كان العنصر يحفّز نمو النباتات و لكن لا يوافق المعايير الجوهرية المذكورة أعلاه، لا يكون العنصر ضرورياً لكن هو عنصر مفيد. لا يعدّ تراكم عنصر ما في النباتات معياراً للكفاءة أو للمنفعة، إذ إن النباتات سوف تمتصّ أيّ عنصر في المحلول ولا تميّز إطلاقاً بين العناصر الأساسية وأي عنصر آخر.

قائمة العناصر الأساسية ليست ثابتةً، وقد تتوسع في المستقبل مع تحسّن تقنيات الأبحاث لاستخراج العناصر من البيئة التي تزرع فيها النباتات. تمّ تطوير الزراعة المائية (Hydroponics) كأداة للبحث في منتصف القرن الثامن عشر للسماح بزراعة النباتات في أماكن تضاف فيها المواد الغذائية ولكن يستبعد منها عنصر قيد الدراسة أيضاً. سرعان ما أدّى هذا الإجراء إلى إضافة النيتروجين (Nitrogen)، والفوسفور (Phosphorus)، والبوتاسيوم (Potassium)، والكالسيوم (Calcium)، والمغنيسيوم (Magnesium)، الكبريت (Sulfur)، والحديد (Iron) إلى قائمة العناصر الأساسية. الكربون (Carbon)، والهيدروجين (Hydrogen)، والأكسجين (Oxygen) حدّدت في وقت سابق، قبل تطوير الزراعة المائية، كعناصر أساسية، مع هذه العناصر التي تمّ تحديدها كمكونات للمياه أو المواد العضوية. تحسّنت تقنيات البحوث المتعلقة بالمواد الغذائية النباتية في العشرينات من القرن الماضي، والعديد من العناصر الأخرى أضيفت إلى القائمة. تمّت إضافة الموليبدنوم (Molybdenum) في عام 1939، وتمّت إضافة الكلور (Chlorine) في عام 1954. العنصر الأخير المقبول كعنصر أساسي هو النيكل (Nickel) في عام 1987. من الممكن أن تقبل في المستقبل عناصر إضافية كعناصر أساسية، بما في ذلك بعض العناصر المفيدة.

لا أهمية لمادّة غذائية على أخرى، ولكن العناصر غير مطلوبة بنفس الكميات من النباتات. بسبب الاختلافات في كميات الطلب، تنقسم العناصر إلى فئات من المواد الغذائية الكبيرة والمواد الغذائية الدقيقة (الجدول 2.1). على أساس الوزن الجاف، تكون تركيزات المواد الغذائية الكبيرة في النباتات من حوالي 0.3% إلى 5% أو أعلى، تبعاً لجزء ونوع النبات قيد النظر.

تركيزات العناصر الغذائية المذكورة (الجدول 2.1) هي توجيهات فقط، وتركيزات العناصر الغذائية في النباتات يمكن أن تختلف إلى حدّ كبير عن تلك المدرجة تبعاً لجزء النبات، وسن النبات، وخصوبة التربة، والعديد من العوامل الأخرى. النيتروجين هو عادة العنصر الأكثر وفرة للنباتات من بين العناصر المستمدة من التربة، يليه البوتاسيوم (K)، والكالسيوم (Ca)، والمغنيسيوم (Mg)، والفوسفور (P) ، والكبريت (S) بهذا الترتيب العام غير المطلق. العناصر الغذائية الدقيقة هي مكونات ثانوية على أساس تحليلي، تتراوح بين واحد إلى عدة مئات من الأجزاء لكل مليون من الوزن الجاف للنبات. للمقارنة بين تركيزات العناصر

الغذائية الكبيرة والعناصر الغذائية الدقيقة، 10% هي 10,000 جزء لكل مليون. العناصر الغذائية الدقيقة هي حيوية لنمو وتطوّر النباتات، وهي بنفس أهمية العناصر الغذائية الكبيرة في مجال الصحة النباتية. وقد يكون من التكرار الإشارة إلى المواد الغذائية كمواد غذائية أساسية، بما أن العناصر الغذائية جميعها أساسية بالمبدأ.

تحفّز بعض العناصر المفيدة نمو النبات. هذه العناصر لا تفي هذه العناصر بمتطلّبات الكفاءة جميعها، أي أنه لم يتبيّن أنها مطلوبة من جميع النباتات؛ أو لم يثبت لها أي أدوار أيضية مختلفة؛ أو أن الطلب عليها ليس مطلقاً. الصوديوم والسيليكون والسيلينيوم والكوبالت، وربما، الألمنيوم، والفاناديوم، وغيرها، هي عناصر مفيدة.

الأسمدة

لا تملك معظم أنواع التربة قدرةً غير محدودة لتوفير العناصر الأساسية للمحاصيل. الأسمدة هي المواد التي تستخدم لحمل العناصر الغذائية النباتية إلى التربة. في نحو 70% من الحالات، يتم تسجيل زيادات في غلّة المحاصيل بعد أن يتمّ تسميد التربة بالنيتروجين. وفي 40% إلى 50% في المئة من الحالات، تحدث زيادة الغلّة بعد أن يتم تسميد التربة بالفوسفور والبوتاسيوم. هذه التردّدات لزيادة غلّة المحاصيل عالية بما يكفي ليقوم المزارعون في معظم الأوقات، بإضافة أسمدة النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم إلى أراضيهم. يستخدم المزارعون الأسمدة التي تحتوي على الكالسيوم، والمغنيسيوم، أو الكبريت لتخصيب التربة في المناطق التي تعاني من نقص لهذه العناصر، ولكن هذا النقص لا يتكرّر كالنيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم. أوجه النقص في العناصر الغذائية الدقيقة أندر بكثير من تلك ذات العناصر الغذائية الكبيرة، وتطبيقات محدّدة من الأسمدة للعناصر الغذائية الدقيقة ليست من الممارسات الشائعة. لا تعطى العناصر المفيدة، مثل السيليكون، والكوبالت، والصوديوم، والسيلينيوم، للمحاصيل أو التربة ولا يتم اختبار وجودها في معظم الحالات من الزراعة والبستنة. العناصر المفيدة موجودة في كل مكان في البيئة.

من المحتمل أن تكون التربة الرملية، والحمضية، أو التي ترشح فقيرة في العناصر الأساسية جميعها. في هذه الحالات، تكون العناصر الغذائية بكميات قليلة في التربة منذ بداية عمليات تكوين التربة أو قد تَنفَذ من التربة بتأثير القوى

الطبيعة، مثل الرشح مع المياه. قد يكون هناك عناصر ثانوية ناقصة في التربة القلوية (pH > 7.5) وفي التربة العضوية (خث، الأوحال)، لأن العناصر تكون مختلطة مع مواد التربة وتكون غير قابلة للذوبان، أو لا تكون في شكل متاح لتكتسبه النباتات. وتختلف كميات المواد الغذائية في التربة مع عوامل مثل تركيب التربة (نسبة الرمل، الوحل، والطين) ومع كميات المواد العضوية في التربة. النشاط البيولوجي مطلوب لاستخراج المواد الغذائية من المواد العضوية بعملية تعرف باسم التمعدن (*Mineralization*). إطلاق النيتروجين من المواد العضوية يعرف بتمعدن النيتروجين أو أمونيفيكيشن (*Ammonification*) الأمونيا هو المنتج الأول الذي يتكون بتمعدن النيتروجين من المواد العضوية. بعد وقت قصير من إطلاقها، تتأكسد الأمونيا بالكائنات الحية الدقيقة إلى نترات، وهذه العملية تسمّى النترجة (*Nitrification*).

الجدول 1.2

قائمة العناصر الأساسية (المواد الغذائية النباتية) والتركيزات التقريبية (أساس الوزن الجاف) في أوراق النبات

عناصر مهمة					
التي تم الحصول عليها من الهواء		**التي تم الحصول عليها من التربة**			
المواد الغذائية	**(%)**	**المواد الغذائية الكبيرة**	**(%)**	**المواد الغذائية الدقيقة**	**(ppm)**
الكربون (C)	50	النيتروجين (N)	3.0	الحديد (Fe)	100
الهيدروجين (H)	5	الفوسفور (P)	0.4	الزنك (Zn)	20
الأكسجين (0)	40	البوتاسيوم (K)	2.0	النحاس (Cu)	5
		الكالسيوم (Ca)	1.0	المنغنيز (Mn)	50
		المغنيسيوم (Mg)	0.5	الموليبدنوم (Mo)	0.1
		الكبريت (S)	0.3	البورون (B)	30
				الكلور (Cl)	100
				النيكل (Ni)	1

الأسمدة العضوية

يخضع استخدامُ مصطلح الأسمدة العضوية لتعريفها. مطلوب تعريف عملي للأسمدة العضوية لمناقشة مريحة لهذه الأسمدة. الأسمدة العضوية هي مواد طبيعية ذات أصل بيولوجي أو معدني ومنخفضة في تركيزات العناصر الغذائية أو منخفضة الذوبان أو كلتا الخاصيتين. قد تتأثر الأسمدة العضوية مادياً خلال معالجتها للاستخدامات الزراعية، ولكن المعالجة الكيميائية لا تحدث عادةً. الأسمدة الكيميائية والأسمدة المركبة والأسمدة التقليدية هي مصطلحات مترادفة. يمكن أن تُصنع الأسمدة التقليدية من المواد الخام التي لا قيمة أولية لها كأسمدة (النيتروجين من الجو، على سبيل المثال)، أو قد تتمّ صناعتها عبر تنقيةٍ أو معالجةٍ كيميائية للمواد الطبيعية الموجودة في حالتها الأصلية كأسمدة عضوية (معالجة الفوسفات (Phosphate) الصخري بالأحماض، على سبيل المثال، للحصول على سوبرفوسفات (Superphosphates)). عادةً ما تزيد المعالجة بالتنقية والمعالجة الكيميائية تركيزَ أو ذوبانَ المواد الغذائية في الأسمدة.

على الرغم من أن هذه الحقيقة لم يُعترف بها دائماً، تمتصّ النباتات المواد الغذائية المنقولة بالتربة عندما تكون العناصر الغذائية في محلول مائي فقط. كان يُعتقد في القرن السابع عشر، أن غرض الحرث هو تحويل التربة إلى جسيمات صغيرة حتى تستطيع أفواه الجذور الحصول على الغذاء من التربة. أيضاً، لا تُأخَذ المواد الغذائية بالتبادل المباشر بين الجذور والجسيمات الصلبة في التربة، على الرغم من أن هذا المفهوم كان من الصعب تبديده. مع احتمال استثناء البورون (Boron) تكون العناصر الغذائية في المحلول المائي في شكل أيوني (Ionic)، فهي جسيمات مشحونة في المحلول، (الجدول 2.2). هذه الأيونات هي أشكال المواد الغذائية التي تتوافّر على الفور للنباتات.

لحصول النبتة على الغذاء من السماد، يجب حلّ الأسمدة بحيث تكون عناصرها الأساسية في أحد النماذج في الجدول 2.2، أو في حالة ما حيث يمكن تحويلها بسهولة إلى هذه الأشكال. يتم تحويل العناصر الغذائية في الأسمدة العضوية ببطء إلى أشكال قابلة للذوبان، بينما الأسمدة الكيميائية أو التقليدية قد تذوب سريعاً في المياه.

الجدول 2.2

الأشكال الأيونية للمواد الغذائية التي تمتصها النباتات من محلول التربة

الحديد: Fe^{2+} (أيون الحديد)	النيتروجين: No_3^- (النترات)؛ NH_4^+ (الأمونيوم)
الزنك: Zn^{2+} (أيون الحديد)	الفوسفور: $H_2Po_4^-$ (فوسفات أحادي القاعدة)
النحاس: Cu^{2+} (أيون النحاس)	البوتاسيوم: K^+ (أيون البوتاسيوم)
المنغنيز: Mn^{2+} (أيون المنغنيز)	الكالسيوم: Ca^{2+} (أيون الكالسيوم)
الموليبدنوم: MoO_4^{2-} (موليبدات)	المغنيسيوم: Mg^{2+} (أيون المغنيسيوم)
الكلور: Cl^- (كلوريد)	الكبريت: SO_4^{2-} (كبريتات)
البورون: H_3BO_3 (كلوريد)	
BO_3^{3-} (بورات)	
النيكل: Ni^{2+} (أيون النيكل)	

تتطلب الأسمدة العضوية معالجة بيولوجية، معالجة فيزيائية أو كيميائية حصرية لعناصرها لتتحول إلى أشكال أيونية. يجب تجزئة الأسمدة التي تتكوّن من المواد العضوية عبر الكائنات المجهرية إلى شكل أيونات. يسمّى هذا التحوّل البيولوجي التمعدن. تتجزّء الصخور والمعادن بالمعالجات الفيزيائية والكيميائية التي تسمّى التجوية (Weathering). توضّح التفاعلات الكيميائية التالية العمليات التي تصبح فيها الأسمدة العضوية قابلة للذوبان أو متاحة للنباتات.

التمعدن: المعالجة البيولوجية

المواد العضوية← NH_4^+; NO_3^-; $H_2PO_4^-$; SO_4^{2-}; Ca^{2+}

التجوية: المعالجة الفيزيائية والكيميائية

الصخور، المعادن← جزيئات صغيرة← K^+; Ca^{2+}; Mg^{2+}; $H_2PO_4^-$; SO_4^{2-}

سرعة توافر الأسمدة الكيميائية وقابليتها العالية للذوبان في الماء هي سِمة مشتركة لها ولكنها ليست شاملة.

الأسمدة الكيماوية: الذوبان في الماء

على سبيل المثال، نترات الأمونيوم، $(NH_4NO_3) \rightarrow NH_4^+ + NO_3^-$

مركّز السوبرفوسفات، $[Ca(H_2PO_4)_2] \rightarrow Ca^{2+} + 2H_2PO_4^-$

كلوريد البوتاسيوم، $(KCl) \rightarrow K^+ + Cl^-$

كما ذكر سابقاً، تحصل النباتات على الغذاء من المواد الذائبة في محلول التربة. يتمّ تشكيل النوع نفسه من الأيونات سواء كان مصدر المواد الأولية عضوياً أم كيميائياً، ولكن يختلف معدّل تكوين المواد القابلة للذوبان. لا تُميِّز النباتات، حالما يتم تشكيل هذه الأيونات، سواء كانت الأيونات عضوية أم كيميائية المنشأ. الاختلافات بين الأسمدة العضوية والكيميائية في توريد الغذاء للمحاصيل ليس في أنواع العناصر الغذائية المتوافّرة، ولكن في معدلات إنتاج المواد الغذائية المتاحة أو القابلة للذوبان. عموماً، تفرز الأسمدة العضوية الغذاء ببطء، في استجابة للعوامل البيئية، مثل رطوبة التربة ودرجة حرارتها، وفي استجابة لآثار هذه العوامل في النشاط الميكروبي في التربة. لكن الأسمدة الكيميائية تفرز الغذاء سريعاً مع تأثّر قليل بالعوامل البيئية باستثناء الإمداد بالمياه، وربما درجة الحرارة.

يتم تصنيع الأسمدة الكيميائية في بعض الأحيان لتقليد بطء إفراز الأسمدة العضوية. وتسمّى هذه الأسمدة بالأسمدة المسيطِرة على الإفراز أو الأسمدة بطيئة الإفراز. تنشأ خصائص بطء الإفراز من تغليف الأسمدة بالبلاستيك أو الكبريت أو من وضع الأسمدة في مصفوفة قابلة للذوبان التي تبطئ ذوبانَ الغذاء وتقاوم آثار الكائنات المجهرية في الأسمدة. يتم إدخال العوامل الكيميائية في بعض الأحيان في تكوين الأسمدة لتبطيء أو توقيف الأثر الميكروبي. هذه العلاجات للأسمدة الكيميائية ترفع من أسعارها. تستند مزايا وعيوب الأسمدة العضوية المرتبطة بالأسمدة الكيميائية إلى إفراز الغذاء من المواد الفردية.

مزايا الأسمدة العضوية

1. الأسمدة العضوية هي عادة مواد معتدلة، وغير كاوية (Caustic)، وإذا احتكّت بالمحاصيل، لا تحرق الأسمدة أو تجفّف أوراق أو جذور الشجر.

2. بطء إفراز الغذاء يجعلها متاحة لفترة زمنية أطول من الأسمدة الكيميائية المحلولة في الماء، التي قد تتسرّب مع حركة المياه باتجاه الأسفل.

3. من الممكن أن يحسّن استخدام الأسمدة العضوية ذات محتويات عالية

من المواد العضوية الخصائص المادية للتربة بطرق مثل إكسابها قدرة أعلى على الاحتفاظ بالمياه وهيكل أفضل وحرث جيد أو حالة مادية للتربة جيّدة لنمو المحاصيل. يتم تحويل بعض المواد العضوية في الأسمدة إلى الدبال (Humus) في التربة بعملية تعرف باسم تدبل (Humification).

4. المواد العضوية هي مصدر للعديد من العناصر الأساسية.

5. استخدام الأسمدة العضوية، كسماد، هي طريقة لإعادة تدوير المواد التي قد تتلف خلاف ذلك.

عيوب الأسمدة العضوية

1. يجب الحصول على الأسمدة العضوية التي تحتوي على تركيزات منخفضة من الغذاء وتقديمها بكميات كبيرة لإعطاء الغذاء الكافي لزراعة المحصول. قد تكون المواد ضخمةً ويصعُب وضعها في التربة.

2. نظراً لبطء إفرازها للغذاء، قد لا توفر بعض الأسمدة العضوية الغذاء بسرعة مناسبة، أو بكميات كبيرة بما يكفي لتأمين مطالب المحاصيل. قد يكون معدّل الإفراز لتوفير الغذاء بطيئاً للغاية في المحاصيل التي تمّ تشخيصها بأنها تفتقر إلى الغذاء، وقد يحدّ الذوبان القليل للأسمدة من انتشار الغذاء في التربة.

3. على الرغم من أنها قد تحتوي على عدد كبير من العناصر، قد تكون تركيزات بعض المواد الغذائية في الأسمدة العضوية منخفضة جداً لكي تكون ذات قيمة بالنسبة للمحاصيل. قد لا تكون متوازنةَ الإمداد بالمواد الغذائية لتلبية احتياجات المحاصيل. مصادر السماد العضوي الجيدة للبوتاس (K_2O) والفوسفات.

4. حتى لو استُخرجت من المزرعة، عادةً ما تكون الأسمدة العضوية أكثر تكلفةً من الأسمدة الكيميائية، باستثناء بعض الأسمدة الكيميائية البطيئة الإفراز التي قد تساوي تكلفتها تكلفة الأسمدة العضوية.

تمّ صنع الأسمدة الكيميائية للاستجابة إلى عيوب واضحة في الأسمدة العضوية. بسبب خصائص إفرازها البطيئة، قد لا توفر الأسمدة العضوية الغذاء الكافي بسرعة كافية للمحاصيل لمنع أوجه النقص الغذائي أو تخفيفه. يمكن

أن توفّر الأسمدة الكيميائية مصادر فورية للغذاء، وتكون استجابة النباتات لهذه الأسمدة محدود بقدرة النباتات على امتصاص واستيعاب الغذاء فقط. حجم الأسمدة العضوية بسبب تركيز الغذاء المنخفض فيها يجعلها غير مريحة للاستعمال، بشكل عام. يمكن أن يحتوي كيس وزنه 80 باونداً، أو أقل، من الأسمدة الكيميائية على المقدار ذاته أو أكثر من العناصر الغذائية نفسها في طن من سماد المزرعة أو السماد العضوي. الأسمدة الكيميائية التجارية موجودة بسهولة في السوق. غالباً ما يكون الحصول على الأسمدة العضوية أكثر صعوبة من الحصول على الأسمدة الكيميائية، وعادة ما يكون ثمنها باهظاً. على سبيل المثال، بعض الأسمدة العضوية، والدم المجفّف، مكلفة جداً بسبب ندرتها. قسم كبير من تكلفة الأسمدة أيضاً هو في الشحن والنقل. ستكون كلفة الشحن لمادة منخفضة التركيز تساوي كلفة المادة المركزة.

قد يجد المزارعون أن اتّباع نهج متوازن في استخدامات الأسمدة العضوية والكيميائية عمليٌّ. يمكن استخدام الأسمدة العضوية لبناء خصوبة التربة على مدى فترة طويلة من الزمن. قد يعتمد المزارعون في البداية على زيادة استخدام الأسمدة الكيميائية المكملة مع الأسمدة العضوية في التربة الفقيرة. بما أن الخصوبة تتعلّق بالزيادة في إمدادات الغذاء مع تطبيق المواد العضوية لفترات طويلة، هذا قد يخفّف استخدام الأسمدة الكيميائية، وقد يستخدم المزارع الأسمدة الكيماوية في صنع الأسمدة العضوية. غالباً ما تُضاف الأسمدة النيتروجينية الكيميائية إلى أكوام السماد العضوي لتسريع معدّل تحلّل المواد العضوية. كما تتمّ إضافة الأسمدة الفوسفاتية الكيميائية للسماد والأسمدة الزراعية لتحصين تركيزات الفوسفور في هذه المواد الفقيرة بالفوسفور. ومع ذلك، المزراعون العضويون المرخّصون، مقيّدون باستخدام الأسمدة الكيميائية في إنتاج المحاصيل. تتطلّب منظّمات الترخيص فترةً زمنية من 3 سنوات بين توقّف استخدام الأسمدة الكيميائية وإصدار الشهادة لمزارع عضوي.

تحليلات الأسمدة

توضع على الأسمدة التي تباع تجارياً، سواء كانت عضوية أم كيميائية، لصقات توضح محتوياتها الغذائية. تحليل الأسمدة هو مصطلح مرادف لتصنيف الأسمدة. ويشار إلى التحليل أو التصنيف بثلاثة أرقام تشير إلى النيتروجين،

والفوسفور، والبوتاسيوم في السماد. تدلّ الملصقة على حاوية الأسمدة على نتيجة التحليل، مثل وجود النيتروجين (N) ووجود حمض الفوسفوريك (P_2O_5) ووجود البوتاس (K_2O). علماً أن المعروف هو النيتروجين فقط كعنصر أساس. يتمّ تنسيق اختبارات التربة والتوصيات بتسميد المحاصيل مع هذه التعبيرات الكيميائية عن محتوى الغذاء. العبارة موجود على الحاوية غامضة، ولكن في حالة الأسمدة، عملياً، هذا يعني كمية الغذاء في الأسمدة التي يمكن للمحصول الحصول عليها من السماد في موسم زراعي واحد. قابلية الذوبان وتمعدن الأسمدة، فضلاً عن التركيزات، هي من بين الخصائص التي تحكم توفّر الغذاء.

التعبير عن التحليل كأكاسيد الفوسفور والبوتاسيوم مربك لأن بعض الناس يساوي هذه القيم مع تركيزات الفوسفور والبوتاسيوم الفعلية. هذا الرأي ليس مشكلةً خطيرة، لأنه كما ذكر سابقاً، يوصّى بأن يتم الإخصاب استناداً إلى تصنيف الأسمدة كأكاسيد الفوسفور والبوتاسيوم. لا حاجة إلى تصحيح التعبير عن النيتروجين كالنيتروجين الفعلي، لأن تحليلات للأسمدة النيتروجينية تعرف النيتروجين كعنصر N. تصحيحٌ بنسبة 0.436 مرةً تركيز حمض الفوسفوريك المتوافر، مطلوبٌ للتعبير عن كمية الفوسفور الفعلية في الأسمدة. يستخدم تصحيح بنسبة 0.830 مرةً البوتاسَ المتوافّر للتعبير عن كمية البوتاسيوم الفعلية في الأسمدة. سماد مع 10% K_2O 10%-P_2O_5 10% N- يصل إلى تركيزات النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم الفعلية، 10.0% P 4.3 - - 6%N 8.3% K بحسب الوزن.

الجدول 3.2

مقارنة بين تكاليف البيع بالتجزئة للمواد الغذائية في سماد المزرعة الجاف والتجاري (2-1-2) وأسمدة كيميائية مختلطة الصنف (10-10-10) [في الولايات المتحدة الأميركية]

	الأسمدة	
التكاليف	الأصناف المختلطة	روث البقر
	(2-1-2)	(10-10-10)

كل مئة وزن	$12.00	$20.00
كل رطل N	6.00	2.00
كل رطل P_2O_5	12.00	2.00
كل رطل K_2O	6.00	2.00
كل رطل من كامل الغذاء	2.40	0.67

يمكن حساب تكاليف الأسمدة على أساس السعر لكل وحدة أو رطل من N , P_2O_5 أو K_2O أو في مجموع الإمدادات الغذائية. مقارنة بين اثنين من الأسمدة التجارية، واحد عضوي والثاني كيميائي، موجودة في الجدول 3.2 الأسعار هي للمقارنة فقط وممكن أن تختلف بحسب موقع الشراء وكميّات الأسمدة التي تم شراؤها.

عند النظر في تكاليف الأسمدة، يجب على المزارع تقييم الغرض الذي يستخدم السماد من أجله مقارنة بتكلفة الغذاء. على سبيل المثال، في حالة المقارنة بين روث البقر والدم المجفّف في الجدول 4.2، قد لا يكون سعر روث البقر الرخيص مسوغاً كافياً لاختيار هذه الأسمدة بدلاً من الدم المجفّف. إفراز النيتروجين من روث البقر أبطأ بكثير من ذلك في الدم المجفّف. قد يكون متوافر بنسبة أقل من نصف النيتروجين في روث البقر للمحصول في الموسم الزراعي الأول، بينما يُفرَزُ ما يقارب النيتروجين كلّه في الدم المجفف. يحدّ بطء إفراز النيتروجين من روث البقر أيضاً من استخدامه لتصحيح نقص النيتروجين في المحصول المتنامي، ولكن الدم المجفف يقدّم الغذاء بشكل سريع وبما فيه الكفاية، لإعادة التغذية إلى المحاصيل التي تفتقر إلى النيتروجين.

الجدول 4.2

مقارنة بين تكاليف الغذاء في روث البقر التجاري المجفف (2-1-2)، ووجبات البذور (6-3-0.5)، والدم المجفف (12-0-0)

	تكلفة الأسمدة		
	البقر المجفف	**وجبات البذور**	**الدم المجفف**
الوحدة	(2–1–2)	(0.5–3–6)	(0–0–12)
كل مئة وزن	12.00$	18.00$	80.00$
كل رطل N	6.00	3.00	6.67
كل رطل غذاء	2.40*	1.89*	6.67
التمعدن	بطيء (< 50%) (**50%)	سريع (60 - **80%)	أسرع (**90%)

* يشمل حمض الفوسفوريك والبوتاس المتوافر كما هو مبين في الجدول 3.2.

** معدّل التمعدن المقدّر للإفراز النيتروجين في موسم زراعي واحد.

قد يخلق الإفراز السريع (تمعدن) للنيتروجين من الدم المجفف مشكلةً مع تراكم الأمونيوم في التربة حيث قد تكون بذور أو جذور الشتلات في اتصال وثيق مع السماد. ينصح بفترة انتظار أسبوع أو أسبوعين بين التخمير والزراعة لتجنّب احتمال الضرر من الأمونيوم الناتج من سرعة تمعدن الأسمدة. بالمقارنة بروث البقر والدم المجفف، سيكون نحو 60% إلى 80% من النيتروجين موجود في وجبات الحبيبات (وجبة بذر القطن، وجبة الكتان، وجبة فول الصويا، وتفل الخروع (Castor Pomace)). و يعتبر معدّل إفراز من 60% إلى 80% سريعاً، أما عملية إفراز الغذاء من السماد فبطيئة.

يجب توخّي الحذر عند إضافة المواد العضوية التي تحتوي على نسبة

عالية من الكربون إلى النيتروجين. تسمى هذه المواد العضوية مواد كربونية، وهي ليست من الأسمدة. السماد العضوي ستروي (Strawy)، والسماد الذي لم ينضج بعد، ونشارة الخشب، ورقائق الخشب، واللحاء، والورق أمثلةٌ على المواد الكربونية. إذا تم إضافة هذه المواد إلى التربة، فإنها لا تحتوي على ما يكفي من النيتروجين لتتمعدن أو لتتحلّل. ستستخدم الكائنات الدقيقة الحية التي تقوم بالتحلّل نيتروجين التربة المتوافر في هذه العملية. ويشار إلى هذا الاستهلاك الميكروبي للنيتروجين أو أي غذاء آخر بالتثبيت. وهذا الغذاء المثبّت غير متوافر لتغذية النباتات حتى تموت الكائنات الدقيقة الحية، وتتمعدن بدورها هي أيضاً.

الفصل الثالث

احتياجات النباتات للعناصر الغذائية المستمدة من التربة

يقدّم هذا الفصل معلومات عن **(1)** وظائف المواد الغذائية في النباتات، **(2)** آثار المواد الغذائية في نمو النباتات وجودتها، **(3)** التعرّف على أعراض نقص العناصر الغذائية، و**(4)** كيفية توريد المواد الغذائية للنباتات. بالنسبة لمعظم العناصر الغذائية، تمّ تحديد وظائف أيض محددة لها في النباتات. المشاركة في أدوار الأيض هذه هو عامل يجعل من عنصر غذائي ما أساسياً. بسبب الاضطرابات الأيضية المرتبطة بنقص العناصر الغذائية، قد تحدّ النواقص في توفير أي من المواد الغذائية من نمو النباتات، وتطوّرها، وتسبّب ظهور أعراض نقص. كثيراً ما تتمثّل أوجه قصور العناصر الغذائية بانخفاض في جودة المنتجات. ستعزّز زيادة الإمداد بالعناصر الغذائية النمو ومردود الغلال ضمن حدود وسيكون لها أيضاً آثار في نوعية المحاصيل. على سبيل المثال، تطوّر اللون الأخضر في محصول الخضروات الورقية. بيد أن الإمداد بالمواد الغذائية بما يتجاوز احتياجات المحاصيل قد يكون له أثر سلبي في نوعية المحاصيل، وغالباً ما يخفض نوعية أو مردود غلة الحصاد.

عادة ما يؤدي النقص الحاد في المواد الغذائية إلى تطوّر أعراض النقص. ومعرفة هذه الأعراض هي طريقة مفيدة لتحديد الاضطرابات الغذائية في

المحاصيل. إذا تمّ الكشف عن هذا النقص في الوقت المناسب، قد يعيد التخمير إنتاجية المحاصيل. إذا اكتشف النقص في وقت متأخر جداً عن إمكانية تصحيحه في المحاصيل الحالية، سيتنبه المزارع إلى سُبل التعويض التي تدعو الحاجة إلى اتخاذها في الموسم المقبل.

الأسمدة هي المواد التي تحمل العناصر الغذائية النباتية إلى التربة. وسيقدِّم هذا الفصل الأسمدة العضوية والأسمدة الكيميائية لكل من العناصر الغذائية النباتية ويقيمها، وسيناقش الممارسات التي تزيد من قدرة التربة على توفير العناصر الغذائية.

النيتروجين

الوظائف

يُعزى اكتشاف أهمية النيتروجين إلى تيودور دي سوسور (Theodore de Saussure)، الذي نشر في عام 1804 بحثه الذي أظهر أن النمو الطبيعي للنباتات ليس ممكناً من دون امتصاص النترات والمعادن الأخرى من التربة. النيتروجين لديه العديد من الوظائف في النباتات، وهو مكوّن في البروتينات، والمادة الجينية (الأحماض النووية (Nucleic Acids) (DNA) وRNA)، والكلوروفيل (Chlorophyll)، والعديد من المركبات الأخرى التي تعتبر حيويةً في عملية الأيض النباتية. البروتينات هي مركبات غنية بالنيتروجين، وهي المكونات الآزوتية الرئيسية للنباتات. من ناحية الوزن، يشكل النيتروجين نحو جزء واحد من ستة من البروتين المتوسط. نحو 85% أو أكثر من النيتروجين في النباتات هي في البروتين. 10% أخرى من النيتروجين الكلي في النباتات موجودة في المركبات النيتروجينية القابلة للذوبان، مثل الأحماض الأمينية (Amino Acids) غير المركبة، ونترات الأمونيوم غير الممتصة. وتكون الـ «5%» المتبقية أو أقل من مجموع النيتروجين موجودة في المواد الوراثية، والكلوروفيل، والأنزيمات المساعدة على الأيض (الفيتامينات وما شابه ذلك)، والدهون، من بين المركبات الأخرى.

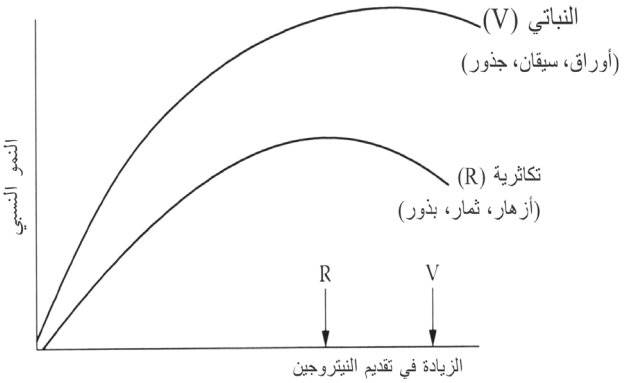
تأثير النيتروجين في نمو النبات وجودته

النيتروجين هو مغذٍّ قوي، نقصه يمكن أن يحدّ بشدّة من إنتاج المحاصيل. يجب أن يرصد توفير الأسمدة النيتروجينية عن كثب لتجنّب قلة التخمير أو كثرته. هناك نقص بالنيتروجين في نحو 70% من أراضي المحاصيل. يمكن أن يُسترد النمو ويعالج المردود المنخفض الحاصل من نقص النيتروجين بسرعة، من خلال إعادة التزويد بالعناصر الغذائية؛ ومع ذلك، قد يكون للتطبيق المفرط للنيتروجين آثار ضارة في النمو والنوعية. قد تحدث بعض الآثار للتسميد بالنيتروجين المحدود، أو الأمثل، أو المفرط.

النمو النباتي

تشجّع تطبيقات الأسمدة النيتروجينية للنباتات النموَّ النباتي (الأوراق، والسيقان، والجذور) والنمو الإنجابي (أزهار، وثمار، وبذور)، لكن تحفيز النمو النباتي عموماً يتجاوز تحفيز النمو الإنجابي، ويعزّز نمو الفسائل أكثر من نمو الجذور. يحدث تخفيف لنمو الجذور والنمو الإنجابي بالتخمير المفرط بالتطبيق القليل للنيتروجين أقل من التخفيف الناتج في نمو الساق والأوراق. تأتي هذه الردود بسبب تأثير النيتروجين في التوازن الهرموني للنبات. يشجع النيتروجين التركيب الحيوي (Biosynthesis) لعناصر تنظيم النمو التي تحفز نمو الفسائل، والتي تحول دون نمو الجذور والنمو الإنجابي.

مع المحاصيل التي تزرع لغطائها النباتي، مثل السبانخ، والخس، والكرفس (Celery)، يكون تعزيزُ النمو النباتي بالنيتروجين استجابة مواتية. لكن مع المحاصيل الجذرية، على سبيل المثال الشمندر والجزر، قد يكون تحفيز نمو الفسائل عالياً لدرجة أنه يتم الانتقاص من إنتاجية الجذور بتطبيق النيتروجين. مع أنواع الفاكهة من الخضروات، على سبيل المثال الطماطم، قد يهيمن تحفيز نمو السيقان والأوراق من جرّاء تطبيقات سخيّة مفرطة لأسمدة النيتروجين ومستمرّة لفترة طويلة بحيث تنخفض إنتاجية الفواكه مقارنةً بتلك التي يتم الحصول عليها مع التخمير الأمثل. لا يجلب التقليم للنمو النباتي أي ميزة في محاولة لتحقيق الإنتاج النباتي المتوازن مع الأزهار والثمار.



الشكل 1.3 النمو النسبي للنباتات في الاستجابة للتسميد بالنيتروجين. الخطوط المستقيمة تشير إلى المستويات النسبية للتسميد المرتبطة بانخفاض النمو الإنجابي (R) والنمو النباتي (V).

من المرجّح أن يهيمن النمو النباتي بعد التشذيب بحيث يكون النمو الجديد الأول بعد التقليم نباتياً. يضعف التقليم في هذه الحالة النبات وكذلك يؤخّر النمو الإنجابي.

آثار في النضارة

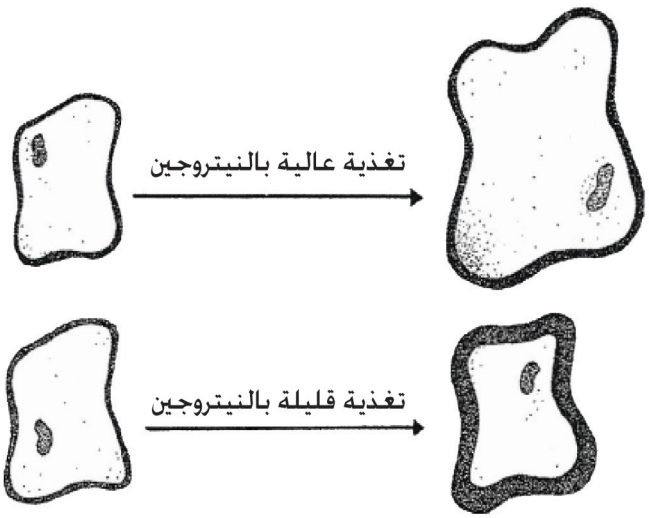
يزيد تسميد النيتروجين من نسبة الماء في النباتات، ويزيد من النضارة أو كثرةِ العصارة في الجزء النباتي. النضارة هي سِمة مرغوب فيها في العديد من الخضروات؛ مثل الخس، والسبانخ، والفجل، والكرفس، وغيرها والتي يكون الجزء النباتي فيها هو الجزء الصالح للأكل. ربما، يمكن أن يثيرَ التخمير بالنيتروجين نضارة الفواكه، لكنّ الآثار ستكون أقل من تلك التي هي تحدث في الغطاء النباتي.

آثار في جدران الخلية

جدران خلايا النباتات التي تحصل على تغذية جيدة من النيتروجين أرقّ من تلك التي تتلقّى كميات أقل من النيتروجين. يشجع النيتروجين في النباتات على تركيب (Synthesis) البروتين على حساب تركيب الكربوهيدرات وتراكمها. جدران الخلايا مصنوعة من الكربوهيدرات أو المواد المستمدة من

الكربوهيدرات. يقلّل تحويلُ الكربوهيدرات إلى بروتين من كمية المواد المتاحة لتوليف مكوّنات جدران الخلايا (السليلوز، والخشبين (Lignin)، على سبيل المثال)؛ ونتيجةً لذلك، لا تصبح جدران الخلايا أكثر سماكة بوفرة النيتروجين بقدر الحالات حيث تكون وفرة النيتروجين أقل (الشكل2.3). بالإضافة إلى ذلك، يزيد تركيب البروتين الجزء البروتوبلازمي (Protoplasmic) من الخلايا، ويزيد من كمية الماء في الخلايا. يسبّب الضغط على جدران الخلية الناجم عن قوة زيادة الماء (تسمّى ضغطَ التورّم) والتفاعل مع عوامل النمو الأخرى، مسط الجدران لتصبح أرقّ.

تعطي جدران الخلايا الرقيقة ومحتوى المياه العالي خصائص النضارة والهشاشة للخضروات. لا تكون هذه الخضروات ليفيّة أو قاسية. يمكن أن تتأثّر أجزاء النباتات النباتية جميعها بهذه الطريقة. تكون خلايا الساق رقيقة الجدران والمشدودة كثيراً ضعيفة. نتيجةً لذلك، تكون الساقُ ضعيفة، وقد لا تكون قادرة على دعم النباتات في وضع رأسي قائم.



الشكل 2.3 نمو الخلايا النباتية مع مستوى عالٍ أو منخفض من التغذية النيتروجينية. تكون جدران خلايا النباتات التي تتلقّى كميات كبيرة من النيتروجين أرقّ من تلك التي تتلقّى كميات قليلة من الأسمدة النيتروجينية.

يسمّى تحريك النبات من حالته المستقيمة، بالإقامة (الشكل 3.3). يمكن أن تسبّب إقامة النباتات خسائر في الإنتاج من خلال المواد التي تقع على الأرض

وتصبح قذرةً ومتعفنةً، أو التي تكون أدنى من مستوى معدات الحصاد. الإقامة هي مشكلة خاصة مع الحبوب الصغيرة مثل القمح، والشوفان، والشعير، والجاودار Rye. أتاحت تطويرات حديثة إلى حدّ ما رفع إنتاجية أصناف قليلة الارتفاع من القمح والأرز ذات السيقان القاسية التي تستجيب من دون إقامة للتسميد بالنيتروجين. وكان تطوير هذه الحبوب التي تستجيبُ لكميات عالية من التخمير بالنيتروجين جزءاً من الثورة الخضراء، التي قدّمت شكلاً مكثّفاً من الزراعة التي رفعت إنتاجية المحاصيل على نطاق العالم.

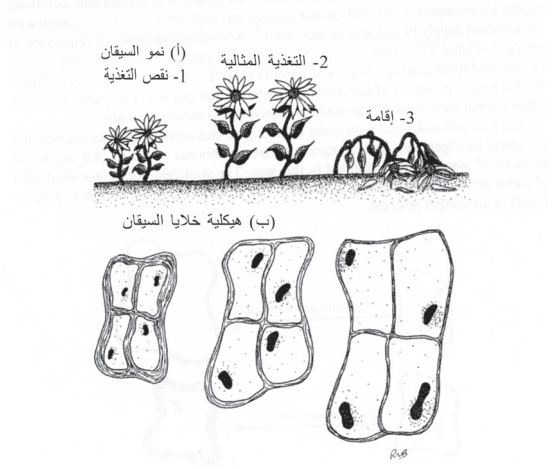
تتلقّى أجهزة النبات التي تحتوي على هذه الخلايا الرقيقة الجدران الكدمات بسهولة بالإضافة إلى كونها ضعيفة هيكلياً. قد تحدث أضرر كبيرة من كسر الأوراق والسيقان خلال عملية الحصاد. تجعل محتويات المياه العالية والبروتين والطبيعة الرقيقة لجدران الخلايا النباتية أعضاء النباتات عرضة لهجوم من قبل الحشرات والأمراض. فلهذه الخلايا مقاومة ضئيلة للهجوم، وتوفر التغذية الممتازة للحشرات والأمراض.

الآثار على نضج النبات

نضوج المحصول يتبطّأ من جرّاء التخمير بالنيتروجين. يجب أن يكون تسميد النيتروجين مناسباً لنوع المحاصيل التي يجري زرعها، يعني إذا ما كان المحصول يزرع للغطاء النباتي أو للفواكه أو للبذور، وإذا ما كان للمحصول موسم نضوج قصير أو طويل. من خلال تأثيره في ناظمات النمو (الهرمونات)، يعزّز تسميد النيتروجين ويطيل مرحلة النمو النباتي للنبات. قد يتأخّر الإزهار والإثمار بسبب تسميد النيتروجين.

يلزم تسميد النيتروجين الوافر لتنمية إطار نباتي جيّد. ستكون النباتات التي تعاني من نقص التغذية ضعيفة ورقيقة، وستكون غير قادرة على حمل الزهور والفواكه. سيكون لدى النباتات التي تعاني من نقص التغذية فترة قصيرة من الإنتاجية، وسيتقلص مردود الغلال بالشيخوخة أو كِبَر النباتات قبل الأوان. سيسمح التخمير بالنيتروجين بنمو نباتات قوية يمكنها أن تتحمّل مستوى عالياً من الأزهار والثمار والحفاظ على فترة طويلة من الإنتاجية. مع أصناف من الطماطم والخيار التي تزهر وتثمر على مدى فترة من الزمن، سيطيل التخمير بالنيتروجين

هذه الفترة من الإنتاجية بحيث يتعزز مردود المحاصيل أكثر من تلك المحاصيل القليلة التخمير. لكن، قد يؤخّر الإفراط باستخدام النيتروجين النمو الإنجابي حيث إنه يحدث في وقت متأخّر من الموسم، بحيث نحصل إنتاجية قليلة قبل البرد أو الصقيع. في الحالات القصوى، يتأخّر النمو الإنجابي طويلاً بحيث لا شيء يحدث قبل الصقيع، أو يكون النمو يكون غير ناضج كفاية لإعطاء منتجات يمكن حصادها.



الشكل 3.3 فسيلة النباتات والبنية الخلوية في سيقان النباتات (1) غير مسمدة، (2) المسمدة على الوجه الأمثل، و(3) النباتات المسمدة بإفراط (مع انحناء الإقامة). ملاحظة أن جدران الخلايا تصبح أرق تدريجياً مع زيادة التخمير بالنيتروجين.

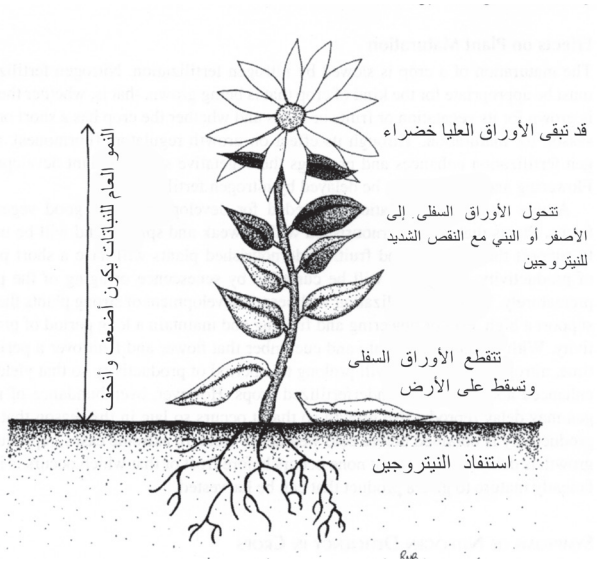
أعراض نقص النيتروجين في المحاصيل

النيتروجين ضروري لتركيب البروتين والكلوروفيل. مع نقص النيتروجين، سيتقيّد تركيب هذه المركبات. سوف تظهر هذه القيود في الأيض النباتي في تطوّر أعراض نقص النيتروجين (الشكل 4.3). النباتات التي تعاني من نقص النيتروجين ضعيفة (Spindly)، يعني بطيئة النمو وضعيفة النمو أو متوقّفة النمو وقليلة اللون. إذا حُدِّدَ النيتروجين من الشروع في النمو وإلى ما قبل مرحلة الشتول بقليل، سيكون لون كامل النبات أخضر خفيفاً أو أصفر خفيفاً .إذا تمّ استنفاد إمدادات النيتروجين بعد حصول قدر كبير من النمو، سيكون لون الأوراق الدنيا أخضر خفيفاً أو أصفر – أخضر. في نهاية المطاف، سوف تتحوّل الأوراق الدنيا إلى بنية وتتساقط، ما لم تتم إعادة إمدادات النيتروجين.

النيتروجين هو عنصر متنقل في النباتات، مما يعني أنه يمكن أن ينتقل بسهولة من جزء إلى جزء آخر من النبات. يمكن تعبئة النيتروجين أو نقله من أوراق النبات القديمة إلى المناطق الناضجة المتنامية أو الأجهزة الإنجابية للنباتات. تولّد نتائج نقل النيتروجين من الأوراق القديمة إلى المناطق المتنامية والأجهزة الإنجابية، استنزافَ النيتروجين وظهور أعراض نقص النيتروجين في الأوراق القديمة. اصفرار وتقزّم النباتات هي صفات تشير إلى نقص النيتروجين. في كثير من الأحيان، أثناء نقص النيتروجين، قد تصبح الأوراق الدنيا محمرّة، ولا سيّما على طول الأوردة. في بعض الأحيان، يتمّ الخلط بين هذه الأعراض وأعراض نقص الفوسفور، التي تنتج أيضاً احمراراً في الأوراق السفلى، وتلزم الخبرة لتعلَمَ كيفية التفريق بين نقص النيتروجين ونقص الفوسفور. ستكون الأوراق الناقصة النيتروجين بلون أخف عموماً من الأوراق التي تفتقر إلى الفوسفور. سوف ينتشر احمرار الأوراق التي تفتقر إلى الفوسفور عبر رقائق الأوراق وسيكون واضحاً بشدة على الجانب السفلي للورقة، في حين أن الاحمرار أثناء نقص النيتروجين سيتركز على طول الأوردة ويمكن ملاحظته بالتساوي في الجزء العلوي أو السفلي من الأوراق.

سيجبر نقص النيتروجين أثناء النمو النباتي النباتات على أن تنضج باكراً مع خسائر كبيرة في النوعية والمردود. سيكون عدد وحجم الأزهار والفواكه أصغر في المحاصيل الناقصة النيتروجين من المحاصيل المكتفية بالنيتروجين. سيكون نمو الجذور مقيّداً إلى حد كبير بنقص النيتروجين، لأن الجذور لا تنمو في مناطق التربة الناقصة النيتروجين. على الرغم من أن للنيتروجين آثاراً تفاضلية في نمو النباتات المختلفة، ولكن له حاجة لنمو أجزاء النبات جميعها.

يمكن امتصاص النيتروجين المتاح بسهولة والمطبق على التربة سريعاً من قِبل النبات. يمكن تصحيح القصور الذي يظهر في المراحل المبكّرة من النمو النباتي مع خسارة صغيرة في مردود الإنتاج فقط. ويمكن تصحيح النقص الذي يظهر في المراحل المتأخّرة من النمو النباتي، لكن مردود الإنتاج سيكون محدوداً إلى حدٍّ كبير بوجود أوجه القصور. من غير المحتمل أن يتمّ تصحيح النقص الذي يظهر قريباً من وقت الإزهار أو الإثمار أثناءه، خلال الموسم الجاري، ويمكن أن يحدّ ذلك من مردود الإنتاج إلى حدّ كبير.



الشكل 4.3 التعبير عن أعراض نقص النيتروجين على فسائل أو سيقان النباتات التي تنمو في التربة التي استُنزف منها النيتروجين خلال نمو النباتات.

غالباً، ومع نضج النباتات، يتم نقل النيتروجين من الأجهزة النباتية للجهاز الإنجابي. وهذه عملية طبيعية حيث يستخدم النيتروجين المتراكم أثناء النمو النباتي في النمو الإنجابي في ما بعد. ولذلك، فإن ظهور أعراض نقص النيتروجين على الأوراق خلال نضوج المحاصيل ليست دائماً مؤشراً على عدم كفاية إمدادات النيتروجين في التربة.

كميات النيتروجين المطلوبة للمحاصيل

تختلف المحاصيل في كميات النيتروجين التي تمتصّها من التربة في مرحلة نمو النبات وتطوّرها. كمية النيتروجين التي يتم امتصاصها هي دلالة لكمية المادة الجافة التي تنتجها المحاصيل، ولتركيز النيتروجين في المادة الجافة. تحتوي النباتات المغذّاة جيداً من 1% إلى 4% نيتروجين أو أكثر في أوراقها، مع التباينات التي تحدث بين الأنواع وخلال عمر النبات. قد تحتوي النباتات التي تفتقر إلى النيتروجين على أقل من 1% من النيتروجين في أوراقها. لدى المحاصيل العالية المردود في الإنتاج- تلك التي تنتج كميات كبيرة من النمو النباتي والفواكه، أو البذور- متطلّبات شديدة للنيتروجين. يتطلّب المعدّل السريع للنمو بالاقتران

مع كمية كبيرة من النمو، إمدادات متاحة بسرعة وبوفرة من النيتروجين في التربة. المحاصيل التي تزرع بكثافة عالية تمتصّ كميات كبيرة من النيتروجين من التربة بسبب ارتفاع إنتاجية المحاصيل التي تزرع زراعة مكثّفة. للمحاصيل العالية المردود في الإنتاجية التي تحتوي على نسبة عالية من محتويات البروتين متطلبات عالية للنيتروجين في التربة. في ما يلي بعض الأمثلة من المحاصيل ذات الطلب العالي للنيتروجين في التربة.

طلب مرتفع على النيتروجين

امتصاص أكثر من 120 رطلN لكل فدان(*) (3 رطل N لكل 1000 قدم مربّع) تُمتَص في موسم واحد.

الذرة
البطاطا
الطماطم
الكرفس
الأعلاف (التبن، والمراعي)

تنتج المحاصيل ذات الطلب المعتدل من النيتروجين المادة الجافة بنسبة أقل من تلك ذات الطلب العالي للنيتروجين. قد تكون طبيعة هذه النباتات منخفضة مردود الإنتاج، أو قد تنمو في زراعة أقل كثافة من تلك ذات الطلب العالي للنيتروجين. تندرج معظم محاصيل الخضار تحت هذه الفئة. يتم سرد بعض المحاصيل التي لها مطالب معتدلة للنيتروجين في التربة على النحو التالي.

الطلب المعتدل للنيتروجين

بين 50 و120 رطلN للفدان الواحد (1.25 إلى 3 رطل N لكل 1000 قدم مربع) تُمتَصّ في موسم واحد. بعض المحاصيل ذات طلبات نيتروجين معتدلة تشمل:

معظم محاصيل الخضار

(*) (Acre) فدان = حوالي 4000م^2 قياس للمساحات في الولايات المتحدة (المراجع).

الحبوب ذات السيقان القصيرة (القمح، والشوفان، والشعير، والجاودار)
خضروات الحديقة (البازلاء، والفاصوليا)
عشب الخضير (Turfgrasses)

تشمل المحاصيل ذات الطلب المنخفض للنيتروجين من التربة تلك التي تنمو ببطء وتلك التي لديها موسم نمو قصير جداً. العديدُ من المحاصيل الجذرية لديها طلبات منخفضة من النيتروجين. قد يعزّز التخمير الفائض للمحاصيل الجذرية بالنيتروجين نمو الفسائل ويحد من نمو الجذور، بالإضافة إلى أن مردود إنتاج المحاصيل الجذرية يكون أقل بكثير من إنتاجها مع التخمير الأمثل. تمتصّ المحاصيل التي تزرع لمحتوياتها من السكر كميات قليلة من النيتروجين بما يتناسب مع مردود إنتاجها. سيعزّز تسميد النيتروجين السخي لهذه المحاصيل إنتاج المادة الجافة ولكن سيخفّف من محصول السكر، بسبب تحوّل الكربوهيدرات إلى بروتين. في ما يلي بعض المحاصيل التي تمتصّ كميات صغيرة من النيتروجين من التربة.

الطلب القليل على النيتروجين

امتصاص أقل من 50 رطل N لكل فدّان (1.25 رطل N لكل 1000 قدم مربع) تمتصّ في موسم واحد.

التبغ
المحاصيل الجذرية (الجزر، واللفت، والبطاطا الحلوة)
فجل
الحبوب ذات السيقان الطويلة
بساتين الفاكهة

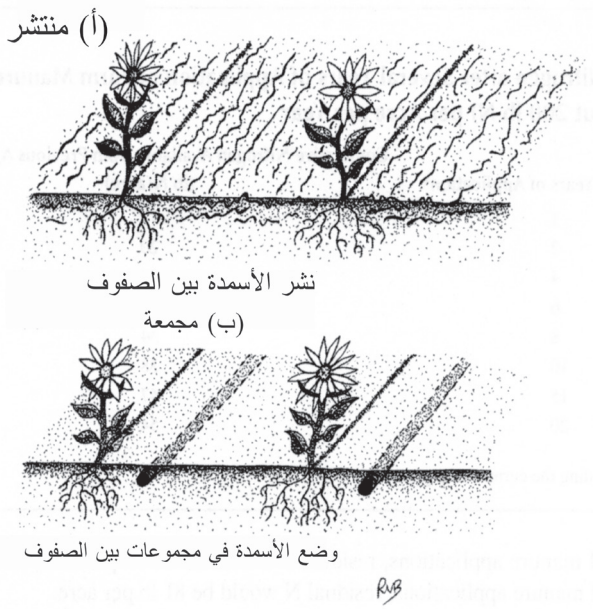
تختلف كميّات الأسمدة المطبّقة على أرض المحصول أيضاً مع أنواع التربة، والطقس، وأهداف الإنتاج، وممارسات المزارعين الإدارية، وأصناف المحاصيل، وعوامل أخرى. قد تكون تطبيقات النيتروجين بالأسمدة من 50% إلى 100% أكبر من الكمية التي يتمّ امتصاصها من المحاصيل للتعويض عن الخسائر وإخفاق النباتات في استعادة النيتروجين الذي يتم تطبيقه. قد يضيع بعض من النيتروجين المطبّق من خلال الرشح في الأرض، والتطاير في

الهواء، وإزالة النيتروجينيات (التحوّل البيولوجي للنترات إلى أشكال غازية من النيتروجين)، والمنافسة من قِبل الأعشاب الضارة والكائنات الدقيقة؛ قد يوضع بعض من النيتروجين بعيداً عن متناول جذور النباتات، كما هو الحال بين صفوف المزروعات المتباعدة على نطاق واسع. تستردّ النباتات عادة 50% إلى 70% من النيتروجين المطبّق في الأسمدة، على الرغم من أن الاسترداد قد يكون أقل بكثير من 50% إذا كانت التطبيقات مرتفعة، ولكون لدى الأعشاب الضارة القدرة على منافسة المحاصيل، وتكون شروط الخسارة مواتية. يمكن أن تكون خسائر النيتروجين محدودة بممارسات الحفاظ على النيتروجين، مثل التزويد بالنيتروجين على عدة تطبيقات، تسمّى تقسيم التطبيقات، خلال الموسم، ووضع الأسمدة في مجموعات على طول صفوف المحاصيل بدلاً من بعثرتها بشكل عشوائي بين الصفوف (الشكل 5.3).

يساعد تقسيم تطبيقات النيتروجين على تزويد المحاصيل بالنيتروجين بحسب الحاجة للنيتروجين. يتعرّض التطبيق مرّة واحدة في بداية الموسم لخسائر بالرشح والعوامل البيئية الأخرى. تكاليف التطبيقات العديدة هي الرادع عن استخدام هذه الممارسة بالنسبة إلى تطبيق كل الأسمدة دفعة واحدة أثناء الزراعة. وضعُ الأسمدة في مجموعات تضع المواد الغذائية بالقرب من الجذور وتحدُّ من الخسائر بالرشح والأعشاب الضارة. يمكن تطبيق مجموعات النيتروجين مجتمعةً أثناء الزراعة أو خلال موسم النمو بالتخمير الجانبي.

ينبغي على المزارعين الذين يستخدمون الأسمدة العضوية التي تفرز النيتروجين ببطء تطبيق النيتروجين بالكميات التي ترتبط عكسياً بمعدل إفراز النيتروجين؛ فيتمّ تطبيق الأسمدة التي تفرز النيتروجين ببطء عادةً بكميات كبيرة. قد يبقى النيتروجين المفرز من هذه الأسمدة البطيئة الإفراز للموسم الزراعي المقبل، ويمكن إجراء تسوية بالتخفيف من التخمير، استناداً إلى خبرة أو مشورة الخبراء، في السنة الثانية والسنوات اللاحقة للتسميد. تراكم النيتروجين المتوافر من الأسمدة العضوية البطيئة الإفراز يكون بطيئاً، ولذلك يميل كثير من الناس إلى إعطاء قيمة أعلى لفوائد الآثار المتبقية من الأسمدة. مؤشّر القيمة المتبقية من النيتروجين من تطبيق واحد لسماد حيوانات المزرعة الكبيرة، يرِد في (الجدول 1.3).

لو تم تطبيق واحد من سماد المزرعة باستخدام البيانات الواردة في (الجدول 1.3)، سيفرز 200 رطل N للفدان الواحد 20 طناً من السماد العضوي للدونم الواحد)، سيكون نحو 100 رطل N متاحة خلال الموسم الجاري من المحاصيل، مع نحو 16 رطلاً تكون متاحة في السنة الأولى التالية، و10 أرطال في السنة الثانية التالية، و4 أرطال في السنة الثالثة التالية، ورطلين في السنة الرابعة والسنوات اللاحقة.



الشكل 5.3 تطبيق الأسمدة **(أ)** ببعثرتها بين الصفوف أو **(ب)** وضعها ضمن نطاقات موازية للصفوف.

لو تم تطبيق 20 طناً من السماد العضوي للدونم الواحد سنوياً، ستكون الآثار المتبقية مضافة، كما هو مبيّن في (الجدول 3.2). فوائد تطبيقات أعلى أو أقل ستكون متناسبة مباشرة مع الآثار المتبقية من 20 طناً للفدان الواحد. على سبيل المثال، بعد 20 سنة، من تطبيق 10 أطنان من السماد سنوياً، وN المتبقية ستكون 27 رطلًا لكل فدان؛ و من تطبيق 30 طناً من السماد الطبيعي سنوياً، وستكون N المتبقية 81 رطلاً لكل فدان.

الجدول 1.3

قيمة النيتروجين «المتبقي في سماد المزرعة الصلب»

سنوات بعد التطبيق	الكميات التقريبية من النيتروجين المتوافّر (% من التطبيق الأصلي على التربة)
0*	50
1	8
2	5
3	2
4	1

* سنة تطبيق.

الجدول 2.3

النيتروجين المتبقي بعد عدة سنوات من تطبيق سماد المزرعة ب 20 طن (نحو 200 رطل N) للفدان الواحد في السنة

سنوات متتالية من التطبيق*	النيتروجين المتراكم المتوافّر من التطبيقات السابقة (رطل N/ فدان)
1	15
2	20
4	26
6	30
8	34
10	38
15	47
20	54

* السنوات السابقة لمحصول السنة الحالية.

الخضروات المثبتة للنيتروجين

تنمو بعض المحاصيل، مثل الخضروات المثبتة للنيتروجين (على سبيل المثال، فول الصويا، والفالفا (Alfalfa)، والبرسيم (Clovers)، البيقية (Vetches)، وليسبيديزا (Lespedeza)) في تكافل مع البكتيريا، وتحصل على النيتروجين من الهواء وقد لا تتطلّب التخمير بالنيتروجين. تزرع الخضروات المثبتة للنيتروجين -على سبيل المثال، فول الصويا، والخضروات العلفية- عادة كالمحاصيل الزراعية ولا تسمد بالنيتروجين، حيث إن العلاقة التكافلية بين النباتات والبكتيريا توفر النيتروجين لهذه المحاصيل. عادة ما يتم تسميد حقول الخضروات- البازلاء والفاصوليا - بالنيتروجين، لأن تثبيت هذه المحاصيل للنيتروجين في كثير من الأحيان لا يكون كافياً لتزويدها باحتياجاتها الغذائية. ومع ذلك، بشكل عام، لا تستجيب الخضروات للتسميد بالنيتروجين إذ كانت تنمو عضوياً مع البكتيريا اللازمة لتثبيت النيتروجين. تطبيق الأسمدة النيتروجينية يقلّل كمية النيتروجين التي تثبتها هذه المحاصيل عضوياً، بما يوازن تقريباً الكمية التي يثبتها بكمية النيتروجين التي طبقت. تتفاعل البكتيريا مع الخضروات لتشكل عقد الجذور، التي هي موقع تثبيت النيتروجين، ويجب أن تمون هذه البكتيريا موجودة في التربة أو يجب أن تضاف للتربة ليحدث التكافل وتثبيت النيتروجين. يعرض الفصل المتعلّق بالسماد الأخضر مزيداً من المعلومات حول تثبيت النيتروجين من قبل المحاصيل.

تركيزات النيتروجين في الأسمدة

تتراوح تركيزات النيتروجين في الأسمدة من 1% إلى 80% من وزن المواد. تحتوي الأسمدة العضوية الطبيعية على ما يتراوح من 1% إلى 15% من النيتروجين. يحتوي البروتين النقي نحو 16% من النيتروجين، لذا تكون المواد مع تركيزات نيتروجين أعلى من 16% مصنّعة. يعتبر تركيز 16% من النيتروجين منخفضاً للأسمدة الكيميائية في العصر الحديث. تكون المواد العضوية [التي تتضمن] أقل من 1% من النيتروجين منخفضة جداً في تركيز النيتروجين عموماً ليتم اعتبارها أسمدة. تكون هذه المواد ضخمة الحجم عند التعامل بها، وقد تفرز النيتروجين ببطء شديد ليكون ذا قيمة بالنسبة للمحاصيل. في الواقع، سوف

تتسبّب بعض المواد ذات تركيزات نيتروجين أقل من 1% بنضوب (تجميد) النيتروجين المتاح في التربة، ويجب تطبيق نيتروجين إضافيّ عبر الأسمدة لمنع تطوّر أوجه النقص في المحاصيل.

يرد في الجدول 3.3 تركيزات النيتروجين في بعض الأسمدة العضوية والكيميائية الشائعة وفي بعض المواد المتنوّعة. وعلى الرغم من أنه قد أعطيت قيمة دقيقة لتركيز وإفراز النيتروجين في المواد العضوية، فستختلف معدلات التركيز والإفراز الفعلية لهذه المواد وفقاً للطقس والمناخ، والمنشأ المحدّد لهذه المواد، وكيف تتم التعامل مع هذه المواد، وتجهيزها، وتخزينها.

تحوّلات النيتروجين في التربة

تمتصّ النباتات النيتروجين من التربة على شكل نترات (-N03) أو أيونات الأمونيوم (+NH4). تعطي الأسمدة الكيميائية هذه الأيونات بواسطة الذوبان [بالماء] أو التفكك السريع في التربة:

الذوبان

نترات الأمونيوم ← الأمونيوم+ نترات *

التفكك الجرثومي

اليوريا ← الأمونيوم

* ملاحظة: يتم تحويل الأمونيوم إلى نترات في التربة بالنترجة (Nitrification)

بينما يكون تفكك اليوريا سريعاً، إلا أن تفكك الأسمدة العضوية لإفراز النيتروجين بطيء نسبياً. عملية إفراز النيتروجين من الأسمدة العضوية إلى الأشكال المتاحة للنباتات هو تمعدن النيتروجين أو أمونيفيكيشن (الشكل 6.3). ترتبط معدّلات التمعدن بتركيز النيتروجين في الأسمدة العضوية. بوجه عام، كلما زاد تركيز النيتروجين، أصبح معدل التمعدن أسرع. يحكم الممارسات المتعلّقة باستخدامات الأسمدة العضوية تمعدن المواد. إذا كان التمعدن سريعاً، مع إفراز

80% أو أكثر من النيتروجين في موسم واحد، سيكون النيتروجين متاحاً بسرعة للنباتات. إذا كانت التمعدن بطيئاً، 30% أو أقل من إفراز النيتروجين لكل موسم، قد تكون النباتات ناقصة التغذية ما لم يتم تطبيق كمية سخية من الأسمدة.

ينبغي التعامل مع التمعدن السريع للأسمدة العضوية كما لو كانت أسمدة كيميائية. يجب الحرص على عدم إبقاء الأسمدة العضوية ذات الإفراز السريع (الدم، ووجبات البذور، ووجبة البرسيم) على اتصال مع البذور أو الجذور الناشئة. قد يؤدّي التطبيق الفائض لهذه الأسمدة إلى سُميّة بالأمونيوم إذا كان التمعدن يحصل بسرعة أكبر من النترات (الشكل 6.3).

لن تكون الآثار المتبقية من سرعة تمعدن الأسمدة العضوية، مثل الدم المجفّف ووجبات البذور، ملحوظة أكثر من آثار الأسمدة الكيميائية وسوف تكون أقل بكثير من آثار الأسمدة العضوية، البطيئة التمعدن، مثل الروث.

الجدول 3.3

تركيز النيتروجين في الأسمدة العضوية و الكيميائية الشائعة و في المواد المتنوعة

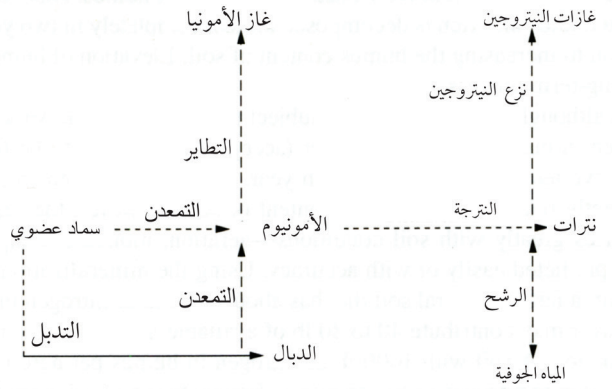
المادة	النيتروجين (% من الوزن الجاف)	الإفراز في موسم واحد (% من إجمالي N) *
الأسمدة العضوية		
وجبة ريش	15	70
الدم المجفف	12	90
أوعية الحيوان	8	70
بقايا الأسماك	8	70
فول الصويا	7	70
وجبة بذر القطن	6	70
وجبة بذر الكتان	6	70
تفل الخروع	5	70

رواسب المجاري**		
المهضومة	6	50
الخام	2	10 إلى 50
السماد العضوي، المجفف		
الحيوانات الكبيرة	2	30 إلى 50
الدواجن	3	70
السماد، الرطب		
الحيوانات الكبيرة	0.5	10 إلى 50
الدواجن	1.5	60
الأسمدة الكيميائية		
الأمونيا اللامائية	80	100
اليوريا	45	100
نترات الأمونيوم	34	100
كبريتات الأمونيوم	21	100
الفوسفات ثنائي الأمونيوم	20	100
نترات الصوديوم	16	100
نترات الكالسيوم	15	100
نترات البوتاسيوم	13	100
مواد متنوعة		
السماد	1	10 إلى 50
القش الخام		
العشب	1.5	40
الخضروات	2.5	60
قصاصات العشب، الأخضر	1.5	60
النشارة، رقائق الخشب	0.1	0

اللحاء	0.3	0
الجلود، الجلود المدبوغة	12	40
الحرير، الشعر، الفراء	12	30

*معدل التمعدن، أو التوافر.

** غير مرخص كعضوي.



الشكل6.3 تحويلات النيتروجين في التربة (دورة النيتروجين).

قد تمتصّ النباتات إما أيونات الأمونيوم أو النترات من التربة. ومع ذلك، في التربة، تكون النترات هي الشكل السائد للنيتروجين معدني. التمعدن هو عملية بطيئة نسبياً مقارنة بالنترتة، التي تحدث سريعاً في التربة الجيدة التهوية والدافئة. نتيجةً لذلك، يتم تحويل الأمونيوم التي شكّلها التمعدن سريعاً إلى نترات بالعمل الميكروبي. في التربة الباردة، يمكن أن تنشأ النترات ببطء، فيصبح هناك احتمالٌ لتراكم الأمونيوم، وخصوصاً إذا كان يتم استخدام أسمدة كيميائية، مثل كبريتات الأمونيوم أو اليوريا. حتى في ظل ظروف جيدة، قد يتمعدن الدم المجفف ووجبات البذور بسرعة أكثر من تأكسد الأمونيوم إلى نترات، و قد يؤدي هذا إلى حصول سُميّة الأمونيوم للبذور أو الشتلات، ولا سيّما في حالة

حدوث التخمير والبذر أو الزرع في نفس الوقت أو في الوقت ذاته تقريباً، وإذا لم تُتّخذ الحيطة للحفاظ على البذور أو الشتلات بعيداً عن السماد. يحتوي سماد الدجاج على نسبة عالية من الأمونيوم. يحدث ما يسمّى حرق المحاصيل بسماد الدجاج بسبب تسمّم النباتات من الأمونيوم الموجود في السماد العضوي [للدجاج]. تطبيق الأسمدة العضوية الغنية بالنيتروجين والأسمدة الزراعية نحو أسبوعين قبل بذر أو زرع المحاصيل هي ممارسة حكيمة لتجنّب سمية الأمونيوم أو غيرها من المشاكل التي قد تنشأ أثناء التفكك السريع للمواد في التربة.

من خلال عملية بيولوجية تسمى التدبّل (Humification)، يتم تحويل جزء من الأسمدة العضوية أو أي من المواد العضوية التي أدرجت في التربة إلى دبال (Humus). والدبال هو منتج مستقرّ نسبياً لتحلّل المادة العضوية في التربة. كقاعدة عامة، ستكون مساهمة المواد العضوية مع تركيزات منخفضة من النيتروجين في الدبال أكثر من الأسمدة العضوية مع تركيزات عالية من النيتروجين. لن يساهم الدم المجفّف، الذي يفرز نحو 80% أو أكثر من النيتروجين الذي يحتويه على شكل معدني في موسم واحد، في زيادة كبيرة للدبال في التربة، ما لم يتم إرجاع فضلات النباتات، التي تمّ إنتاجها من المحاصيل التي نمت على النيتروجين من الدم، للتربة. ومع ذلك، إن المواد- مثل سماد البقر الذي يفرز النصف أو أقل من النيتروجين الذي تحتويه في موسم نمو واحد- قد تسهم إلى حد كبير في رفع محتوى الدبال في التربة. المواد العضوية التي لا تتفكّك في موسم واحد، وتنتقل إلى الموسم المقبل في نموذج يكون غير مستقر نسبياً، ليست دبالاً. كذلك فإن تحلل المواد العضوية التي تندمج في التربة كثيراً ما تتجزأ، تقريباً بالكامل، في عامين، من دون أن تساهم في زيادة محتوى الدبال للتربة. ويكون ارتفاع محتويات الدبال في التربة عملية طويلة الأجل.

على الرغم من استقرار الدبال النسبي فهو يخضع للتمعدن. يمكن تحويل نحو 1% أو 2% من النيتروجين في الدبال في طبقة الحراثة (المقبولة أن تكون عموماً بعمق 6 بوصات) إلى شكل معدني كل سنة. يرتبط النيتروجين المتوافّر في التربة غير المسمدة ارتباطاً مباشراً بمحتوى التربة للدبال. ومع ذلك، يتباين معدّل التمعدن إلى حدّ كبير مع ظروف التربة - تهوية، ورطوبة، ودرجة الحرارة - ولا يمكن التنبؤ به بسهولة أو بدقة. باستخدام معدل التمعدن من 1% أو 2%

سنوياً، قد تسهم تربة خصبة معدنياً تحتوي على نحو 4000 رطل من النيتروجين من الدبال في طبقة الحراثة بـ 40 إلى 80 رطلاً من النيتروجين المتاح للفدان الواحد سنوياً لإنتاج المحاصيل. ستسهم تربة مع 1000 رطل من النيتروجين في الدبال للفدان الواحد فقط بـ 10 إلى 20 رطلاً من النيتروجين أو أقل للمحاصيل. لون ونسيج التربة هما مؤشران كافيان لمحتويات المواد العضوية أو الدبال في التربة. يسرد (الجدول 4.3) كميات النيتروجين في التربة بحسب مختلف الألوان والنسائج. التربة المذكورة في هذا الجدول هي الأنواع التي تمّ العثور عليها في مناطق كبيرة من شمال وسط الولايات المتحدة الأميركية. سوف تختلف كمية النيتروجين في التربة من مختلف الألوان والنسائج مع الموقع الجغرافي. بصفة عامة، يزيد النيتروجين في التربة من الجنوب إلى الشمال ومن الشرق إلى الغرب في الولايات المتحدة الأميركية، بسبب الاختلافات في التمعدن نتيجة درجات الحرارة المختلفة وكميات المياه في التربة. تؤدّي الزراعة (زراعة المحاصيل) إلى استنزاف التربة من النيتروجين العضوي، بسبب زيادة أكسدة الدبال في التربة بالتهوية الآتية من الحراثة و بسبب امتصاص النيتروجين من المحاصيل. ينبغي أن يكون النيتروجين في أعلى 6 بوصات من التربة هو الجزء المستخدم لتقدير مجموع النيتروجين المتاح من البيانات المبوبة (جدول 4.3).

الجدول 4.3

كميات النيتروجين في التربة بالعمق، واللون، والنسيج (رطل N/ فدان)

	العمق (بوصة)		
نوع التربة	**0 إلى 6**	**6 إلى 20**	**20 إلى 40**
الخث النباتي العميق	35.000	65.000	98.000
لورنس الطين الأسود	7200	7500	3200
لورنس الطمي البني	5000	5900	3500
لورنس البني	4700	6700	4200
لورنس الطمي الرمادي العميق	3600	2200	2300
لورنس البني الرملية	3100	3900	4200

لورنس الطمي الرمادي الأصفر	2900	2700	3200
لورنس الطمي الرمادي	2900	3200	3200
لورنس الطمي الأسمر	2800	3200	3400
لورنس الصفراء الرملية الدقيقة	2200	2610	2700
لورنس الطمي الأصفر	2000	2000	2400
لورنس الطمي الرمادي الخفيفة	1900	1900	2100
رمال	1400	2100	3100

مقتبس من التربة والرجال، سنة 1938 للزراعة، ص 370، وزارة الزراعة الأميركية، واشنطن، العاصمة.

تطبيق قاعدة التي تقول إن 1 أو 2% من النيتروجين في المنطقة السطحية 0 – إلى – 6 بوصة سيتمعدن، تعطي تقديراً للنيتروجين المتاح من كل تربة. على سبيل المثال، ستكون الإفرازات السنوية من النيتروجين 70 إلى 140 رطلاً من الطين الأسود ومن 14 إلى 28 رطلاً من الرمال. يكون في المنطقة السطحية تركيز عالٍ من النيتروجين وتهوية أفضل، وكذلك يكون النشاط الميكروبي أعلى منه في الأعماق الثلاثة. تحصل النباتات على معظم تغذيتها من الطبقات العليا من التربة، وبشكل خاص من المنطقة بين 3 إلى 10 بوصات تحت سطح التربة. لا تحصل على التغذية كثيراً من عمق أدنى من 10 بوصة. اختراق الجذور العميق في التربة يساعد النباتات عموماً في الحصول على المياه.

لا يتم استرداد كل النيتروجين المتمعدن من المواد العضوية من قبل النباتات. يعاد تدوير جزء منها مرة أخرى إلى مواد عضوية؛ بعضها يكون بعيداً عن متناول الجذور، أفقياً أو عمودياً؛ ويتم فقدان بعضها. قد يتم استرداد نحو نصف النيتروجين المفرز من المواد العضوية في التربة بواسطة النباتات.

أشكال النيتروجين في التربة

معظم النيتروجين في التربة هو في المادة العضوية. الدبال وأشكال أخرى من المواد العضوية التي تقاوم التحلّل هي مخازن للنيتروجين. كميات النيتروجين

في أشكالها غير العضوية أو المعدنية صغيرة بالنسبة إلى الكميات الموجودة في الأشكال العضوية (الجدول 5.3). بسبب النترتة، التي هي أكسدة الأمونيوم إلى نترات، تكون معظم أجزاء النيتروجين المعدنية في التربة على شكل نترات. سوف تكون النترات موجودة في محلول التربة (محلولة في الماء في التربة)، ويحتمل أن تكون النترات جميعها متاحة للنباتات. النترات كثيرة التنقّل في التربة، ويتم نقلها بانتشار المياه وتدفّقها. عادةً ما يكون الأمونيوم في التربة منخفضاً جداً بسبب سرعة أكسدة الأمونيوم (النترتة) بعد إفرازها من المواد العضوية. قد لا يتوفّر جزء من النيتروجين من الأمونيوم في التربة للامتصاص بالنباتات بسبب تعلّق أيونات الأمونيوم بالطين. يتم تكييف معظم النباتات الأرضية مع التربة التي تكون فيها النترات هي الشكل السائد للنيتروجين المتوافر ويكون هناك احتمال منخفض لتراكم الأمونيوم في التربة.

الجدول 5.3

الكميات النسبية للنيتروجين العضوي وغير العضوي واحتمال توفر احتياطياتها في التربة

	نسبة N إلى احتمال مجموع التربة	التوافر
شكل النيتروجين في التربة	**(%)**	**(%)**
مادة الدبال العضوي	98	1 إلى 2
النترات	1.9	100
الأمونيوم	0.1	95

تثبيت النيتروجين في التربة

تجميد النيتروجينيشير إلى استهلاك النيتروجين الذائب أو غير العضوي المتاح في الكائنات الحية المجهرية في التربة. يكون النيتروجين المثبت غير متوافر للنباتات حتى تموت الكائنات الحية المجهرية وتمعدن موادها العضوية. يحدث التثبيت إذا اندمجت بقايا النباتات ذات النسبة العالية من الكربون،

والمنخفضة من النيتروجين في التربة. لا تسبّب طبقات أو مهاد المواد العضوية على سطح التربة مشاكل خطيرة من جرّاء التثبيت، لأن الاتصال بين المواد العضوية والتربة محدود. في التربة، يكون الكربون في المادة العضوية غذاءً لبعض الكائنات الحية المجهرية في التربة، ولكن المواد العضوية الكربونية بدرجة عالية لا تحتوي على نيتروجين كافٍ لدعم نمو الكائنات الحية المجهرية. نتيجة لذلك، تستخدم الكائنات الحية المجهرية النيتروجين المعدني المتوافّر في التربة لنموها. وحيث إن الكائنات الحية المجهرية تتكاثر في كافة أنحاء التربة أفضل بكثير من جذور النباتات، وتكون على اتصال وثيق مع النيتروجين في التربة أكثر من الجذور، يكون لدى هذه الكائنات المجهرية قدرة على الحصول على النيتروجين أفضل من النباتات.

من الممكن تجميد المواد المغذية الأخرى، وخصوصاً الفوسفور والكبريت، ولكن تثبيت النيتروجين هو الأكثر وضوحاً. المواد العضوية التي يمكن أن تتسبّب بالتثبيت هي نشارة الخشب، والورق، ورقائق الخشب، ورقائق اللحاء، والقش، وأوراق الشجر، والإبر، وبقايا الحديقة الخشنة الميتة، وسيقان الذرة الناضجة، والبقايا النباتية الأخرى التي تكون منخفضة النيتروجين. عموماً، البقايا مع أقل من 1% من النيتروجين من وزنها يمكن أن تسبّب التثبيت في التربة. لا يدمج العديد من المزارعين مخلّفات المحاصيل التي تجاوزت كمية الكربون فيها النيتروجين بنسبة 35 إلى 1 (نسبة C:N ratio = 35:1)، ويتركون هذه المواد على سطح الأرض أو يزيلونها من الحقل. البقايا التي لديها نسب الكربون إلى النيتروجين أكبر بكثير من 35:1، على سبيل المثال، 100:1، ينبغي أن تخمر قبل أن تدمج في التربة. إذا كان يجب أن تدمج هذه المخلّفات في التربة، لتفادي نقص النيتروجين في المحاصيل، يجب توفير نيتروجين إضافي كسماد لتعويض النيتروجين الذي سوف يثبّت. ينبغي أن يضاف نحو 1 رطل من النيتروجين لكل 100 رطل من المخلفات التي يتم إدماجها مع نسب الكربون إلى نيتروجين أكبر من 35:1. ترد في الجدول 6.3 نسب الكربون إلى النيتروجين لبعض المواد العضوية الشائعة.

الجدول 6.3

نسب الكربون إلى النيتروجين للمواد العضوية

المواد العضوية	النيتروجين (%الوزن الجاف)	نسبة الكربون: إلى النيتروجين
ورق	0.01	5000
نشارة الخشب	0.1	500
رقائق الخشب	0.1	500
رقائق اللحاء	0.2	250
التبن	0.3	180
خث الطحالب	0.5	100
روث البقر	2.0	25
قش العشب	1.5	33
تبن البرسيم	2.5	20
وجبات البذور	6.0	8

إذا أُدمجت رقائق الخشب أو نشارة الخشب في التربة، سيحدث تثبيت النيتروجين خلال 3 أو 4 سنوات بعد الإدماج. نشارة الخشب ستعطي تثبيتاً فعلياً أكثر من رقائق الخشب، لأن نشارة الخشب تتجزأ بشكل أنعم. تسبّب الورق تثبيتاً مكثّفاً، ولكن أثره سيكون لمدّة أقصر من مدّة نشارة الخشب لأن الورق سوف يتحلل بسرعة أكبر من نشارة الخشب. آثار التثبيت الناتجة من القش ومخلفات المحاصيل الخشنة الأخرى سوف تستمر لنحو سنة. بعض المواد، على الرغم من أن لديها نسب الكربون إلى النيتروجين كبيرة ، لن تسبّب التثبيت. هذه المواد هي تلك المستقرّة والمقاومة للتسوّس [للتحلل]. لا يؤدّي البلاستيك للتثبيت بسبب مقاومته للهجوم الجرثومي. خث الطحالب لن يحفز التثبيت، لأن خث الطحالب هو النموذج المستقر للمواد العضوية، الذي سيصبح أكثر المواد

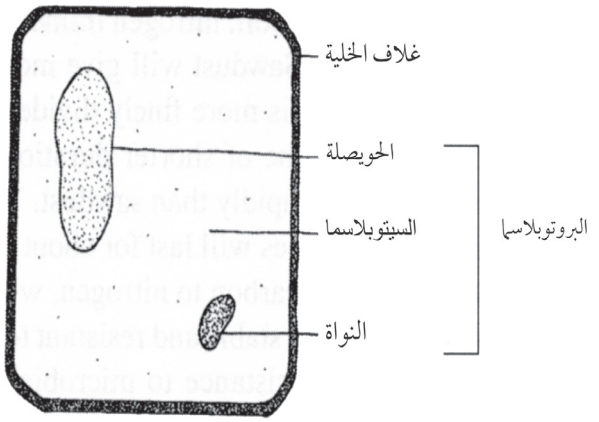
الإنشائية (اللجنين) المتبقية بعد إزالة المواد المتجزئة بسهولة من خلال العمل الميكروبي. يمكن إضافة خث الطحالب إلى وسائل الزراعة وتربة الحديقة من دون مخاطر تثبيت النيتروجين.

المواد العضوية التي تحتوي على نسب الكربون إلى النيتروجين أكبر قليلاً من 35:1 ستُنَشِّط التثبيت في البداية، ولكن بما أن النسب تقلّ بتعفّن المواد العضوية، ستفرز هذه المواد النيتروجين بالتمعدن. ومع ذلك، بما أن فترة التثبيت قد تحدث عندما تحتاج المحاصيل الناشئة للتغذية بالنيتروجين، ينبغي على المزارعين أن يطبقوا النيتروجين للتعويض عن التثبيت. إذا تمّ تطبيق المادة العضوية من 6 إلى 8 أسابيع قبل زراعة المحصول، وإذا سمح الطقس بتعفّن المواد العضوية في التربة، قد يكون المزارع قادراً على تجنب استخدام النيتروجين، أو استخدام التطبيقات الخفيفة فقط من النيتروجين مع مواد بنسبة الكربون إلى النيتروجين أقل من 100.

يمكن إضافة المواد العضوية بنسبة C:N 20:1 إلى 35:1 من دون الأسمدة النيتروجينية المكمِّلة، مع انتظار أسبوع أو أسبوعين فقط بين تطبيق المواد و الزراعة. هذا الانتظار لأسبوع أو أسبوعين مرغوب فيه، كما أنه يسمح ببعض الاستقرار للمواد العضوية في التربة قبل الزراعة ويبدِّد مشاكل أمراض التعفّن وسُمّيّة الأمونيا أو غيرها من المواد العضوية قبل زراعة المحاصيل. المواد العضوية بنسبٍ محدودة جداً، مثل تلك الأقل من 10:1 إلى 15:1، هي مواد من مستوى الأسمدة، وينبغي أن تعامل على هذا النحو، وليس كمواد لزيادة محتوى المواد العضوية في التربة. ينصح بانتظار أسبوع أو أسبوعين بين تطبيق الأسمدة العضوية والزراعة مع المواد العضوية ذات نسب C:N قليلة. التَّمعدن السريع المباشر بعد تطبيق هذه المواد قد يرفع مستويات الأمونيوم في التربة ويضر بالبذور والشتلات. بعد أسبوعين، يكون معظم الأمونيوم قد يتأكسد إلى نترات. كذلك، كما هو الحال مع روث الأسمدة ووجبات البذور، سوف تتحفّز أمراض تعفّن النبات بإضافات المواد العضوية. الكائنات الحيّة التي تُسبِّب تعفّن روث السماد أو وجبات البذور سوف تسبِّب تعفّن جذور النباتات والبذور وكذلك الأسمدة العضوية. تأخير أسبوع أو أسبوعين بين التخمير والزراعة يسمح للمجموعات المنتشرة من الكائنات الحية المجهرية بالموت والانخفاض إلى مستويات غير مؤذية.

الفوسفور
وظائف

اكتشاف أهمية الفوسفور يعزى غالباً إلى الكيميائي الفيزيائي الألماني يوستوس فون ليبيغ (Justus von Liebig) لعمله سنة 1840 في التجارب الميدانية

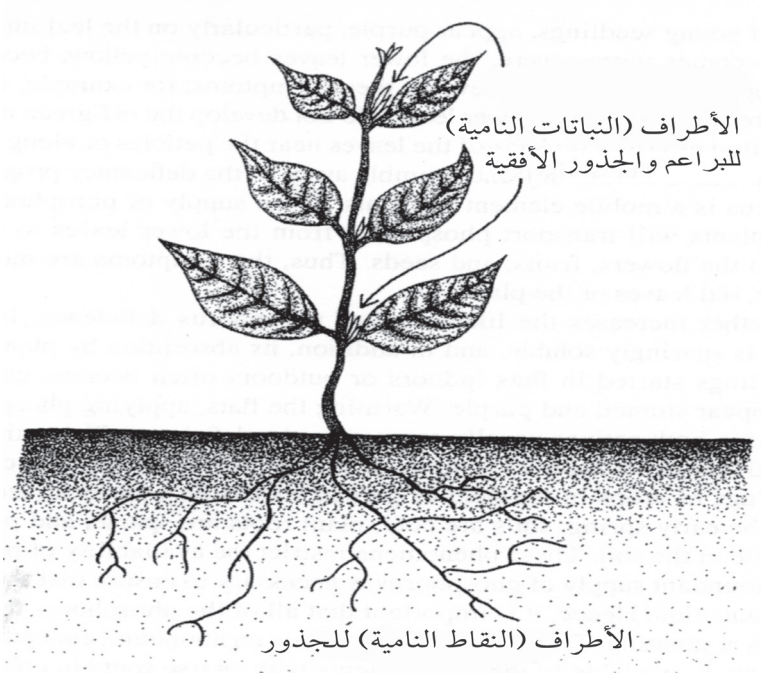


الشكل 7.3 الرسم التخطيطي للخلية النباتية، يوضح النواة التي يتركز فيها الفوسفور.

يتركّز الفوسفور في نوايا الخلايا (الشكل 7.3). في النواة يتواجد الفوسفور إلى حدّ كبير في المواد الوراثية (DNA). خارج النواة، الحمض النووي الريبي (Ribonucleic Acid) (RNA) هو المكوّن الرئيسي المحتوي على الفوسفور، إضافةً إلى دوره في تركيب البروتين. يتطلّب تحويل الطاقة في الخلايا للفوسفور. الفوسفور هو مكوّن لأدينوسين ثلاثي الفوسفات (Adenosine Triphosphate) (ATP)، الذي هو نتاج تحوّل الطاقة أو نقلها أثناء عملية التركيب الضوئي (Photosynthesis) والتنفّس. بالإضافة إلى ذلك، الفوسفور مكوّن في الدهون، والكربوهيدرات، والبروتينات، والأنزيمات (Enzymes)، والأنزيمات المساعدة، ومواد الأيض النباتي. يتركّز الفوسفور في أجسام النباتات في الأطراف النامية من البراعم والجذور حيث يحدث انقسام الخلايا (الشكل 8.3). قد يكون الفوسفور أكثر تركيزاً 100 مرة في الخلايا المنقسمة من الخلايا المحيطة بها.

آثار الفوسفور في نمو النباتات وجودتها

يميل تسميد النباتات بالفوسفور إلى تحقيق توازن بين بعض التأثيرات التي قد تحدث نتيجة التخمير بالنيتروجين. التخمير بالفوسفور يزيد من قوة السيقان عن طريق زيادة سماكة جدران الخلية. تعزيز جدران الخلية يزيد مقاومة النباتات للأمراض. معدّل نضوج المحاصيل يتسارع بتسميد الفوسفور، مما يؤدّي إلى حدّ ما ولكن ليس تماماً، إلى التعويض عن التأخير في النضوج الناتج من التخمير بالنيتروجين. يحفّز الفوسفور تنمية الجذر الأفقي (التفريع). تنتشر الجذور في مناطق التربة الغنية بالفوسفور نتيجةً للتوافر العالي للفوسفور وتحفيز انقسام الخلايا. قد لا يتغيّر طول الجذور الأساسية بتسميد الفوسفور لأن الآثار هي أساساً في تنمية فروع الجذور فقط.



الشكل 8.3 مخطّط النبات، يوضح النقاط النامية من البراعم والجذور التي يتركز فيها الفوسفور.

الفوسفور ضروري للنباتات المزهرة. في حالة نقص الفوسفور، سيضعف حجم الزهور وتقل وِفرتها. الإمداد بالفوسفور للنباتات المحتاجة لها يزيد الإزهار، ولكن بمجرّد تحقُّق كفاية الفوسفور، لن تزيد زيادات أخرى في التخمير

بالفوسفور الإزهار. إذا تم الحدّ من الإزهار بسبب فائض الإمدادات بالنيتروجين، فإن التخمير بالفوسفور عموماً لن يعكس هذا التأثير. النباتات بحاجة للوقت لدخول المرحلة الإنجابية والبدء بالإزهار.

أعراض نقص الفوسفور في النبات

تنمو النباتات التي تفتقرُ إلى الفوسفور ببطء. عندما تكون في المراحل المبكّرة من الحاجة (النقص) يكون لونها، أخضر داكناً، وغالباً رمادياً – أخضر أو أزرق – أخضر. هذه الألوان أخضر – داكن أو المخضر هي نتيجة لتوقّف النمو حيث تتركّز الصبغة الخضراء في الأوراق التي تبقى صغيرة. يصعب تشخيص نقص الفوسفور بالتعرّف على التقزّم، ما لم تتوافّر نبتة مغذاة جيداً كمرجع، لأنه باستثناء الحجم، النبتة المتقزّمة نتيجة القصور غالباً ما تبدو طبيعية. سِمَة من السمات الأكثر لفتاً والتي تحدث مع تقدّم النقص هي تحوّل لون الأوراق إلى أرجواني. الأوراق الأكبر سناً، حتى أوراق الشتلات الناشئة، تظهر أرجوانية، ولا سيّما الجهة السفلى للأوراق. كلما أصبح النقص أكثر شدة، تصبح الأوراق السفلى صفراء، ثم تصبح بنية ومن ثم تتساقط. لا تظهر هذه الأعراض على كل النباتات؛ على سبيل المثال، مع الخيار، النباتات تتقزّم، ولكن لا تصبح ألوان الأوراق السفلى قريبة من الأخضر أو الأحمر. بدلاً من ذلك، تموت الأنسجة في قاعدة الأوراق قرب السويقات (Petioles) أو على طول هوامش الأوراق. تجفّ هذه الأنسجة وتنهار مع تقدّم القصور.

الفوسفور عنصر متنقّل في النباتات. إذا تمّ استنفاذ الإمدادات بالفوسفور في التربة، ستقوم النباتات بنقل الفوسفور من الأوراق السفلى إلى المناطق النامية أو إلى الزهور، والفواكه، والبذور. وهكذا، فإن الأعراض تكون أكثر انتشاراً في أوراق النباتات القديمة السفلى.

يزيد الطقس البارد من احتمال نقص الفوسفور. في التربة الباردة، يكون الفوسفور قابلاً للذوبان بشكل محدود، وعلاوة على ذلك، ويصبح امتصاصُه في النباتات بطيئاً. الشتلات الفتية التي تبدأ غالباً ما تُصبح باردةً. تظهر هذه الشتلات متقزِّمة وأرجوانية. تسخين الشقق، واستخدام أسمدة الفوسفور، أو اتخاذ كِلا

الإجرائين عادة ما يتغلّب على القصور. النباتات التي تتم زراعتها في الهواء الطلق، كثيراً ما تُظهر أعراض نقص الفسفور في الطقس البارد. ينبغي أن تكون زراعة المحاصيل المبكّرة في الحقل أو الحديقة مسمّدة جيداً بالفوسفور. في أوائل فصل الربيع، تكون التربة باردةً، وجذور النباتات متفرّقةً، ويتحرّك الفوسفور ببطء في التربة. تحدّ هذه الظواهر من توافر الفوسفور للنباتات. وفرة الفوسفور ضرورية لضمان أن يحصل هذا المحصول الناشىء على التغذية الجيّدة. بالتالي، من المهم أن يتمّ كامل تسميد المحاصيل بالفوسفور [مبكراً] في وقت الزراعة. تضمن هذه الممارسة إمدادات وفيرة، ومركّزة بالفوسفور تكون متاحة للنباتات الفتية ذات الجذور المتفرّقة في التربة الباردة. أيضاً، يُثبّت الفوسفور بسهولة في التربة بحيث يصبح غير متوافّر بشكل كبير في التربة للنباتات مع مرور الوقت. إذا تمّ وضع الفوسفور بعيداً عن الجذور، قد يثبَّت قبل أن تنمو الجذور وتصل إلى المنطقة المسمّدة. خلافاً لبعض المعتقدات، كلّما وُجدت أسمدة الفوسفور لفترة أطول في التربة، أصبح الفوسفور أقل توافراً للنباتات.

من الصعب تصحيح نقص الفوسفور في النبات. من الصعب إدخال الفوسفور إلى النباتات التي تفتقر إلى الفوسفور. تنقّل الفوسفور في التربة مقيَّد بواسطة كيمياء الفوسفور في التربة. لا يمكن أن ينتقل الفوسفور سوى بضعة سنتيمترات من نقطة تطبيقه. وقد لا تصل التطبيقات السطحية من الفوسفور إلى جذور النباتات النامية سابقاً في التربة. ومع ذلك، إذا كان الفوسفور متاحاً بسهولة في بداية موسم النمو، ستمتصّ النباتات الفوسفور بما يزيد على احتياجاتها في ذلك الوقت. لاحقاً، مع نمو النباتات، يمكن أن ينتقل هذا الفوسفور المتوافر لمناطق النبات التي هي بحاجة إليه.

كميات الفوسفور التي تتطلّبها المحاصيل

يختلف امتصاص المحاصيل لكميات الفوسفور من التربة. كما هو الحال مع النيتروجين، فإن الكميات الممتصّة تتصل بإنتاجية المحاصيل. المحاصيل العالية الغلة، سريعة النمو، وتلك المزروعة بكثافة تمتصّ الفوسفور بشكل أكبر من المحاصيل المنخفضة الغلة، والبطيئة النمو، والمزروعة بكثافة محدودة.

امتصاص الفوسفور هي نحو ربع امتصاص النيتروجين. تتراوح تركيزات الفوسفور في أوراق المحاصيل المزروعة في الحقل مع التغذية الكافية من 0.2% إلى 0.5% من وزن الأوراق الجاف. عادة ما تشير تركيزات أقل من 0.15% إلى ظروف نقص بالفوسفور. تحدث التركيزات الأعلى من 0.5% في النباتات التي نمت في الزراعة المائية، وفي التربة المسمدة جيداً، أو في المادة الوسيطة العضوية. وفي ما يتبع، بعض التقديرات التقريبية لاستهلاك الفوسفور من قِبل النباتات وفقاً لاحتمالات مردود إنتاجها أو لنمو النبات.

الطلب المرتفع على الفوسفور

امتصاص أكثر من 30 رطلاً من الفوسفور الفعلي لكل فدان (0.75 رطل P لكل 1000 متر مربع). المحاصيل العالية الغلة، والمزروعة بكثافة، التي تنمو بسرعة:

الذرة

الكرفس

البطاطا

الطماطم

الخيار

الأعلاف

القطن

الحبوب (الغلة العالية)

الطلب المعتدل للفوسفور

امتصاص ما بين 15 و30 رطلاً من الفوسفور الفعلي للفدان الواحد (0.38 إلى 0.75 رطل P لكل 1000 قدم مربع). المحاصيل ذات مردود الإنتاج المعتدل:

معظم محاصيل الخضار

فول الصويا

حبوب الذرة السورغوم (Sorghum)

الحبوب الحبيبية (المحاصيل المنخفضة أو المتوسطة المردود)

الطلب المنخفض على الفوسفور

أقل من 15 رطلاً من الفوسفور الفعلي لكل فدان (0.38 رطل P لكل 1000 قدم مربع). المحاصيل المنخفضة مردود الغلة، والبطيئة النمو، والمزروعة بكثافات محدودة.

الفلفل

بساتين الفاكهة

حبوب اللوبياء والفاصوليا والفول (Beans)

التخمير بالفوسفور الذي يزيد قليلاً على احتياجات المحاصيل يضرّ قليلاً بالمحاصيل عموماً. الاستهلاك الكمالي، المعروف بتراكم الفوسفور أكثر من احتياجات المحاصيل من دون أي تأثير على النمو، نادراً ما يحدث. ومع ذلك، في بعض المحاصيل، الفوسفور المفرط في التربة يرتبط بحدوث قصور، [لعناصر] مثل الزنك أو الحديد. هناك اقتراح بأن ارتفاع مستويات الفوسفور في التربة يحافظ على الزنك أو الحديد في المركبات المعقدة محدودة القابلية للذوبان، ويحصر توافر هذه المواد المغذية للمحاصيل. ارتبطت تراكمات عالية من الفوسفور في النباتات مع انخفاض توافر الزنك أو الحديد في الأيض، ومع ظهور أعراض نقص الزنك أو الحديد.

بسبب انخفاض كمية رشح الفوسفور في التربة، يمكن أن يتراكم الفوسفور مع التطبيقات المتكرّرة من الأسمدة للأراضي. إذا كشفت اختبارات التربة تركيزات عالية من الفوسفور المتاح، ينبغي على المزارعين النظر في عدم إضافة أي أسمدة فوسفور إضافية إلى موسم زراعة المحاصيل الجاري على الأقل. في التربة الرملية، تطبيقات الفوسفور التي تتجاوز المعدلات الزراعية، ولا سيّما مع الأسمدة الزراعية، ارتبطت برشح الفوسفور في طبقات التربة التحتية أو إلى المياه

الجوفية. في التربة ناعمة النسيج (التربة الطينية أو الغريني (Silty))، قد يكون الرشح معدوماً، ولكن قد تحدث خسائر في الجريان السطحي للمياه و التآكل [التعرية]. عادةً ما يحمل التآكل [للتربة] الجسيمات الدقيقة بعيداً عن التربة أكثر من الجسيمات الخشنة، مما يؤدّي إلى إمكانية كبيرة لنقل الفوسفور من الأرض. هذه الخسارة في الجسيمات الدقيقة لا تستنفذ الفوسفور من الأراضي فقط، ولكن الجسيمات الفوسفورية قد تدخل المسطّحات المائية وتُثري الرواسب بالفوسفور، مما يعزّز نمو النباتات والطحالب في الماء.

تركيزات الفوسفور في الأسمدة

تتراوح تركيزات الفوسفور في الأسمدة من نحو 1 إلى أكثر من 50% على شكل أكسيد (P_2O_5). قد تكون المواد التي تحتوي على أقل من 1% P_2O_5 منخفضة جداً بالفوسفور لتكون ذات قيمة كسماد لتطبيق واحد. ترد تركيزات الفوسفور لبعض الأسمدة العضوية والكيميائية المشتركة، على شكل P_2O_5 و P فعلي، في (الجدول 7.3).

صخور الفوسفات هي خام من أصل بيولوجي بحري. ولدى الولايات المتحدة رواسب كبيرة من الفوسفات الصخري، مما يجعل الولايات المتحدة واحدة من المنتجين الأوائل لأسمدة الفوسفور في العالم.

الجدول 7.3

تركيزات الفوسفور في الأسمدة الشائعة

الأسمدة	تركيز الفوسفور (%)		* التوافر النسبي
	P_2O_5	P **	
	العضوية		
الفوسفات الصخري	30	13	منخفض جداً
الفوسفات الصخري الغرواني (Colloidal)	20	9	منخفض جداً
الخبث أو الركام الأساسي	10	4	معتدلة
سماد العظام	23	10	متوسطة

الروث	1	0.4	معتدلة
السماد، المجفّف	1	0.4	معتدلة
الكيميائية			
السوبرفوسفات العادي	20	9	عالية
السوبرفوسفات الثلاثي	45	19	عالية
الفوسفات الثنائي الأمونيوم	52	22	قابل للذوبان في الماء

* إفراز الفوسفور النسبي من السماد بواسطة الحل أو بواسطة التمعدن.

** P الفعلية؛ $P; 0.44 \times P_2O_5$

لدى الصين وأفريقيا الغربيّة [بما في ذلك المغرب] وغيرها من مناطق العالم ترسبات كبيرة من الفوسفات الصخري وهي حالياً أو من المحتمل أن تكون من المنتجين الرئيسيين لأسمدة الفوسفات. وقد تمّ حفر واستخراج الفوسفات الصخري في الولايات المتحدة منذ نحو عام 1867، بدءاً بالترسبات الموجودة في ولاية كارولينا الجنوبية. ويأتي الفوسفات المطبّق على الأرض حالياً إلى حدّ كبير من الترسبات الموجودة في فلوريدا، التي تستأثر بنحو 87% من تعدين الفوسفات في هذا البلد. وولاية كارولينا الشمالية، وإيداهو، وولاية يوتا (Utah) فيها أعمال تعدين نشطة أيضاً.

للفوسفات الصخري، في ذاته، قابلية منخفضة جداً للذوبان في الماء. إنه يشبه كيميائياً مينا الأسنان (Enamel). على الرغم من أن الفوسفات الصخري مركز، بنحو 30% من المجموع P_2O_5، ولكن P_2O_5 المتاح يشكّل نحو 3% أو أقل من الكتلة فقط. الفوسفات الصخري هو المصدر التي تصنع منه أكثر الأسمدة الكيميائية المحتوية على الفوسفور من خلال معالجة الخام بالأحماض لإنشاء السوبرفوسفات.

الفوسفات الصخري الغروي (Colloidal) هو سماد بنوعية أدنى من الفوسفات الصخري الطبيعي العادي. بعض مناجم الفوسفات الصخري العادي قد نفذت، أو قد أصبحت غير اقتصادية للعمل بها حيث أصبح الفوسفات الصخري اللولبي من فلوريدا هو المصدر المهيمن للفوسفات الصخري في السوق.

بعد وصول الفوسفات الصخري إلى مصنع أسمدة، تتم معالجته بالماء لإزالة الرمال والطين. تُجرف الرمال بعيداً بدوامة مياه، ويبقى مزيج من الفوسفات الصخري والطين فقط. تتم إزالة الطين بالسماح له بالارتفاع إلى مستوى حوض الترسب، حيث يتم كشطه من سطح الماء، أو يجوز للمزيج أن يترسب أيضاً في البرَك. تلتصق الجسيمات الدقيقة من الفوسفات الصخري بالطين. يسمّى هذا الخليطُ الفوسفات الصخريّ الغروي. مصطلح الغروي يشيرُ إلى الطين في المنتج، ولا يعني أن المواد متفوّقة على الفوسفات الصخري الطبيعي العادي بسبب حجم الجسيمات الدقيقة. في الواقع، يخفّف الطينُ تركيز الفوسفور ولا يُحَسِّن توافره. يحتوي الفوسفات الصخري الغروي نحو 20% P_2O_5 من المجموع مقارنة بنحو 30% P_2O_5 من إجمالي في الفوسفات الصخري العادي. الفوسفات الصخري الغروي يشار إليه أحياناً بفوسفات الصخور اللينة. هذا المصدر ليس ليّناً أكثر من الفوسفات الصخري العادي لأنهما لديهما التركيبة الكيميائية نفسها في المركبات الأساسية الحاملة للفوسفات.

يجب إيلاء اهتمام كبير لاستخدام الفوسفات الصخري العادي أو الغروي لضمان إفراز الفوسفور، ويجب اتباع الخطوات التالية في استخدام الفوسفات الصخري؛ و إلّا، لن يكون لتطبيقات الفوسفات الصخري للأرض أيّة منافع زراعية أو قد تكون منافعه قليلة.

1. يجب أن تكون الصخور ناعمة ومختلطة بالكامل مع التربة. جسيمات الصخر بحجم الطمي ضرورية لإعطاء الاتصال الوثيق بين التربة والصخور وزيادة تجوية الصخور في التربة. إذا كانت الجسيمات رملية الحجم، فسوف يذوب القليل من الفوسفور من السماد، وستكون التغذية النباتية ضعيفة.

2. ينبغي أن تكون التربة حمضية. ويوصّى بـ [مؤشر حمضي] «pH 5.5». ويساعد هذا الحمض على إذابة الصخور، مما يجعل الفوسفور الذي في داخلها متاحاً أكثر للنباتات. الأحماض في التربة تحوّل الصخور إلى نموذج مماثل للسوبرفوسفات. لكن، في التربة الأكثر حموضة، قد تكون نسبة الحديد والألمنيوم مرتفعة جداً في المحلول مما يرسّب الفوسفات من محلول التربة، ما يجعل الفوسفور غير متوافر للنباتات قبل أن يتم نقله إلى منطقة تنمو فيها جذور

النباتات. وجذور النباتات التي تنمو في منطقة الفوسفور المثبت لن تكون قادرة على امتصاص الفوسفور المثبت.

3. ينبغي أن تضاف الموادّ العضوية مع الفوسفات الصخري. يبدو أن أي نوع من المواد العضوية النباتية المنشأ تعمل من أجل زيادة قابلية ذوبان الفوسفات الصخري. ينتج تحلّل المواد العضوية الأحماض التي تساعد على ذوبان الفوسفات الصخري. تشكل المواد العضوية كلابيات (Chelates) (أشكال عضوية معقدة) مع الحديد والألمنيوم، بحيث لا يتفاعل الحديد والألمنيوم مع الفوسفات لتشكل أحياناً رواسب شحيحة في قابليتها للذوبان، وهذا يساعد على إبقاء الفوسفور في المحلول. ينبغي أن تضاف المواد العضوية بنحو 1 رطل للقدم المربعة من الأراضي. يمكن أن يخلط الفوسفات الصخري مع سماد المزرعة بنحو 50 رطلًا من الفوسفات الصخري للطن الواحد من السماد العضوي. تُثري الصخور السماد العضوي بالفوسفور، وتيسّر الأحماض في السماد العضوي تحلّل الصخور. إضافة الفوسفات الصخري والسماد الطبيعي معاً إلى الأرض يساعد على إبقاء الفوسفور متاحاً للنباتات.

4. ينبغي تطبيق الفوسفات الصخري بكميات تكون مرتين أو أربع مرات أو حتى تصل إلى 10 مرات أكثر من التوصيات لتطبيق الفوسفور التي يشار إليها باختبارات التربة للأسمدة الكيميائية، للسماح بانخفاض توافر الفوسفور في الفوسفات الصخري. توافر الفوسفور من الفوسفات الصخري منخفض جداً بحيث تكون هناك حاجة لتطبيقات بكميات أعلى من المُوصى بها لازمةٌ لضمان التغذية النباتية الملائمة. على سبيل المثال، على الرغم من أنه قد يكون مجموع P_2O_5 في صخرة الفوسفات 30% من الوزن، تكون كتلة P_2O_5 المتاح نحو 3% فقط. الفوسفات الصخري الغروي، يكون P_2O_5 المتاح نحو 2%. الفوسفات الصخري قد يكون مصدراً غير مكلف نسبياً للفوسفور، ولكن الشرط أن يكون تطبيقه بكميات كبيرة قد يقضي على منافع الثمن الرخيص.

ركام أو خبث (Slag) المعادن الأساسية هو منتج ثانوي من حديد الصبّ (Cast) ومن إنتاج الفولاذ من خامات الحديد التي تحتوي على الفوسفور. وضعت إجراءات صنع الفولاذ والحديد الصبّ من هذه الخامات في إنجلترا في نحو عام 1877. يزال الفوسفور من الحديد المنصهر أثناء صناعة الحديد الصب

والفولاذ، لأن وجود الفوسفور يضعف هذه المنتجات. لإزالة الفوسفور، يصهر الحجر الكلسي والحديد الخام في سخان مفتوح. يتفاعل الحجر الكلسي مع الفسفور في المعدن الخام، وهذا المنتج يصبح أخفّ من الحديد فيطفو أعلى الكتلة المنصهرة بحيث يمكن سكبه للخارج كخبث أو ركام المعدن. يُطحن الخبث المبرّد ليصبح بودرة ناعمة لإنتاج السماد. الخبث الأساسي هو أسمدة ممتازة ذات قيمة متساوية تقريباً مع السوبرفوسفات العادي. الخبث الأساسي هو منتج شحيح، عادةً ما يكون متاحاً فقط على مقربة من مصانع الفولاذ التي تستخدم نظام السخان المفتوح. العديد من مصانع الفولاذ تخزن الخبث لحسابها، ولا تقدّمها كمواد للبيع.

الخبث الأساسي مادة قلوية (Alkaline)، لديها تجيير معادل لنحو 70% من تجيير الحجر الكلسي الزراعي. يمكن تطبيق الخبث الأساسي بخلطه مع التربة أو بواسطة تطبيقات مندمجة على طول صفوف المحاصيل في الزراعة. المواد العضوية تزيد من توافر الفوسفور من الخبث. ينبغي أن تكون pH التربة نحو 6.0.

يكون سماد العظام تقريباً بنفس فعالية السوبرفوسفات العادي كمصدر للفوسفور. عرفت قيمة العظام كسماد تقريباً منذ أن بدأ الناس بالزراعة. نُسبت الفوائد الزراعية من العظام بدايةً إلى الدهون والجيلاتين في العظام. وقد تم اكتشاف الفوسفور كعنصر نحو عام 1669 في ألمانيا، وعلى مدى السنوات الـ 100 اللاحقة، ظهر الفوسفور على أنه مكون للعظام. وقد عرف عندها أن قيمة العظام في الزراعة كانت في محتواها من الفوسفور. أصبحت العظام كسماد شائعةً جداً في إنجلترا بحيث سرعان ما استنفذ الإمداد المحلي الأساسي، ويتم العظام استيرادها من أي مصدر متاح.

ينتج سماد العظام بالغليان وتبخير العظام الخام لإزالة الدهون، ومن ثم طحن العظام. أغلب العظام هي من المذابح. تُطحن العظام بشكل ناعم لصنع الأسمدة. سماد العظام المبخّر خالٍ تقريباً من النيتروجين. سماد العظام الخام قد يحتوي على نحو 4% نيتروجين، ولكن ينبغي تجنّبه لأسباب صحية. معظم سماد العظام الذي يتم تسويقه مبخّر. يمكن تطبيق سماد العظام على التربة بالخلط أو ضمن نطاقات على طول الخطوط. تساعد المواد العضوية أيضاً على تحسين توافر الفوسفور بها. ينبغي أن يكون pH التربة نحو 6.0 للحدّ من تثبيت الفوسفور.

المواد المشتقّة من النباتات، مثل الروث والأسمدة، منخفضة جداً بالفوسفور لتستخدم وحدها كأسمدة فوسفور في التربة الفقيرة. بعد أن يتمّ رفع مستويات الفوسفور في التربة بالتخمير، يمكن استخدام المواد النباتية للحفاظ على خصوبة الفوسفور في التربة. الروث والأسمدة تُغنى بالفوسفور في كثير من الأحيان بخلطها مع الفوسفات الصخري أو سماد العظام بنحو 50 رطلاً من الأسمدة للطن الواحد من الروث أو السماد الطبيعي. التطبيقات الطويلة الأجل من الأسمدة الزراعية بمعدلات تفوق الاحتياجات الزراعية تلبية لاحتياجات المحاصيل للفوسفور يمكن أن تؤدّي إلى تراكم الفوسفور في التربة. في التربة الرملية، قد يرشح الفوسفور في التربة وإلى المياه الجوفية في ظلّ الظروف التي تؤدّي إلى مستويات عالية من تراكم الفوسفور. وقد يكون الفوسفور العضوي في الأسمدة الطبيعية والروث أكثر تنقّلاً في التربة من الفوسفور ذي المصادر المعدنية.

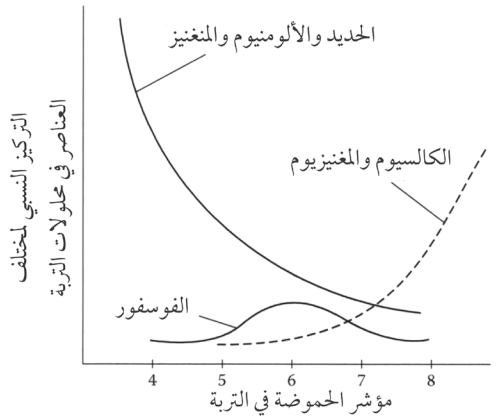
يتم تصنيع سوبرفوسفات بمعالجة الفوسفات الصخري بالأحماض. المعالجة بالحمض تنتج مركبات يكون الفوسفور متاحاً فيها أكثر من ذلك الموجود في الفوسفات الصخري، لكنه ليس بالضرورة أكثر تركيزاً. ليبيغ جرّب علاج العظام بحمض الكبريتيك نحو عام 1840. في عام 1842، حصل جون ب. لوز وجوزيف هـ. جيلبرت (Joseph H. Gilbert) من «محطة روثماستد للتجارب» (Rothamsted Experiment Station) في إنجلترا على براءة اختراع لهذه العملية. وفي وقت لاحق، أدّى علاج الفوسفات الصخري بحمض الكبريتيك لتطوير صناعة السوبرفوسفات. الإجراءات نفسها التي يقدمها حمض الكبريتيك تحدث بصورة طبيعية في التربة الحمضية، وفي السماد الطبيعي أو الروث، ولكن هذه العملية أبطأ بكثير وغير مكتملة كتلك التي تحدث في تصنيع السوبرفوسفات. نظراً لأن الفوسفات الصخري قد عولج كيميائياً بحمض الكبريتيك، لا يعتبر السوبرفوسفات سماداً عضوياً.

يتم إنتاج السوبرفوسفات العادي بعلاج الفوسفات الصخري بحمض الكبريتيك. السوبرفوسفات الثلاثي، يسمّى أحياناً بالسوبرفوسفات المركّز، يصنع بمعالجة الفوسفات الصخري بحمض الفوسفوريك، الذي يتم تصنيعه أيضاً من الفوسفات الصخري. بين الأسمدة التجارية، السوبرفوسفات الثلاثي هو المادة المهيمنة بسبب تركيزه العالي بالفوسفور وتكاليف الشحن القليلة نسبياً لكل وحدة فوسفور.

يصنع الفوسفات بالأمونيا من تفاعل السوبرفوسفات مع الأمونيوم. الفوسفات الثنائي الأمونيوم سهل الذوبان في الماء. إنه مكوِّن للعديد من الأسمدة المركّزة القابلة للذوبان في الماء المستخدمة في إنتاج محاصيل البيوت البلاستيكية وفي محلول الأسمدة. الأسمدة الشائعة للزراعة المنزلية تحتوي على الفوسفات الثنائي الأمونيوم.

امتصاص الفوسفور من الأسمدة

تمتص المحاصيل أقل من 20% من الفوسفور المتاح من الأسمدة في السنة الأولى التالية للتطبيق. تمتص المحاصيل المتتالية نسبة أقل، وربما 4% فقط في السنة الثانية وأقل من 1% بعد ذلك، على فرض أنه تم امتصاص 20% في السنة الأولى.



الشكل 9.3 احتمالات تغيّر تركيزات الفوسفور، والحديد، والألمنيوم، والكالسيوم، والمغنيسيوم في محلول التربة، كدالة لحموضة التربة (pH).

قد ينخفض الامتصاص في السنة الأولى ويصل إلى 3% في بعض أنواع التربة. يتم تثبيت الفوسفور في التربة المعدنية من قبل الألمنيوم، والحديد، والمنغنيز، والكالسيوم أو المغنيسيوم غير العضوية، التي تتفاعل مع الفوسفات لتشكّل مركبات قابلة للذوبان بشكل محدود. يحدث التثبيت في غضون أيام قليلة. يتوافر أكبر قدر من الفوسفور في التربة عند مؤشر الحموضة 6.5، أو في الحيز من 6 إلى 7، حيث تكون قدرة التربة على تثبيت الفوسفور منخفضة. عند هذا القيمة للمؤشر

الحمضي، يكون الألمنيوم، والحديد والمنغنيز والكالسيوم القابلة للذوبان بتركيزات منخفضة نسبياً، وينخفض تثبيت الفوسفور بالأكسدة إلى حدّ كبير.

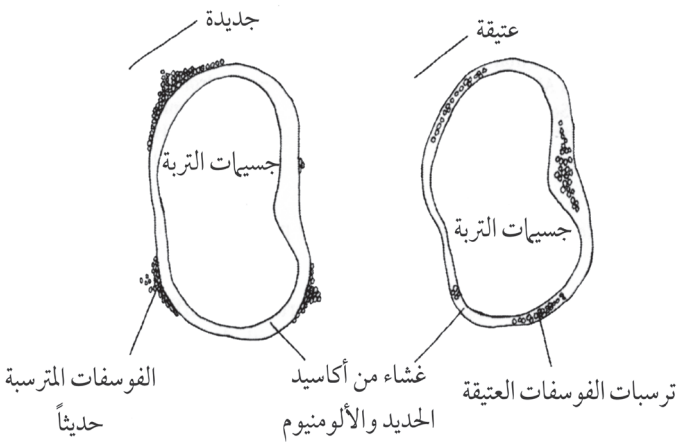
في التربة المعدنية الحمضية، أدنى من مؤشر حمضي pH 5.5، تزداد أيونات الألمنيوم، والحديد، والمنغنيز القابلة للذوبان في محلول التربة (الشكل 9.3). تتفاعل هذه الأيونات مع الفوسفات القابل للذوبان وترسبه فوراً، ما يجعل الفوسفور نهاية المطاف غير متوافر للنباتات. كما يثبَّت الفوسفور أيضاً بأكاسيد الألمنيوم والحديد والمنغنيز في التربة الحمضية. تغطي هذه الأكاسيد الطين والجسيمات الأخرى (الشكل 10.3). قد يتجاوز تثبيت الفوسفور الكلي بهذه الأغطية ذلك الذي يحدث من الألمنيوم، والحديد، والمنغنيز القابلة للذوبان. قد يحدث التثبيت بأكاسيد في تربة ذات مؤشر حمضي محايد.

عند مؤشر حمضي أعلى من 6.5 إلى 7، تزيد حدّة التثبيت بالكالسيوم. كربونات الكالسيوم (الجير) في التربة القلوية، هي السبب السائد الذي يجعلها قلوية. في هذه التربة، يتفاعل الفوسفات والكالسيوم ليُنتجا فوسفات الكالسيوم القابلة للذوبان. تكون هذه الفوسفات عموماً قابلة للذوبان بما يكفي لتلبية متطلبات النباتات من الفوسفور، بينما فوسفات الحديد والألمنيوم ليست كذلك.

تنقسم الفوسفات المرسّبة حديثاً من الألمنيوم والحديد والمنغنيز والكالسيوم بدقة. وبالتالي توجد رواسب جديدة من الفوسفات على الأكاسيد على سطح الجسيمات. في كل حالة من هذه الحالات، تكون المناطق السطحية من الفوسفات المترسّب عالية، بحيث قد يكون توافر الفوسفات المترسّب كافياً لدعم نمو المحاصيل. مع مرور الوقت، تحدث التغييرات في الرواسب بحيث يصبح الفوسفور متوافراً بشكل أقل مما كان عليه في الرواسب الأصلية. وتشكّل المركبات المترسّبة البلورات الكبيرة، مما يقلّل من مساحاتها السطحية ومن توافر الفوسفور المترسب (الشكل 10.3).

يرحل الفوسفات المترسّب على سطح الأكاسيد أكثر عمقاً داخل الأكاسيد، ويترك القليل من الفوسفور قرب سطح الجسيمات ويحدّ من توافره. كلما طال وجود الفوسفور في التربة، أصبح أقل توافراً بسبب دخوله إلى الأكاسيد وتكوين بلورات كبيرة. خلافاً لبعض المعتقدات، لا تضاف

أي ميزة عن طريق تطبيق الفوسفور جيداً قبل زراعة المحاصيل لفترة طويلة لأن الفوسفور يصبح أقل توافراً كلما طال وجوده في التربة. ينبغي أن يحدث تسميد الفوسفور الكامل للمحاصيل في وقت زراعة المحاصيل.



الشكل 10.3 تمثيل (أ) رواسب جديدة من الفوسفات على سطوح جزيئات التربة و(ب) الرواسب المعمرة التي تصلّبت أو رحلت إلى داخل غطاء سطح الجسيمات.

زيادة توافر الفوسفور في التربة والأسمدة

يمكن تخفيض قدرة التربة الحمضية على تثبيت الفوسفور عن طريق تجيير التربة الحمضية. قد يقلّل تجيير التربة عند المؤشر الحمضي pH 4 إلى المؤشر الحمضي pH 6.5 ، تثبيت الفوسفور بمقدار النصف. يمكن التعبير عن هذا التأثير في تثبيت أبطأ للفوسفور من الأسمدة، وانخفاض في إجمالي قدرة التربة على تثبيت الفوسفور. زيادة توافر الفوسفور في التربة المجيّرة يعود في جزء كبير منه إلى تخفيض الألمنيوم والحديد القابلان للذوبان في المحلول (الشكل9.3 و11.3). يبقى للتربة المجيّرة قدرات هائلة لتثبيت الفوسفور، وقد تدعو الحاجة إلى اتخاذ ممارسات إضافية لتحسين توافر الفوسفور في التربة المعدنية.

إضافة المواد العضوية تزيد من توافر الفوسفور. تشكل نواتج المواد العضوية المتفككة نموذجاً معقداً، يسمّى كلابي، مع أيونات من الألمنيوم والحديد والمنغنيز

لربط أو عزل هذه الأيونات بحيث يخفّف تفاعلها مع الفوسفات (الشكل 12.3). نتيجة لذلك، يبقى الفوسفور في المحلول بوجود المواد العضوية أكثر مما في غيابها. الأحماض العضوية التي تنتُج أثناء تحلّل المواد العضوية تسهل أيضاً ذوبان الفوسفات الصعب الذوبان بشكل أساسي بتحويل المواد القابلة للذوبان بصعوبة إلى السوبرفوسفات. هذا الإجراء، في جمعه مع ربط الألمنيوم والحديد يزيد توافر الفوسفور المنقول بالتربة وببطء من مواد مثل الصخور.

تجيير التربة

الحديد والألمنيوم الحديد والألمنيوم

القابلان للذوبان في التربة + OH^- <-----> الحديد والألمنيوم المترسّبان

$[Fe(OH)_3$ and $AL(OH)_3]$ $[Al^{+++}$ and $Fe^{+++}]$

الشكل 11.3 إزالة الحديد والألمنيوم من محلول التربة بالترسب عن طريق تجيير التربة.

تطبيق المادة العضوية وجمعها مع التجيير قد يزيد توافر الفوسفور من الأسمدة أكثر من تطبيق إحدى المواد منفردة. يقلّل التجيير من الألمنيوم، والحديد، والمنغنيز، القابلة للذوبان، والمواد العضوية تجمع وتعقّد بعض الأيونات التي تدخل المحلول بحيث يتم تقليل قدرة تثبيت التربة بشكل ملحوظ.

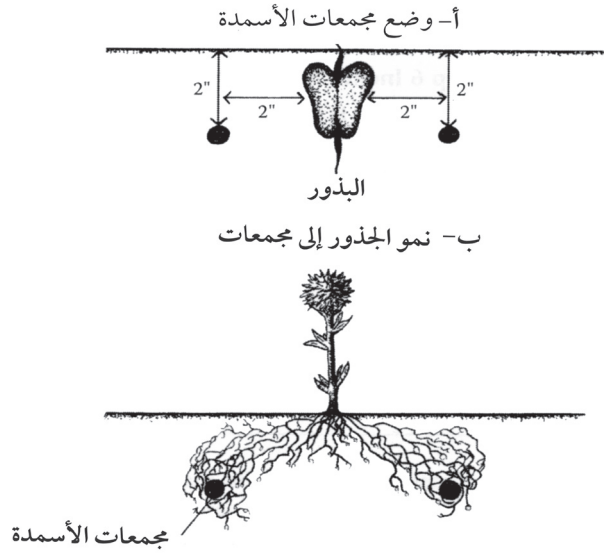
يؤثر الفوسفور الناتج من المواد العضوية في التربة أكثر من الفوسفور في المواد غير العضوية، بحيث تكون الأسمدة العضوية، مثل الأسمدة والروث، أكثر فائدة في التربة المجيّرة مما في التربة الشديدة الحموضة.

الفوسفات الصخري، على الرغم من أنه يتطلّب أحماض التربة ليتحلّل، لا يعمل جيداً في التربة الشديدة الحموضة. في التربة حيث المؤشر الحمضي pH تحت 5، تكون تركيزات الألمنيوم والحديد عالية جداً لدرجة أن أي فوسفور يذوب من الصخور يترسّب قبل أن يتمكّن من التنقّل مسافة كافية في التربة لتحصل عليه جذور النباتات.

يتحرّك الفوسفور من حبيبات الأسمدة الكيميائية إلى مسافة قصيرة فقط في التربة – أقل من سنتيمتر عن الحبيبة – قبل أن يترسّب. لتفادي التفاعل السريع للفوسفور مع التربة، توضع الأسمدة الكيميائية – وحتى وجبات العظام أو الخبث (الركام) الأساسي – ضمن مجمعات محلية قرب جذور النباتات (الشكل 13.3).

(أ) التربة الحمضية				
أيونات الألمنيوم والحديد (Al^{3+} & Fe^{3+})	+	أيونات الفوسفات ($H_2PO_4^-$ وأخرى)	←	القابلة للذوبان بصعوبة AlFe فوسفات (P غير متوافر)
(ب) التربة الحمضية المعدلة بالمادة العضوية				
أيونات الألمنيوم والحديد (Al^{3+} & Fe^{3+})	+	مواد عضوية	←	شيلايت (Al^{3+} & Fe^{3+})
(Al^{3+} و Fe^{3+})	+	أيونات الفوسفات ($H_2PO_4^-$ وأخرى)	←	تفاعل محدود لـ (Fe^{3+} & Al^{3+}) مع الفوسفات

الشكل 12.3 تفاعل الحديد والألمنيوم في التربة الحمضية **(أ)** من دون إضافة المواد العضوية، و**(ب)**.



الشكل 13.3 رسومات تخطيطية لأماكن وضع الأسمدة **(أ)** في مجمعات 2 بوصة إلى الجانب و2 بوصة تحت البذور (أو الشتلة المزروعة) و **(ب)** انتشار الجذور بالقرب من مجمعات الأسمدة.

عادةً، يتمّ وضع هذه المجمعات بنحو 2 بوصة إلى الجانب و 2 بوصة إلى الأسفل من صف المحاصيل أو البذور في الزراعة. الأسمدة الكيميائية الحديثة هي كريات محبحبة أو على شكل حبيبات، حيث إنها تتدفّق بشكل أفضل ولا تتخثّر. علاوة على ذلك، تخفّض الكريات أو الحبيبات اتصال الفوسفور بالتربة حيث يقل التثبيت. لا يلزم تطبيق هذه الأسمدة بمجمعات. يجب أن يكون الفوسفات الصخري مطحوناً جيداً لا يوضع ضمن مجمعات. فوسفات الصخور قابل للذوبان بصعوبة لذا فإنه ينبغي أن يخلط جيداً في التربة لزيادة تفاعله من خلال الاتصال مع أحماض التربة.

مصير الفوسفور المثبت

الفوسفور الذي يتم تثبيته عادة لا يضيع من التربة. إنه لا يتسّرب إلى المياه الجوفية ولكن يبقى موجوداً في موقعه في التربة، ما عدا في الرمال أو في التربة القليلة الألمنيوم والحديد جداً. سوف تحافظ التربة المخصبة بشدّة على

فوسفورها، ما لم يأخذ التآكلُ التربة السطحية. فدّان من التربة الخصبة بالطبيعة قد يحتوي على 1600 رطل من الفوسفور في جزء الـ 6 بوصات العلوي. بعد سنوات من التخمير قد يتجمّع الفوسفور بما يزيد على 4000 رطل لكل فدان. يتوفّر هذا الفوسفور ببطء. إذا كان الاحتياطي من الإضافات السابقة كبير بما يكفي، قد يكون التخمير اللاحق غير ضروري، أو سوف يحتاج تطبيقات صغيرة من الفوسفور فقط. تعطي اختبارات التربة تقييماً جيداً لخصوبة التربة في ما يتعلّق بالفوسفور، وتوفّر أساساً جيداً للتوصيات لتطبيقات أسمدة الفوسفور.

الجدول 8.3

محتويات الفوسفور في أعلى 6 بوصات من فدان من التربة

مجموعة التربة الكبرى	ترتيب التربة	متوسط رطل P للفدان الواحد	عينات الموقع
بودزول	سبودوسول	620	MA, ME, MI, MN, PA
بودزول بني رمادي-	ألفيسول	1200	VA, DC, IN, OH, KY, MD
الأحمر والأصفر	أولتيسول	800	MS, AL, NC, GA, FL, TX, SC
مرج	مونيسول	1140	NE, lA, KA, MO
شمال شيرنوزيم	موليسول	1320	SD,NE, WE
جنوب شيرنوزيم	مونيسول	700	TX
البني الداكن و البني	مونيسول	1320	ND, NE, SD, WY

الصحراء	أريديزول	1740	NE, UT, OR

مقتبس من **التربة والرجال**، الكتاب السنوي للزراعة عام 1938، ص 381، وزارة الزراعة في الولايات المتحدة، واشنطن، العاصمة.

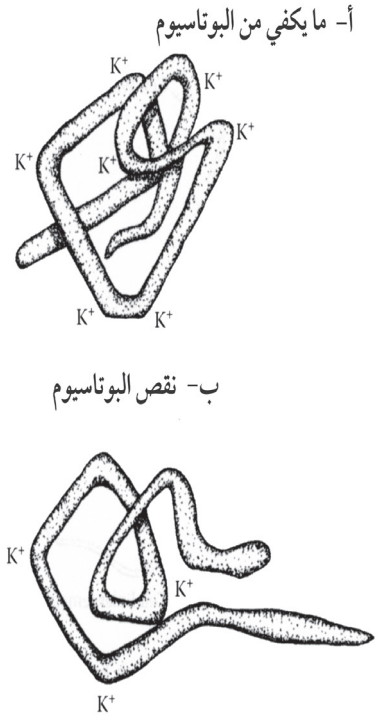
تكون بعض أنواع التربة ذات طبيعة أكثر خصوبة بالفوسفور من غيرها، ولكن حيز تركيزات الفوسفور في التربة غير المسمدة ليست كبيرة (الجدول 8.3). كمية صغيرة فقط من الفوسفور تكون متاحة في منطقة حراثة (6 بوصات العليا) التربة في أي وقت، عادة أقل من 1 رطل لكل فدان. في منطقة الحراثة، يكون ثلث إلى نصف الفوسفور موجود في المادة العضوية. في باطن الأرض، تحت منطقة الحراثة، يكون أقل من خمس الفوسفور موجود في المواد العضوية.

البوتاسيوم
وظائفه

يعود اكتشاف أهمية البوتاسيوم إلى الباحثيْن (ساكس وكنوب Sachs and) (Knop) اللذين زرعا النباتات في زراعات مائية في الستينات من القرن التاسع عشر. لكن مرّ نحو مئة عام قبل أن يتم تحديد وظائف البوتاسيوم في النباتات. على الرغم من أن البوتاسيوم يتراكم في النباتات بكميات تأتي عادة في المرتبة الثانية بعد النيتروجين فقط، من بين المواد الغذائية المستمدة من التربة، لكن دوره في عملية أيض النبتة كان صعب التحديد. يثبّت البوتاسيوم بروابط أيونية للمواد العضوية، ولكن على نقيض النيتروجين والفوسفور، لا يشكّل البوتاسيوم رابطاً مكافئاً لأي مركب عضوي في النبتة، مما يعني أساساً أنه ليس من عناصر أي أيض نباتي. وبسبب صعوبة تحديد دور مباشر للبوتاسيوم في عملية الأيض النباتية، ارتبطت أهميته ببعض العمليات كتركيب الكلوروفيل والكربوهيدرات المعقّدة والبروتينات. من المعروف حالياً أن البوتاسيوم أساسي لتركيب البروتين مع أنه ليس من مكوّناته. وتكون تأثيرات البوتاسيوم غير مباشرة في تركيب الكلوروفيل والكربوهيدرات وترتبط بدور البوتاسيوم في تركيب البروتين. والبوتاسيوم ضروري لتنشيط العديد من الأنزيمات في النباتات. الأنزيمات هي محفّزات

عضوية للأيض النباتي، والبوتاسيوم ضروري للحفاظ على هذه المحفزات في التركيبة الهيكلية المناسبة لنشاطها في الأيض النباتي. (لاحظ الشكل 14.3).

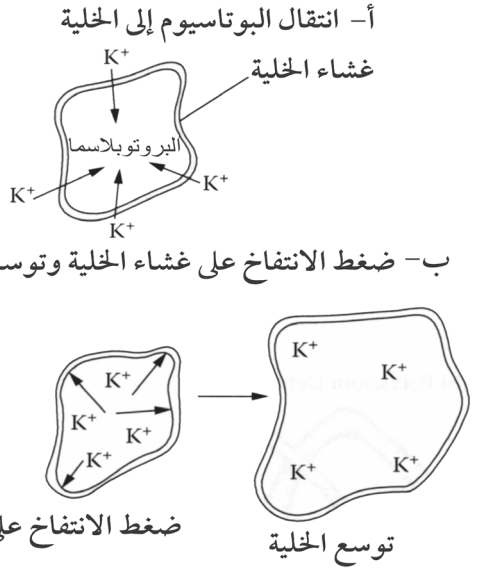
إن البوتاسيوم ضروري لنمو النبتة عبر توسع الخلية (لاحظ الشكل 14.3). حيث إن تراكم البوتاسيوم في عصير الخلية يحفز حركة الماء داخلها، وحركة الماء في الخلايا تسبّب قوة تسمّى ضغط التورّم التي بدورها تُبقي الخلايا متورمة. وضغط التورّم على جدران الخلية يمكّنها من التمدّد والنمو بالتوسّع. كما أن للبوتاسيوم دور في التحكّم في تبادل الغاز في النباتات. تتحرك الغازات إلى داخل وإلى خارج الأوراق عبر فتحات تسمّى بشرة الورقة. يتحكّم البوتاسيوم في قياس الفتحات عبر التأثيرات المتغيرة في ضغط التورّم في خلايا الحماية المحيطة بالفتحات كما يتحكّم في وتيرة انتشار الأكسجين وثاني أكسيد الكربون وبخار الماء من وإلى الأوراق.



الشكل 14.3 شكل **(أ)** انزيم (بروتين) محاط بإيونات البوتاسيوم (K^+) بشكل مطويّ ومحتفظ بالتكزين النشط. **(ب)** نقص بأنزيم البوتاسيوم وافتقار للتكوين النشط.

تأثير البوتاسيوم في نمو النبتة ونوعيتها

إن البوتاسيوم مطلوب لتنمية الفاكهة والبذور (لاحظ الشكل 16.3). فنقص البوتاسيوم يؤدّي إلى الحدّ من مردود محاصيل النبتة بسبب الحجم الصغير للفاكهة والبذور، وتعبئتها القليلة للحبوب، والنوعية الرديئة للمنتج (نفايات). حيث قد تتم عملية الإنضاج قبل أوانها. وفاكهة النباتات التي تعاني من نقص البوتاسيوم قد تكون سيئة الشكل. فعند نقص البوتاسيوم تفشل البذور في النمو المكتمل. حبوب القمح وغيرها من الحبوب التي ينقصها البوتاسيوم ستكون فقيرة التغذية وفارغة. إلا أن حبوب النباتات المكتفية بالبوتاسيوم تصبح ممتلئة بأوزان مقارنة كبيرة ومحتويات كربوهيدرات عالية. عرانيس الذرة التي ينقصها البوتاسيوم قد تمتلئ جزئياً قرب القاعدة دون أن تصل إلى الأعلى؛ وتسمّى بالعرانيس الفقيرة أو رأس البومة.



الشكل 15.3 دور البوتاسيوم في نمو النبتة بتوسع الخلايا الناتج من أيونات البوتاسيوم ودخول الماء في الخلايا لإنتاج ضغط التورم كقوة لتوسع الخلية.

إن البوتاسيوم الكافي مطلوب لكل الجذور والدرنات في المحاصيل. في المحاصيل التي ينقصها البوتاسيوم يكون نمو الجذور والدرنات ضعيف. كما

أن هذه الأعضاء قد تكون ضعيفة وغير سمينة ولديها ميول لتتعفّن وتظهر داكنة اللون. إن محتويات الفاكهة من السكر تزيد بالتخمير بالبوتاسيوم. ومتطلّبات البوتاسيوم للتنمية السليمة للفواكه والدرنات والجذور قادت الباحثين القدماء إلى اعتبار أن للبوتاسيوم دوراً في أيض الكربوهيدرات في النباتات.

إن جذور وسيقان النباتات التي ينقصها البوتاسيوم ضعيفة وهشّة. هبوط [الإقامة] (سقوط غير قابل للعكس) النباتات يكون كثيفاً في الذرة والحبوب التي ينقصها البوتاسيوم. تكون جذوع هذه النباتات ضعيفةً لأن جدران الخلايا لم تسمك بالتوسّع، والألياف والعناصر الداعمة للجذوع تنقصها القوة. قشرة ولبّ الساق يميلان للتفسّخ عند نقص البوتاسيوم مما يؤدّي إلى إضعاف دعم النبتة.

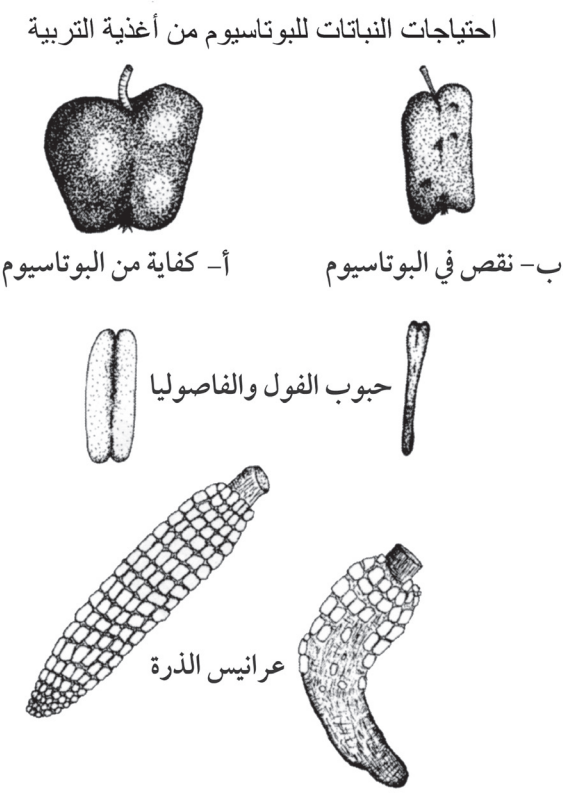
إن الجذور الداعمة للذرة التي تضيف بنقص البوتاسيوم تؤمّن القليل من الدعم للساق فقط. النباتات الضعيفة التي ينقصها البوتاسيوم تكون حساسة للإصابة بالأمراض. وفاكهة هذه النباتات قد لا تخزّن [محتوياتها] جيداً. تسميد هذه المحاصيل بالنيتروجين يزيد احتمال الإصابة بالأمراض وخصوصاً التعفّن.

إن جذور النباتات بكمية بوتاسيوم كافية تتغلغل في مساحة تربة أكبر من تلك الجذور التي ينقصها بوتاسيوم. لذلك فإن النباتات المدعّمة جيداً بالبوتاسيوم تكون أكثر مقاومة للجفاف من النباتات غير المشبعة بالبوتاسيوم.

أعراض نقص البوتاسيوم في النباتات

البوتاسيوم عنصر متنقّل في النباتات، وعندما يتم استنفاد البوتاسيوم المتاح في التربة، ينتقل البوتاسيوم من الأوراق القديمة إلى الأوراق الجديدة.

تظهر عوارض النقص على الأوراق القديمة بعد استنزاف البوتاسيوم من باقي الأعضاء. تبدأ هذه العلامات على شكل نقاط بيضاء أو بنية قرب الأطراف وعلى هوامش الأوراق (الشكل 17.3). ومع اشتداد نقص البوتاسيوم تظهر الأطراف والهوامش كما لو أنها محروقة.



الشكل 16.3 يعبّر هذا الشكل عن تأثير نقص البوتاسيوم في الفاكهة والبذور مُظهراً الفاكهة التالفة (التفاح)، والحبوب غير الممتلئة (القمح)، وعرانيس الذرة الفارغة.

في حال تمّ اكتشاف هذه الأعراض في مرحلة مبكّرة من نمو المحصول تصبح عملية التصحيح بالتخمير ممكنة. مع ذلك، لا تسترجع هذه المحاصيل إمكانياتها الكاملة. فتسميد المحاصيل استناداً إلى ظهور علامات النقص ليس بالأمر الجيد. عموماً، عندما تظهر علامات نقص البوتاسيوم تكون صحة النبتة وإنتاجيتها قد تأذت بشكل لا يمكن تعويضه.

الفاكهة الصغيرة التالفة والحبوب الفارغة التي تم عرضها في الفقرة السابقة هي أدلة على نقص البوتاسيوم خلال نمو المحصول (الشكل 16.3). كما أن هبوط المحصول يشير أيضاً إلى هذا النقص. كل هذه الإشارات تخبر المزارع أن التخمير بالبوتاسيوم أصبح أمراً ملحاً للموسم المقبل.

كميات البوتاسيوم التي تتطلّبها المحاصيل

ترتبط كمية البوتاسيوم التي تستهلكها المحاصيل ارتباطاً مباشراً بإنتاجية هذه الأخيرة، وخصوصاً بكمية النبات المنتجة، وكثافة غرس الشتلات، وطول موسم النمو لإنضاج هذه المحاصيل.

الشكل 17.3 عوارض نقص البوتاسيوم على الأعشاب والنباتات العريضة الأوراق. حيث تظهر العلامات الأولى للبقع الميتة على هامش الورقة والاحتراق المتقدّم لهذه الأطراف.

يدخل البوتاسيوم الى النباتات بسرعة خلال مرحلة النمو الأولى ويتراكم بشكل أسرع من النيتروجين والفوسفور. لذلك يتوجّب تطبيق البوتاسيوم بوفرة خلال هذه المرحلة ولا سيّما أن البوتاسيوم يساعد على تحفيز نمو الجذور. مع ذلك، لا يستحسن تطبيق كل البوتاسيوم عند أو قبيل الغرس. فتقسيم تطبيق البوتاسيوم الى مرحلتين في نفس الموسم يعطي فعالية أكثر للبوتاسيوم من تطبيق واحد كبير في البداية. كما أن وضع مخصّبات البوتاسيوم في مجموعات يزيد فعالية استخدام البوتاسيوم في تغذية المحصول.

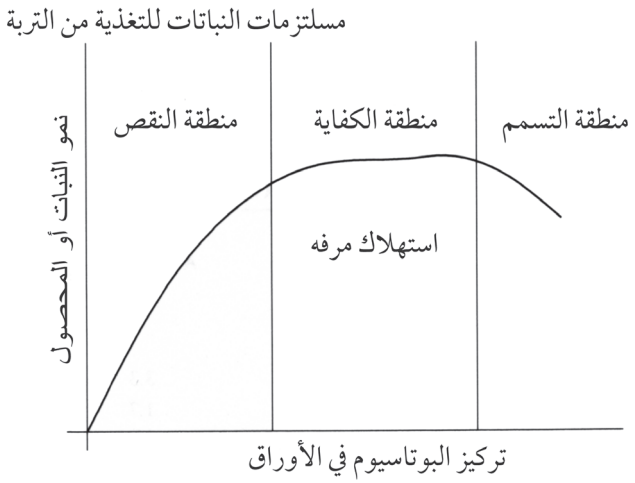
يعتبر طلب كمية 100 رطل وأكثر من البوتاسيوم للفدان الواحد طلباً مرتفعاً (2.5 رطلاً لكل 1000 قدم مربع). بشكل عام، تشبه المحاصيل التي تتطلّب البوتاسيوم بكثرة تلك التي تتطلّب كميات كبيرة من النيتروجين والفوسفور، خاصة الذرة والتبغ والفالفا (نبات يستخدم لتغذية الماشية) والكرفس (نبات تأكل ضلوع أوراقه) كونها تتطلب البوتاسيوم بشكل بارز.

الطلب المعتدل للبوتاسيوم يكون في نطاق 50 إلى 100 رطل للفدان الواحد (1.25 إلى 2.5 رطل لكل 1000 قدم مربع). تقع محاصيل الخضار والحبوب الصغيرة ضمن هذه الفئة. الطلب المنخفض يكون تحت الـ 50 رطلاً للفدان (1.25 رطلاً لكل 1000 قدم مربع).

محاصيل بساتين الفاكهة تتطلّب البوتاسيوم بشكل منخفض.

يحتوي الغطاء النباتي للنبتة على البوتاسيوم أكثر من الفاكهة والبذور. عند النضوج، تأخذ المحاصيل نحو ثلثي البوتاسيوم المتبقّي في الغطاء النباتي، مع نحو ثلث واحد يتمّ نقله للفاكهة. وتحتوي القشور على البوتاسيوم أكثر من لب الفاكهة وبذورها. والمحاصيل التي تمّ تسميدها بشدة بالنيتروجين هي عموماً ذات متطلبات عالية للبوتاسيوم.

تتراوح كثافة البوتاسيوم في الأوراق ما بين 1 إلى 5 بالمئة أو أكثر على أساس الوزن الجاف. وقد تحتوي نبتة التبغ على أكثر من 6 بالمئة من البوتاسيوم (K) في الأوراق، وكذلك قد تحتوي على نسب أعلى في الضلوع. تكون قيمة الإشباع من البوتاسيوم في الأوراق من 1.5 إلى 3% لمعظم المحاصيل. أما القيم ما دون 1.5% فهي تعتبر تحت مستويات الإشباع. تمتصّ النباتات البوتاسيوم بسهولة كما أنها قد تجمع البوتاسيوم بكثرة حتى تصل إلى حالة الإشباع. ويسمّى التكديس المفرط للبوتاسيوم بالاستهلاك المفرط (الشكل 18.3). هذا الاستهلاك ليس مؤذياً للمحصول ولكنه مبذّر للبوتاسيوم في حال تمّت إزالة أجزاء النباتات ذات الاستهلاك الكمالي من المواقع حيث تنمو النباتات. كما أن التخمير المُفرط بالبوتاسيوم قد يحد من امتصاص الكالسيوم والمغنيسيوم ويؤدّي إلى نقص هذه العناصر في النباتات، وخصوصاً إذا لم يتم تزويد التربة بكمية كافية من هذه العناصر.



الشكل 18.3 نمو النبتة أو استجابة مردود المحصول بالنسبة لتركيز البوتاسيوم في أوراق النبتة. على الرغم من أن الخط الدال على هذه الاستجابة يتغيّر مع اختلاف الفصائل واختلاف المواد الغذائية (العناصر الرئيسية)، فإن الاستجابة التي تُظهر مناطق نقص وإشباع (استهلاك بإسراف)، وسميّة هي استجابة نموذجية لكل النباتات والمواد الغذائية.

الأسمدة التي تحتوي على البوتاسيوم

تتراوح نسبة تركيز البوتاسيوم في الأسمدة بين 2 إلى 6% على شكل أوكسيد (K_2O) (جدول 9.3). تشكّل بقايا النباتات وأجزاؤها الخضرية والقشور مصادر مهمة للبوتاسيوم، ويكون البوتاسيوم في كل هذه الأجزاء متاحاً لأنه قابل للذوبان بالماء. وأسمدة المزرعة تحتوي على نسبة أقل بوتاسيوم، حوالي 2% (K_2O)، من العلف الذي تحصل عليه الدواجن. يتم التخلّص من الكثير من البوتاسيوم عن طريق تبوّل الحيوانات الكبيرة وهو كثيراً ما يضيع. كما تحتوي الأسمدة العضوية على نسبة بوتاسيوم أقل من تلك التي في المادة النباتية الأصلية، نحو 1% من أوكسيد البوتاسيوم، لأن معظم البوتاسيوم قد تم فقدانه في الرشح أثناء إعداد التخمير.

الجدول 9.3

تركيزات البوتاسيوم في بعض الأسمدة الشائعة

مصدر البوتاسيوم	تركيز البوتاسيوم % (وزن جاف)*		
	K_2O	العضوية الفعلية K**	K متاح (من المجموع)%
العضوية			
بقايا النباتات			
الخضري	4	3.3	100
بدن وقشر	2	1.7	100
بذور	1.5	1.2	100
الأعشاب البحرية (عشب البحر)	5	4.2	100
السماد الطبيعي المجفف	2	1.7	100
الطازجة (أساس الوزن الرطب)	0.6	0.5	100
سماد	–	0.5	100
رماد الخشب	10	8.3	100
الرمل الأخضر	7	5.8	عدم
غبار الغرانيت	5	4.2	عدم
الكيميائيات			
كلوريد البوتاسيوم (موريات البوتاس)	60	50	100
كبريتات البوتاسيوم*** (كبريتات البوتاس) كلوريد	48	40	100

نترات البوتاسيوم (نترات البوتاس)	44	37	100
كبريتات المغنيسيوم*** (كبريتات ماغنيسيا البوتاس)	22	18	100

* القيم التي ذكرت للأسمدة العضوية في هذا الجدول هي القيم النموذجية المتوسطة.

** $K_2O \times 0.83$

*** كبريتات البوتاسيوم وكبريتات البوتاس ماغنيسيا معتمدة كالأسمدة العضوية، وفي حالة الأسمدة تمّ الحصول عليها مباشرة من مصادر كالمناجم.

إن أسمدة المزرعة و الأسمدة العضوية هي من مصدر نباتي. والبوتاسيوم المستخلص منها يكون قابلاً للذوبان بالماء وهو متاح كلياً للنباتات. مع ذلك، فإن نسب البوتاسيوم الضئيلة في هذه الأسمدة تسبّب حاجة ملحّة لتطبيق هذه المواد بشكل كبير من أجل توفير كمية البوتاسيوم اللازمة لإنتاج المحصول. إنّ سيقان التبغ نادراً ما تكون متاحة، ويتوجّب توخّي الحذر عند استعمالها بسبب فيروس التبغ الموزاييكي الذي من المحتمل أن يصيب التبغ والذي هو مرض للطماطم والكثير من المحاصيل الأخرى.

إن البوتاسيوم الموجود في غبار الغرانيت والفلدسبار (Feldspars) (سيليكات الألمنيوم)، والميكا(*) (Micas)، [مادة عازلة للكهرباء] هو عملياً غير متاح للنباتات. وغبار الغرانيت هو منتج طبيعي في المقالع. والرمل الأخضر هو خام معدني يظهر بالطبيعة، كالبوتاسيوم المخضر الذي يظهر في ديلوار الساحلية (Coastal Delaware) ونيوجيرسي وغيرها من المناطق في هذه الدولة [الولايات المتحدة].

يكون البوتاسيوم في الرمل الأخضر متاح ولكن ببطء شديد، لكونه قابلاً للذوبان بالماء أكثر بقليل من البوتاسيوم الموجود في غبار الغرانيت. يجب أن يتم استعمال كميات هائلة من غبار الغرانيت والرمل الأخضر لتزويد المحصول

(*) تتألف من مجموعة كيميائياً ومادياً ذات الصلة بسيليكات الألمنيوم والمعادن، وتتميز بأنها مرنة نستطيع تقسيمها إلى صفائح لتستخدم في العزل والمعدات الكهربائية (المراجع).

بالبوتاسيوم، حتى لو كانت نسبة هذه المواد ضئيلة في غذاء النبتة. بعض التوصيات تقترح استعمال 5 إلى 10 طن من هذه المواد لكل فدان في السنة. إن كلفة تطبيق غبار الغرانيت والرمل الأخضر وغيرها من غبار الصخور بالكميات الضرورية لتسميد المحاصيل بالبوتاسيوم في الأرض غير المشبعة بالبوتاسيوم قد تتجاوز ثمن الأرض التي زرع عليها المحصول.

إن الأسمدة الكيميائية، باستثناء نترات البوتاسيوم، هي من المصادر الطبيعية. قد تظهر بعض الترسبات الطبيعية لنترات البوتاسيوم، لكنها عادة لا يجري التنقيب عنها من أجل السماد. أما كلوريد البوتاسيوم فيتم تعدينه وتصفيته وبسبب نسبة الكلوريد والبوتاسيوم العالية فيه وبسبب قدرته العالية على الذوبان فهو لا يعتبر سماداً عضوياً. يتم تسويق كلوريد البوتاسيوم المستخرج من المناجم بين الحين والآخر، تحت اسم أملاح السماد، وهذا قد يحتوي على 18 إلى 22% من أوكسيد البوتاسيوم. (K_2O) إن كبريتات البوتاسيوم Arcanite وكبريتات المغنيسيوم – بوتاسيوم هي أيضاً من المعادن الخام التي تظهر بالطبيعة، على الرغم من أنّ المصادر التجارية قد تتم صناعتها من كلوريد البوتاسيوم وغيرها من المصادر. يتم بيع كبريتات البوتاسيوم والمغنيسيوم لدى العديد من تجّار الأسمدة العضوية، وتسمح المنظمات العضوية باستعمال هذه المواد إذا كانت [مباشرة] من المناجم. كبريتات البوتاسيوم وكبريتات المغنيسيوم بوتاسيوم المستخرجة من المناجم مسموح بها كأسمدة عضوية من قِبل هذه المنظمات. إلا أن تعريف هذه المواد على أنها أسمدة عضوية هو في الواقع أمر غير تقليدي لأن هذه المواد لا تظهر بالطبيعة ككلوريد البوتاسيوم وهي قابلة للذوبان بالماء.

البوتاسيوم في التربة

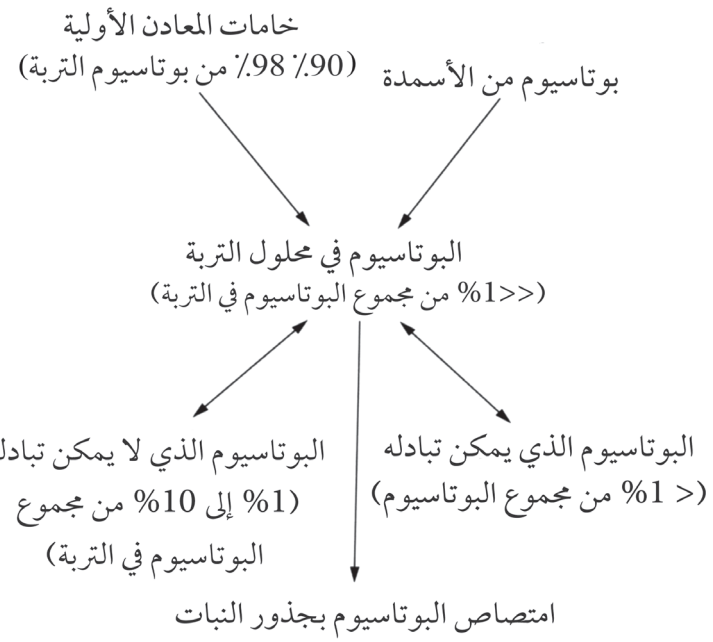
إن نسبة البوتاسيوم في التربة عالية مقارنة مع نسب النيتروجين والفوسفور (جدول 4.3، 8.3، 10.3). معظم البوتاسيوم الموجود في التربة، 90 إلى 98%، يحفظ في المعادن الخام مثل الفلدسبار والميكا (الشكل 19.3). هذا البوتاسيوم هو في الواقع غير متاح حتى يتمّ تذويبه بالتجوية. إنه في الواقع من نوع مادة غبار الغرانيت نفسها، فالبوتاسيوم في خامات المعادن الأولية في التربة والتي تشكّل مساهمة جوهرية في تغذية النبتة أكثر من التخمير بغبار الغرانيت، ببساطة بسبب

كميات البوتاسيوم الكبيرة الموجودة في خامات المعادن الأولية في التربة مقارنة مع أخرى تضاف بعملية واحدة أو مجموعة عمليات تسميد بغبار الغرانيت.

جدول 10.3

كميات البوتاسيوم في أنواع مختلفة من التربة

نسيج التربة	محتوى البوتاسيوم (رطل في أعلى 6 بوصات للفدان الواحد)
الرمال	3.000
الطفال الرملي	20.000
الطفال	30.000
طمى طفال رملي	40.000
الطين الصلصالي	50.000
طين	70.000



الشكل 19.3 علاقات التوازن بين أشكال البوتاسيوم في التربة.

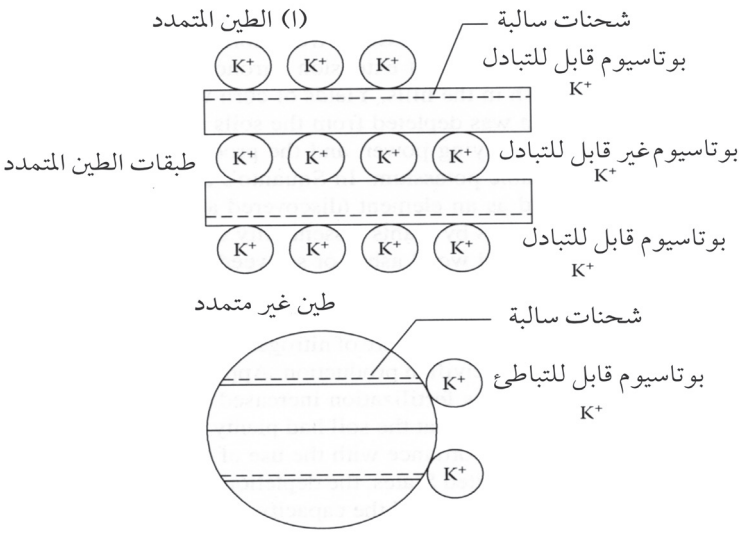
تحتوي التربة الرملية على 60 إلى 200 طن، ويحتوي الطين على نحو 700 طن، من خامات المعادن الأولية في أول 6 بوصات من دونم الأرض.

يحتوي الطين على جزء رئيسي آخر من البوتاسيوم. ومعادن الطين الطلقية مصنوعة من طبقات مثل المعادن البستانية القابلة للذوبان بالماء باستثناء أنها أصغر بكثير. يمكن للبوتاسيوم أن يحبس في هذه الصفائح (الشكل 20.3). يسمى هذا البوتاسيوم بـ «غير القابل» للمبادلة أو المثبت. إن نسبة 1 إلى 10% من البوتاسيوم في التربة تكون في هذا الجزء. وهذا النوع من البوتاسيوم لا يتحرّر بسهولة ولكنه متاح بشكل كبير للنبات. يساهم البوتاسيوم المثبت بنسبة 75% من تغذية المحصول بالبوتاسيوم خلال موسم النمو. وتتعلّق قوة احتباس البوتاسيوم بأنواع الطين الموجودة في التربة.

إن الطين في التربة هو عبارة عن ذرات غروانية (Colloidal) مشحونة سلبياً. ويمكن لهذه الذرات أن تجذب وتحافظ على الذرات المشحونة إيجابياً. تسمّى

إمكانية المحافظة على هذه الأيونات قدرة تبادل الكاتيون. كما أن المواد العضوية في التربة مشحونة سلبياً. الدبال هو غرواني ولديه طاقة تبادل كبيرة، وهي أكبر من طاقة معظم أنواع الطين. يحافظ الطين والمواد العضوية على جزء من البوتاسيوم الموجود في التربة، الذي يسمّى بالبوتاسيوم القابل للتبادل (الشكل 19.3). أما الطين الطمي والرمال فلديها طاقة تبادل كاتيون ضعيفة بالنسبة للطين الصلصالي والدبال. قد يشكّل البوتاسيوم القابل للتبادل 1 أو 2% من مجموع البوتاسيوم في التربة. يكون كله متاح بسهولة للنباتات، حيث إنه يمكن للبوتاسيوم القابل للتبادل الدخول إلى التربة بسهولة. كما أن إمساك البوتاسيوم في مواقع التبادل الغروانية يحميها من الرشح.

تحصل النباتات على غذائها من البوتاسيوم الموجود في محلول التربة. ويمثّل هذا الجزء أقل من 1% من مجموع البوتاسيوم في التربة. إن تظهر العلاقات بين مختلف مكونات البوتاسيوم في التربة في الشكل 19.3 .



الشكل 3.20 إيونات البوتاسيوم (K^+) القابلة وغير القابلة للتبادل الممسوكة في أو ضمن (أ) شبكة طينية متوسّعة مثل مختلف ميكا التربة و(ب) طين غير متوسع مثل الكاولين.

مشاكل الحفاظ على مستويات خصوبة البوتاسيوم في التربة

الاعتماد على المحتوى الإجمالي للبوتاسيوم في التربة

في ما مضى، وإلى الأربعينات من القرن الماضي، كان من المعتقد أن التربة لا تتطلّب التخمير بالبوتاسيوم بسبب محتويات البوتاسيوم المرتفعة فيها. والأشخاص الذين كانوا يعتقدون بذلك لم يكونوا على علم بكيمياء البوتاسيوم في التربة. لم يكونوا يدركون أن معظم البوتاسيوم الموجود في التربة محبوس في خامات المعادن الأولية، وهو بالتالي غير متاح للنباتات. تتعلّق خصوبة التربة بالنسبة للبوتاسيوم بكمية البوتاسيوم المحفوظ على شكل قابل وغير قابل للتبادل، وتتعلّق هذه الخصوبة بدرجة أقل بكثير بكمية البوتاسيوم في خامات المعادن الأولية. إن الجزء القابل للذوبان هو الوحيد الهام في التربة المسمدة. وفي بعض أنواع التربة سرعان ما يتم استنزاف البوتاسيوم القابل وغير القابل للتبادل ولا يسترجع من احتياط المعادن الأولية. وتعتبر هذه الأنواع من التربة ضعيفة القدرة على توفير البوتاسيوم.

يتطلب الأمر العديد من السنوات قبل أن تصبح تجوية خامات المعادن الأولية كافية لاسترجاع البوتاسيوم بدرجة تدعم إنتاج محصول جيد بعد استنزاف الأجزاء القابلة وغير القابلة للتبادل. يتعلّق طول مدة استرجاع البوتاسيوم بعض الشيء بمجموع البوتاسيوم في التربة. وعموماً، كلما كان مجموع البوتاسيوم في التربة عالياً كان متاحاً أكثر للتجوية وبالتالي تكون عملية الاسترجاع أسرع. وتكون عملية الاسترجاع في التربة الرملية أبطأ من التربة الطينية. لكن، كان إنتاج المحصول أكثر كثافة كلما كان استنزاف البوتاسيوم المتاح من المصادر المتاحة أسرع.

إن تسميد المحاصيل بالنيتروجين والفوسفور يعزّز مردود إنتاجها ويسرع وتيرة استنزاف البوتاسيوم من التربة. سكوانتو (Squanto)، الأميركي الهندي الذي يسميه البعض «أول مهندس زراعي لنا»، قد علّم الحجاج أن يسمدوا الذرة بوضع الأسماك في التلال. ازداد مردود إنتاج الذرة، وفي سنوات قليلة تمّ استنزاف البوتاسيوم المتاح من تربة ماساتشوستس (Massachusetts). كان لهذه التربة قدرة توريد بوتاسيوم ضعيفة، لهذا قد فقدت إنتاجيتها بسبب استنزاف

البوتاسيوم المتاح. وفي عهد سكوانتو (عام 1630)، لم يكن البوتاسيوم مكتشفاً كعنصر(اكتُشف نحو 1807)، ولم يكن معروف أي شيء عن متطلّبات النباتات للبوتاسيوم (أهمية أثبتت في 1860). مع ذلك، لو أن الحجاج استخدموا نشارة الخشب والطحالب البحرية في برامج التخمير لكانت إنتاجية الحقول قد تحسّنت بشكل أفضل من استخدام الأسماك لوحدها.

بعد الحرب العالمية الثانية، ظهر إنتاج صناعي متزايد لأسمدة النيتروجين مع تحوّل المصانع العسكرية إلى إنتاج مدني. وتزايدت تطبيقات أسمدة النيتروجين بشكل كبير. كما تزايد التخمير بالفوسفور. ولكن بسبب اعتقاد الناس أن التربة، بالاعتماد على تحليل مجموعها، تحوي الكثير من البوتاسيوم، لم يتزايد التخمير بالبوتاسيوم بالمقارنة مع استعمال أسمدة النيتروجين والفوسفور. في الكثير من تربة الولايات المتحدة، سرعان ما تخطّى استنزاف البوتاسيوم المتاح بواسطة إنتاجية محاصيل معززة طاقة التربة على توفير البوتاسيوم. وقد تم إدراك الحاجة للتسميد من قبل العلماء والمزارعين.

غالباً ما يتزايد تركيز البوتاسيوم مع العمق في التربة. كما تظهر الكثير من خامات المعادن غير الخاضعة للتجوية عميقاً في التربة أكثر من سطح التربة. تقلب الحراثة بعمق هذه المعادن وتغني تربة السطح بالبوتاسيوم. لكن هذه العملية لا تزيد خصوبة التربة، لأن المعادن غير المجواة تتمتّع بقدرات توفير بوتاسيوم منخفضة جداً. في الحقيقة، إن التآكل الذي يزيل طبقات التربة الأولى قد يقودنا إلى الاعتقاد أن خصوبة التربة بالبوتاسيوم لم تستنزف بالتآكل. فإزالة الطبقات الأولى تكشف طبقات ذات تركيز بوتاسيوم أكبر من تلك التي في سطح التربة. لكن في هذه الحالة، تنجم كثرة البوتاسيوم عن كثرة مماثلة لكميات المعادن الأولية غير المجواة، والتي لديها طاقة منخفضة لتأمين البوتاسيوم للمحصول. في الحقيقة، تكون طاقة التربة على توفير البوتاسيوم قد تقلّصت بالتآكل بسبب فقدان الجسيمات الرفيعة التي تخضع أكثر للتجوية، ولديها إمكانية احتواء بوتاسيوم قابل وغير قابل للتبادل أكثر من جسيمات التربة الموجودة في نطاق أعمق.

تثبيت البوتاسيوم في التربة

البوتاسيوم المثبت هو مرادف للبوتاسيوم غير القابل للتبادل (الشكل 20.3). وهو البوتاسيوم المحتجز في صفائح الطين. عموماً، كان محتوى الطين أكثر كلّما كان التثبيت أقوى. وتختلف أنواع الطين في قدرتها على تثبيت البوتاسيوم. فالكاولين [الصلصال الصيني] الذي ليس لديه شبكة أو تركيبة صفائح لا يثبت البوتاسيوم، على الرغم من أنه يحبس أيونات البوتاسيوم نسبياً في مواقع التبادل المحدودة. كذلك تختلف أنواع الطين المؤلّف من صفائح، في قدرتها على احتجاز البوتاسيوم في مواقع ثابتة. وترتبط هذه الاختلافات بهيكلية الطين بالنسبة لقياس أيونات البوتاسيوم.

إن البوتاسيوم المطبّق بالتخمير قد يُحبس في شبكة الطين. يكون هذا البوتاسيوم غير متاح للنباتات بشكل مؤقّت، كما أنه قد يسبّب نقص مغذيات النبتة في التربة حيث يكون البوتاسيوم مثبتاً بقوة. مهما يكن، فإن التثبيت بالطين يحمي البوتاسيوم من الرشح، ففي التربة الطينية يكون الرشح معدوماً تقريباً. أما في الرمال، التي تملك طاقة محدودة لتثبيت أيونات البوتاسيوم (K^+)، فإن أكثر من 30% من سماد البوتاسيوم قد يضيع بالرشح. إن للبوتاسيوم المثبت دور مهم في تغذية المحاصيل. فأكثر من 75% من تغذية المحصول بالبوتاسيوم قد تأتي من البوتاسيوم المثبت، حيث إنه يتحرّر من مواقع ثابتة خلال فترة النمو كلها.

رشح البوتاسيوم من التربة

إن كل البوتاسيوم الموجود في محلول التربة هو عرضة للرشح. وتختلف نسبة الرشح باختلاف تركيبة التربة. ففي التربة الخشنة (الرمال، والرمال الطفيلية والطفيليات الرملية)، تتحرك المياه بسرعة عبر مسام ذات مساحات واسعة، وينتقل محلول البوتاسيوم بسرعة نحو الأسفل. هذا النوع من التربة الخشنة التركيب لديه قدرة ضعيفة على حبس البوتاسيوم في مواقع تبادل ثابتة، من هنا يكون للتربة قدرة ضعيفة على حماية البوتاسيوم من قوة الرشح. وقد تصل خسارة البوتاسيوم إلى أكثر من 100 رطل في كل فدان في التربة الرملية غير المزروعة، مما يؤدي إلى استنزاف سريع للبوتاسيوم الأصلي في التربة أو ذلك

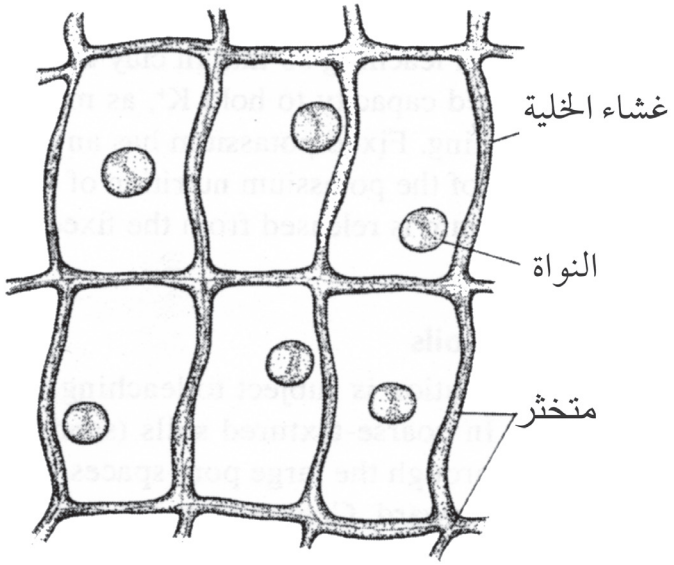
المضاف بالأسمدة. أما التربة ذات التركيبة الناعمة ففيها مسامات ضيقة يمرّ فيها الماء بشكل بطيء. تحد هذه الحركة البطيئة من الخسارة بالرشح. التقطير البطيء للماء نحو الأسفل أيضاً يبقيه باتصال مع الطين والمواد العضوية، مما يمكن من المحافظة على البوتاسيوم بالتبادل والتثبيت. خسارة البوتاسيوم في التربة الطينية غير المزروعة قد تصل إلى رطل واحد فقط في الفدان كل سنة.

الاستهلاك المترف للبوتاسيوم

إذا كان البوتاسيوم موجوداً بوفرة في التربة فإن النباتات تمتصّ كميات فوق حاجتها. حيث إنها قد تمتصّ البوتاسيوم بكمية أكثر بمرتين إلى أربع مرات الكمية التي تحتاجها للعملية الأيضية. وفي التربة ذات الطاقة العالية لتموين البوتاسيوم، لا يمكن تجنّب الاستهلاك المترف، وغالباً ما ينتج هذا الاستهلاك عن التخمير المفرط. المشكلة الأساسية هنا هي خسارة البوتاسيوم. وإذا بيعت أعشاب المحصول خارج أرض المزرعة فإن المزارع يضيّع نقوده بزيادة التخمير بالبوتاسيوم.

إدارة التخمير بالبوتاسيوم

بسبب التثبيت والرشح والاستهلاك المترف للبوتاسيوم تكون تطبيقات خفيفة متعددة للبوتاسيوم خلال فترة النمو أفضل من تطبيق واحد وكبير عند الزراعة. القيام بالعديد من التطبيقات يحتاج لعمالة أكثر ويتطلّب استعمال أدوات أكثر من تطبيق لمرة واحدة. هنا يتوجّب على المزارع موازنة هذه الكلفة مع كلفة التخمير، ويمكنه اختيار تطبيق لمرة واحدة إذا وجد أن كلفة العمالة والمعدات تتجاوز كلفة التخمير بالبوتاسيوم. كما ظهر في السابق، يتمّ إنجاز الاقتصاد بالكلفة وفاعلية استعمال النيتروجين بعدة تطبيقات خلال موسم النمو بدلاً من تطبيق واحد ضخم عند أو قبل الزراعة. على نقيض تطبيقات البوتاسيوم والنيتروجين فإن تسميد المحصول بالفوسفور يجب أن يطبّق عند الزراعة للتأكّد من أن النباتات الصغيرة تحصل على تموين فوسفور ملائم.



الشكل 21.3 رسم مجموعة خلايا لنبتة تظهر الغشاء المشطي بين الخلايا.

الكالسيوم

وظيفته

إن تجارب ساكس وكنوب في الستينات تبرهن أهمية الكالسيوم. أغلب الكالسيوم في النبتة موجود في الغشاء المشطي (Pectin) الذي هو البولي سكاريد (Polysaccharide) (سكر معقّد) يضع بين خلايا الجدران (الشكل 21.3). بمعنى ما، إن الغشاء المشطي هو عامل رابط بين الخلايا. نمو الخلايا يتطلّب تركيب الغشاء المشطي الذي يحيط بالخلايا النامية. ومن دون تركيب كافٍ للغشاء المشطي قد تبتعد الخلايا المتمددة متمزقة عن الخلايا الأخرى، مما يسبّب موت بعض الخلايا. للكالسيوم أيضاً دور في انقسام الخلية، وهو ضروري لانقسام النواة (Mitosis) لتكوين نواتين ولتكوين صفيحة تقسِم الخلية إلى اثنتين. النباتات التي ينقصها الكالسيوم يكون لديها خلايا بنواة أو بنواتين أو من دون نواة. بالتالي يكون انقسام الكروموزوم غير طبيعي. وبعض هذه الخلايا قد تموت.

للكالسيوم وظائفه في انتقال المواد في النباتات. فهو ينظّم نفاذية الأغشية الخلوية. وقد تصبح الخلايا التي ينقصها البوتاسيوم مسرِّبة وتفقد انتقائيتها في مراكمة الأيونات. وقد يكون للكالسيوم دور في تنظيم حموضة الخلية، وقد يكون بمنزلة معارض للأيونات الموجبة الأخرى. وتزيد الحاجة لتركيز الكالسيوم خصوصاً إذا كان البوتاسيوم والمغنيسيوم والصوديوم موجودة بكثرة في محلول المغذيات أو في محلول التربة. كما أن البوتاسيوم ضروري في عملية عقد جذور البقوليات والخضار.

أعراض نقص الكالسيوم في النباتات

إن معرفة أعراض نقص الكالسيوم هي شرط مسبق لفهم تأثير الكالسيوم في نمو النبتة ونوعيتها. والكالسيوم هو عنصر غير متحرّك في النباتات. يسمى العنصر «غير متحرّك» عندما لا ينتقل من جزء معيّن من الفسيلة إلى جزء آخر منها عبر اللحاء. فالكالسيوم الذي يدخل الأنسجة أثناء فترة النمو المبكرة للنبتة لا ينتقل إلى أنسجة الفتية أو الفاكهة حتى ولو كان تموين الكالسيوم مستنزفاً من التربة.

أما النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم فهي عناصر غذائية متحرّكة تنتقل من الأوراق القديمة إلى الأوراق الجديدة، والأزهار، والفاكهة كعملية طبيعية في نمو النبتة، وخصوصاً إذا كانت هذه العناصر الغذائية مستنزفة من التربة. تظهر أعراض نقص هذه العناصر أولاً على الأوراق القديمة.

تبدأ علامات نقص الكالسيوم في نقاط النمو وحول الأوراق الفتية. تظهر هذه العلامات في البداية على شكل بقع ميتة على شفرات الأوراق. نقاط النمو والأوراق الفتية تسبب بقع موت متنقلة من الأطراف الأعلى نحو الأسفل. وسوف تتقدم هذه الأعراض إلى أسفل النبتة حتى يتمّ الوصول إلى الأوراق التي اكتمل عددها كلياً.

إذا كانت الأوراق غير متحددة لا تكون حاجتها لكالسيوم إضافي ملحّة، كحاجة الأوراق الشابة؛ من هنا قد لا تظهر الأعراض على هذه الأوراق. أوراق الذرة الجديدة وغيرها من الأعشاب قد تفشل في التفتح، فتظهر كأنها متلاصقة ببعضها. أما الأوراق الأقدم في النباتات فقد يكون لديها كالسيوم كافٍ ولا

تظهر عليها علامات التعب، لكنها لا تتمكّن من إعطاء الكالسيوم الذي تحتاجه للأوراق الجديدة بسبب ثبات الكالسيوم.

إن سبب عدم تحرك الكالسيوم يعود لكونه مودعاً في مركبات غير قابلة للذوبان في البروتوبلازما (Protoplasm) وقد يكون مترسباً كفوسفات الكالسيوم والأكسالات (Oxalate). البوتاسيوم الموجود بين جدران الغشاء المشطي هو غير متحرك أيضاً. والأعراض الورقية كتلك التي تم وصفها في السابق نادرة في المحاصيل التي تنمو في الحقول، لكن الكثير من الفوضى الغذائية المرتبطة بجمود الكالسيوم في النباتات تظهر على نحو عام في الفاكهة والمحاصيل النباتية وهي موضع نقاش في جزء تأثيرات الكالسيوم في نمو النبتة ونوعيتها.

تأثير الكالسيوم في نمو النبتة ونوعيتها

يظهر نقص الكالسيوم بشكل شائع في التربة الحمضية والرملية والتربة الكثيرة الرشح، حيث تمّ استنزاف الكالسيوم إلى مستويات منخفضة بعمليات بيئية. كذلك يظهر نقص الكالسيوم في التربة الجافة. في هذه الحالة، لا يتوفّر الماء بشكل كافٍ لذوبان الكالسيوم ولامتصاصه وانتقاله في النباتات. فالكالسيوم يتوزّع بين النباتات مع دفق المياه. وإذا لم تصل كميات كافية من الماء نحو النسيج أو عضو يمكن أن يتطوّر نقصُ الكالسيوم. يمكن لهذا النقص أن يظهر أيضاً في التربة التي تمّ تسميدها بشدة بأسمدة الأمونيوم والبوتاسيوم. يقوم البوتاسيوم والأمونيوم بوقف امتصاص الكالسيوم في النباتات. وقد يظهر النقص أيضاً إذا كان تركيز الكالسيوم في التربة قليلاً. كثيراً ما يسبّب نقص الكالسيوم اضطرابات في العديد من المحاصيل البستانية والزراعية ويجعل المنتجات غير مرغوبة للتسويق وللاستهلاك.

اضطرابات نقاط النمو

إن الاحتراق الداخلي للأطراف في الملفوف والخس والقرنبيط سببه نقص الكالسيوم (الشكل 22.3). وتظهر الأوراق الخارجية لهذه الخضروات سليمةً لأنها الأقدم في الرؤوس. عندما يتمّ قطع الرأس طولياً عبر القلب يظهر اللون البني على أطراف الأوراق الجديدة. يقلّل هذا الاحتراق من قيمة المحاصيل. ويعبّر

هذا الاحتراق للأطراف في أوراق الخس المتفتحة عن نقص الكالسيوم. مع تطوّر هذا الاضطراب، لا تتلقّى الأوراق الجديدة الكالسيوم الكافي من التربة. في هذه الحالة، قد تكون التربة قليلة الكالسيوم أو أنه قد يتعذّر وصوله للأوراق الجديدة مع توجيهه بدلاً من ذلك إلى الأوراق القديمة والكبيرة. قلب الكرفس الأسود هو مظهر مشابه لمشكلة احتراق الأطراف الداخلي، هنا، يصبح قلب الكرفس الجيد أسود بموت نقاط النمو وموت الأوراق الجديدة التي تشكّل القلب.

مشاكل الإثمار

إن تعفّن طرف البرعم هو تعبير عن نقص البوتاسيوم في البندورة والباذنجان والفلفل والبطيخ (الشكل 22.3). وطرف البرعم هو جزء الفاكهة المقابل لنقطة اتصال الفاكهة بالجذع. تعفُّن هذا الجزء هو عبارة عن نسيج جلدي ميت وقاسٍ. والتعفّن الثانوي للأجزاء الضعيفة لا يظهر عادةً مع تعفّن طرف البرعم، لكن هذه الفاكهة لا تملك قيمة في السوق وقد تنضج بقياسات صغيرة جداً. وأجزاء الفاكهة الخالية من الشوائب يكون لها مذاق سيىء.

يمكن منع تعفّن طرف البرعم أحياناً بتأمين ظروف ري جيدة أثناء إثمار المحاصيل. فالماء ضروري كي يذوب الكالسيوم ويتم امتصاصه من قبل النبتة. لا يتحرّك الكالسيوم إلى داخل النبتة بدفق الماء، ولكنه ينتقل نحو الأعلى في النباتات عبر تدفق المياه، وفي التربة الجافة يدخل الكالسيوم إلى النباتات بشكل غير كافٍ ويتوزّع على الفاكهة لمنع تطوّر تعفّن طرف البرعم. وللفاكهة وتيرة منخفضة للتعرق (Transpiration)، لذلك تكون حركة الماء والكالسيوم نحو الفاكهة محدودة، وخصوصاً في التربة الجافة. كذلك في التربة الجافة، يتم نقل البوتاسيوم وغيره من الأيونات الموجبة من الأملاح الأكثر ذوباناً من مركبات الكالسيوم نحو أعلى النبتة وتفضيلها عن مركبات الكالسيوم، بهذه الطريقة يتم منع امتصاص النباتات للكالسيوم.

الشكل 22.3 بعض الخلل في إنتاج المحاصيل بسبب نقص الكالسيوم.

تظهر تعفّنات طرف البرعم غالباً في النباتات المزروعة في المادة الوسيطة التي أساسها الوحل، والتي تستخدم في إنتاج مشاتل الدفيئة (Greenhouses). هذه المادة الوسيطة ينقصها الكالسيوم، ويجب الانتباه لتأمين الكالسيوم بالتخمير. يتمّ تطبيق نترات الكالسيوم (غير العضوي) على التربة أو التربة الوسيطة حيث تُظهر النباتات تعفّن طرف البرعم. ويقوم التخمير بوقاية الفاكهة الفتية الخالية من الشوائب ويمنع تطوّر عملية التعفن، ولكن الفاكهة التي ظهر عليها الخلل لا يمكن إصلاحها. ويساعد تكليس التربة أو التربة الوسيطة عند زراعة المحاصيل على منع ظهور هذه الاضطرابات.

التجويف المرّ في التفاح هو مرض غير جرثومي (Nonpathogenic) ناتج من نقص البوتاسيوم (الشكل 22.3). في هذه الحالة، تنمو تجويفات صغيرة وعميقة في قشرة التفاح مع مذاق مرٍّ. كما أن اضطرابات أخرى قد تظهر أثناء التخزين تقصّر بشدة عمر تخزين التفاح، تكون ناتجة من نقص الكالسيوم

في الفاكهة. إن الانهيار الداخلي ومظاهر ندرة المياه يقال إن سببه عدم كفاية الكالسيوم في الفواكه. وغالباً ما يتم منع هذه الاضطرابات بغمس الفاكهة في طين كلوريد الكالسيوم لزيادة تركيز الكالسيوم في الفاكهة.

إثمار الفستق يتطلب الكالسيوم. تكون أزهار الفستق فوق التربة. تنتمي الأزهار بعد التلقيح عضواً يسمّى المشجب (Peg) أو قلب مدقّة الزهرة (Gynophore). ينقّب المشجب في الأرض فيتشكّل الفستق في التربة. لكن المشجب لا ينمو في التربة التي ينقصها الكالسيوم، وبالنتيجة لا يتم إنتاج الفستق.

مشاكل الجذور

تكون أغصان الجذور الأغصان التي ينقصها الكالسيوم واهنة وقصيرة. وتجويف الجزر (الشكل 22.3) هو خلل قد يظهر على الجذور التي تنمو عدا ذلك بشكل طبيعي. يظهر هذا الخلل على شكل جروح عميقة سوداء في جذور الجزر والجزر الأبيض. وهي تظهر بسبب عدم توازن التخمير بالبوتاسيوم أو مع الأمونيوم بالنسبة لتزويد التربة بالكالسيوم. يتوقّع أن تشجّع التطبيقات الثقيلة لأسمدة المزرعة الطازجة، على تكوين بقعات التجويف في التربة ذات مستويات كالسيوم هامشية وضئيلة. يمنع البوتاسيوم أو الأمونيوم في الأسمدة امتصاص الكالسيوم من قِبل الجزر حتى الوصول لدرجة النقص.

آثار تركيزات الكالسيوم العالية في التربة

إن لتركيزات الكالسيوم المرتفعة تأثيرات مباشرة محدودة في نمو النبتة. إذا كان هناك أي من عوارض السمّيّة مرتبطة بزيادة الكالسيوم في التربة أو في محلولها فهي قليلة. ترتبط المشاكل عادة بالأيونات السلبية المصاحبة. إن مستويات الكالسيوم المرتفعة بالتزامن مع النترات والكلوريد قد تظهر مشاكل مؤقتة حتى تتم تصفية هذه الأيونات من التربة. وقد ترتبط هذه المشاكل مع التملح الناتج من تركيز عال للأيونات في المحلول. الكالسيوم مع السولفات نادراً ما يُظهر المشاكل، لأن كبريتات الكالسيوم قابلة للذوبان باعتدال. للكبريتات أيضاً سمّية منخفضة. التربة ذات كربونات الكالسيوم الحرة قد يكون لها نسبة قلوية

لمؤشر الحموضة تحدّ من توفّر العناصر الثانوية والفوسفور. من المحتمل، ولكن نادراً، أن يمنع التركيز العالي للكالسيوم القابل للذوبان امتصاص البوتاسيوم أو المغنيسيوم من قبل النبتات في التربة حيث يكون توفر البوتاسيوم والمغنيسيوم هامشياً في تغذية النبتة.

إن حيز التوفر الطبيعي للكالسيوم في أول 6 بوصات من فدان التربة غير الكلسية، هو من 1000 إلى 8000 رطل في المناطق الرطبة. والتربة ذات التركيبة الناعمة يكون لديها كالسيوم أكثر من التربة ذات التركيبة الخشنة.

مع أن الكالسيوم محبوس بشدة، ويكون هو الشحنة الموجبة الغالبة على تركيبة التربة، فهو يرشح من التربة في المناطق الرطبة فيكون الشحنة الموجبة المنتشرة في أنابيب مياه الصرف الصحي والجداول. الطبقات السطحية للتربة لديها كالسيوم أقل من الطبقات العميقة. في المناطق الجافة، قد يتخطّى الكالسيوم في تربة السطح الـ 20.000 رطل في الفدان وخصوصاً على شكل كبريتات الكالسيوم وكربونات الكالسيوم والبيكربونات.

إن طاقة تبادل الكاتيونات في التربة ينبغي أن تكون محكومة بالكالسيوم لخصوبة جيدة. نحو 80% من مواقع التبادل المشبعة بالكالسيوم هي ذات قيمة جيدة. نحو 15% من طاقة التبادل ينبغي أن تثبت بالمغنيسيوم، ونحو الـ 5% من طاقة التبادل تثبت بالبوتاسيوم.

إزالة الكالسيوم من قبل النباتات

تزيل النباتات من 30 إلى 50 رطلاً من الكالسيوم في الفدان خلال السنة. كلما كان إنتاج المحصول أكثر كان الكالسيوم المستهلك أكثر.

تركيز الكالسيوم في الأسمدة

عموماً، لا يقوم المزارع بجهود مقصودة لتطبيق أسمدة الكالسيوم. وعموماً، يتم تلبية متطلّبات النبات للكالسيوم من خلال تطبيق مواد لتزويد التربة بالنيتروجين والفوسفور ولتنظيم حموضة التربة. مع ذلك، فإن المزارعين التقليديين، الذين يستعملون أسمدة مركزة قابلة لذوبان لتوفير النيتروجين

والفوسفور والبوتاسيوم، وخصوصاً إذا كانت الأسمدة مطبّقة على شكل سوائل، قد يقومون بأعمال محددة للتأكد من أن التربة توفر الكالسيوم الكافي. بعض المواد التي توفر الكالسيوم تظهر في الجدول 11.3. تختلف محتويات الكالسيوم بحسب مصدر ونقاوة، ورطوبة هذه المواد.

إن الكلس المطحون بدقة المضاف إلى التربة، وغيره من أنواع الكلس، لإصلاح حموضتها يوفر كميات كالسيوم كافية للمحاصيل شرط أن لا تكون هنالك عوامل أخرى مقيدة، مثل توفير الماء.

الجدول 11.3

كثافة الكالسيوم في الكلس، ومحسنات التربة والأسمدة

المادة	تركيز الكالسيوم (Ca) %	إتاحة الكالسيوم (Ca)
الكلس		
حجر الكلس الزراعي	40	بطيء
الدولوميت	22	بطيء
الكلس السريع	70	سريع
الكلس الرطب	70	سريع
المحسنات		
الجبس	30	معتدل
الأسمدة		
السوبرفوسفات العادي	20	معتدل
السوبرفوسفات الثلاثي	16	معتدل
الفوسفات الصخري	33	بطيء جدا
وجبة عظام	38	بطيء إلى معتدل
نترات الكالسيوم	24	قابل للذوبان
بقايا النبتات (خضريات)	1 الى 4	معتدل
أسمدة المزرعة	1	معتدل

يضاف الجبس إلى التربة ذات التركيبة الناعم لتحسين تركيبتها. يسمّى الجبس محسناً للتربة بدلاً من تسميته سماداً، لأنه يستعمل لتحسين تركيبة التربة لا لتأمين الكالسيوم. إن الطين، حيث الكالسيوم هو الشحنة الموجبة المسيطرة داخل مواقع تبادل الكاتيونات، يشكّل تركيبة مجمعة، تحسن هيكلية التربة الناعمة النسيج. يضيف الجبسُ الكالسيوم إلى للتربة حيث تتم تحسينات هيكلية من دون رفع درجة الحموضة pH. ويمكن أن يكون الجبس مصدر كالسيوم للنباتات التي تنمو في التربة التي لا تحتاج للتكليس، أو حيث يكون التكليس غير مرغوب به، وقد يستعمل كسماد للكالسيوم بغض النظر عن حموضة التربة.

إن المحاصيل المسمّدة بالعظام أو السوبرفوسفات، لتأمين الفوسفور، سوف تحصل على كالسيوم كافٍ. لكن إتاحة الكالسيوم من صخور الفوسفات هي محدودة بسبب قابليتها المنخفضة للذوبان، وبدون القيام بالممارسات لتحسين إتاحة الفوسفور من صخور الفوسفات، يمكن للكالسيوم أن يؤمّن بشكل غير كافٍ. بقايا النباتات الخضراء والسماد العضوي وأسمدة المزرعة المطبقة بكميات تؤمّن متطلّبات النيتروجين للمحاصيل، تؤمّن كذلك كالسيوم كافياً أيضاً. إن الفاكهة والبذور لديها كالسيوم قليل، 0.1% أو أقل، ولا تعتبر مناسبة كأسمدة تحتوي الكالسيوم بسبب الحاجة للكميات الكبيرة من هذه المواد التي تطبّق لتأمين كالسيوم كافٍ لتغذية النبتة.

المغنيسيوم

وظيفته

تعاظمت أهمية المغنيسيوم مع زراعة النباتات المائية في الستينات (ساكس وكنوب). وهو واحد من مكوّنات الصبغ الأخضر والكلوروفيل في النباتات. حاجة النباتات للمغنيسيوم لصناعة الكلوروفيل مطلقة. حيث لا يمكن لأي مادة أخرى أن تؤدي هذا الدور مكان المغنيسيوم. نحو 1% إلى 3% من المغنيسيوم في النباتات موجود في الكلوروفيل. بالرغم من ضآلة نسبة المغنيسيوم في الكلوروفيل، إلا أن دوره في تركيب هذه المادة رئيسي. الكلوروفيل مطلوب في عملية التركيب الضوئي، وهي عملية تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية في النباتات. الشكل الكيميائي للطاقة الناتجة من التركيب الضوئي

هو مركّب معروف بأدينوزين تريفوسفات (Adenosine Triphosphate ATP). والأدينوزين تريفوسفات هو أيضاً نتيجة لتحويلات كيميائية للطاقة ATP أثناء التنفّس. والمغنيسيوم مطلوب في عملية التركيب البيولوجية والعملية الأيضية للأدينوزين تريفوسفات ATP، أثناء عملية التركيب الضوئي أو التنفّس. وهو ضروري لتنشيط عدد من هذه الأنزيمات التي تشكل محفزات عضوية في العملية الأيضية للفوسفور وينشط المغنيسيوم عدداً من الأنزيمات في النباتات أكثر من أي مغذٍ آخر. والعديد من هذه الأنزيمات تشارع في عملية الأيض للفوسفور. كما تبرز أهمية المغنيسيوم في تركيب البروتين في النباتات، من خلال دوره بتنشيط الأنزيمات وعملية التركيب البيولوجية للأدينوزين تريفوسفاتATP.

عوارض نقص المغنيسيوم في النباتات

قد يظهر نقص البوتاسيوم في التربة الرملية والحمضية الكثيرة الرشح، حيث تمّ استنزاف البوتاسيوم. قد ينقص المغنيسيوم في التربة العضوية مع رواسب المرل(*) (Marl) بسبب تنافر الكالسيوم مع المغنيسيوم في عملية الامتصاص من قبل النباتات. التربة ذات محتويات المغنيسيوم المنخفضة والمكلسة بأحجار الكلس قد تصبح فقيرة [بالمغنيسيوم] بسبب هذا التنافر. كما أن التخمير بالأمونيوم والبوتاسيوم يسبب نقص المغنيسيوم بسبب تنافر الكاتيونات . الأعشاب التي تنمو في التربة حيث يكون البوتاسيوم كافٍ بالكاد لنمو المحصول فقط، قد يكون لديها انخفاض تركيز بوتاسيوم في العلف التالي لتطبيقات أسمدة البوتاسيوم السخية. في بعض الحالات، قد لا يحتوي العلف على مغنيسيوم كافٍ لتغذية الدواجن، مما ينتج وضعاً يعرف بتقلّص الأعشاب.

المغنيسيوم عنصر متحرّك في النباتات. تظهر علامات النقص أولاً على الأوراق القديمة، حيث إن المغنيسيوم قد ينتقل من الأوراق القديمة إلى الأوراق الفتية أو إلى أعضاء التناسل أو التخزين. يظهر هذا النقص على شكل اصفرار في الأوراق القديمة. ويحدث الاصفرار في بداية الأمر بين الأوردة مع لون أخضر باقٍ على طول الأوردة. هذا النمط في التعبير عن النقص يسمّى التلطيخ

(*) المرل: سماد غني بكربونات الكالسيوم (المراجع).

(Blotching) أو التنقيط (Mottling) (الشكل 23.3). يصبح لدى الأوراق في أسفل النباتات خطوط متناوبة بين الأصفر والأخضر مع شفرات أوراق خضراء على طول الأوردة وصفراء في الوسط. بعض النباتات (القطن والعنب) قد تظهر لوناً بنفسجياً فوق شفرات الأوراق. وفي مراحل متقدّمة من نقص المغنيسيوم، تظهر بعض الأنسجة الميّتة مما يجعل العوارض مشابهة لعلامات نقص البوتاسيوم. وعند ظهور هذه العلامات يصعب القيام بعمليات إصلاح متأخرة.

السبب في اصفرار الأوراق هو فقدان الكلوروفيل والبروتين. المغنيسيوم مكوّن أساسي للكلوروفيل، واصفرار الأوراق يعكس نقص المغنيسيوم في تركيب الكلوروفيل. ويعود السبب الرئيسي لاختفاء الكلوروفيل للتركيب البروتين غير الكافي الذي يتطلّب المغنيسيوم. كل الكلوروفيل محجوز بشكل معقّد مع البروتينات في الكلوروبلاست. نحو 10% من المغنيسيوم في النباتات هو في الكلوروبلاست، حيث يكون له دور في التركيب الضوئي وتركيب البروتين. بما أن نحو 3% من المغنيسيوم هو في الكلوروفيل، فإن الجزء الأساسي من المغنيسيوم يساهم في تنشيط الأنزيمات وتركيب البروتين.

الشكل 23.3 ورقة ينقصها المغنيسيوم تظهر وجوداً للطخات خضراء وصفراء أو أنسجة ميتة.

تأثير المغنيسيوم في نمو النباتات ونوعيتها

يؤدّي نقص المغنيسيوم بشكل رئيسي لخسارات لا يمكن تعويضها في إنتاج المحاصيل. والأجزاء الخضراء ذات محتويات المغنيسيوم المنخفضة سيكون

لها لون ونوعية رديئة. والأعلاف التي تنمو في تربة ينقصها البوتاسيوم قد تحتوي مغنيسيوم غير كافٍ لتغذية حيوانات المزرعة مما يسبّب تكزّز أعشاب الدواجن.

كميات المغنيسيوم التي تتطلّبها المحاصيل

تمتصّ المحاصيل بين 15 إلى 30 رطلاً من المغنيسيوم في كل فدان في السنة. ويكون تركيز المغنيسيوم في الأوراق نحو 0.4% على أساس الوزن الجاف. التركيزات الأقل من 0.15 إلى 0.25% تكون منخفضة جداً لتغذية كافية لمعظم النباتات. قد تكون التركيزات فوق 1% مستويات سامة وتشير إلى فائض مغنيسيوم في التربة. يكون فائض المغنيسيوم نادراً ولكنه يرتفع في التربة المستمدّة من صخور غنية بالمغنيسيوم أو من تسميد مغنيسيوم مفرط. نادراً ما يواجه المزارعون فائضاً ناتجاً من التخمير المفرط، إلا إذا طبّقوا تسميدات المغنيسيوم أعلى من المعدلات الزراعية أو إذا استعملوا أحجار كلسية دولومية (غنية بالمغنيسيوم) بشكل متكرّر. كما أن تطبيق الأحجار الكلسية أو الجبس قد يساعد على تصحيح مشاكل كثرة المغنيسيوم في التربة.

معظم المغنيسيوم الموجود في التربة هو في المعادن الخام الأولية. وتبلغ محتويات المغنيسيوم في التربة نحو 6000 رطل في الدونم (6 بوصات العليا) في المناطق الرطبة ونحو 12000 في المناطق شبه الجافة. يحفظ المغنيسيوم على شكل كاتيونات قابلة للتبادل بالطين.

تركيزات المغنيسيوم في الأسمدة

الطريقة الأكثر اقتصاداً لتوفير المغنيسيوم للمحاصيل هي في تطبيق أحجار كلسية تحتوي المغنيسيوم (جدول 12.3). تختلف الأحجار الكلسية في محتويات المغنيسيوم باختلاف مصدر المواد. فكربونات الكالسيوم النقي هي معدن يسمّى كالسيت (Calcite). والدولوميت هو 1:1 مركب كالسيت وكربونات مغنيسيوم. تكون معظم الأحجار الكلسية مزيجاً من الكالسيت والدولوميت. تسمّى هذه الأمزجة بالأصناف المتداخلة أو على وجه الخصوص أحجار كلسية دولومية، وأحجار كلس غنية بالمغنيسيوم وغيرها من التعبيرات.

الجدول 12.3

محتويات المغنيسيوم في الأسمدة والأحجار الكلسية

المواد	تركيز المغنيسيوم (%)
الأحجار الكلسية	
الدولوميت	12
الأحجار الكلسية الدولومية	1.3 إلى 6.5
أحجار الكلس الزراعية المعتدلة	4.9
الأسمدة	
كبريتات المغنيسيوم	10
كبريتات المغنيسيوم بوتاسيوم	11
المسحوق أو أحجار البوتاسيوم	19

ينبغي أن يكون المزارع مدركاً لتركيبة الأحجار الكلسية ويقوم بتطبيقها وفقاً لذلك، ويختار أحجار كلسية تحتوي مغنيسيوم، إلا إذا أظهرت اختبارات التربة عدم الحاجة للمغنيسيوم. يجب أن يظهر كيس تعبئة الكلس تركيز المغنيسيوم في الكلس. وينبغي على المزارع أن يطلب تقريراً بالتحليل الكيميائي لحجر الكلس الذي تمّ شراؤه على شكل كتل.

ينبغي أن يطحن حجر الكلس ليصبح ناعماً ويطبّق قبل وقت من زراعة المحصول. الأحجار الكلسية الغنية بالمغنيسيوم تكون أصلب إلى حدّ ما وأقل قابلية للذوبان من أحجار الكلس الزراعية. ولكن هذه الاختلافات ليست مهمة جداً في الزراعة.

كبريتات المغنيسيوم، وتسمى أيضاً الملح الإنجليزي (Epsom Salts) ($MgSO_4$-7H2O)، تكون قابلة للذوبان بالماء (جدول 12.3). ويمكن أن ترشّ على النباتات لتصحيح النقص، حيث إن المغنيسيوم هو عنصر متحرّك. نحو ثلث الأونصة من الملح الإنجليزي يمكن أن تذوب في 5 غالونات من الماء وترشّ على نحو 100 قدم مربع من الأرض أو على الأوراق لترطيبها. كبريتات بوتاسيوم

المغنيسيوم هي أيضاً قابلة للذوبان بالماء، ولكنها تستخدم عادة في تسميد التربة. وبتطبيق تعريفات ليبرالية، تعترف بعض المنظمات بكبريتات المغنيسيوم وكبريتات بوتاسيوم المغنيسيوم بأنها مواد عضوية، لكون هذه الأسمدة تظهر في الطبيعة. نادراً ما يستخدم الحجر الصابوني والطلق (Talc) كأسمدة، لكنها تتوافر في الطبيعة كسيلكات المغنيسيوم وهي لينة، وإذا تمّ طحنها لتصبح ناعمة ومزجت جيداً مع التربة فإنها تطلق المغنيسيوم بشكل كاف لتغذية المحاصيل التي تنمو.

الكبريت

وظيفته

تكونت أهمية الكبريت مع تجارب زراعة النباتات المائية في الستينات (ساكس وكنوب). الكبريت هو واحد من مكوّنات حمضين أمينيين سيستيين والميثيونين (Methionine) (Cysteine) الضروريين لتركيب البروتين. بالإضافة إلى هذا الدور يعتبر الكبريت مهما في التركيب الأولي للبروتينات وهمومهم في الروابط التي تشكّل وتحافظ على سلامة تركيبة الأنزيمات وغيرها من البروتينات. وهو واحد من مكوّنات العديد من الفيتامينات والعديد من العوامل المصاحبة للتفاعلات الأنزيمية للنباتات (تيامين، بيوتين، لبوييك، والأنزيم المساعد A...). الكبريت هو جزء من العديد من المركبات التي تعطي النكهات والروائح الخاصة للخردل (بما فيه الملفوف، والبروكلي، وغيرها والثوم والبصل).

أشكال نقص الكبريت في النباتات

قليلاً ما تظهر عوارض نقص الكبريت في المحاصيل. المحاصيل المزروعة بأساليب عضوية، قليلاً ما تظهر نقص كبريت بسبب الاستعمال الواسع لبقايا نباتات وأسمدة عضوية وأسمدة مزرعة تحتوي على الكبريت في الزراعة العضوية. كما أن مياه الري في المناطق شبه الجافة ومياه الأمطار في المناطق الرطبة غالباً ما تحتوي على كبريت كافٍ لتغذية النبتة. وتختلف كمية الكبريت المترسّب بحسب الموقع، لكن نحو 15 رطلاً من الكبريت تترسّب مع المطر سنوياً في مناطق الغرب الأوسط ومناطق الشرق الشمالي في الولايات المتحدة،

وهي كافية لإشباع نصف متطلّبات المحاصيل من الكبريت أو أكثر. ومناطق أخرى من البلاد تتلقّى كميات أقل. الكثير من الكبريت في الجو يأتي من احتراق الفحم في توليد الطاقة الكهربائية، وبعضها يأتي من احتراق النفط والغاز في محطات الكهرباء ومن انبعاثات السيارات. قد تدخل الجو كمية صغيرة من الكبريت من المواد العضوية المتحلّلة في المستنقعات. المحاصيل التي تنمو في مناطق بعيدة عن المناطق الصناعية أو خارج تيار الريح الآتي من هذه المناطق قد تتلقّى جزءاً صغيراً من الكبريت [من المطر] فقط، وتعتمد كلياً على التربة للحصول عليه. تحت هذه الشروط، ومع إنتاج محسّن للمحاصيل، يكون الكبريت مستنزفاً في معظم أرض المحصول، وخصوصاً إذا كانت المحاصيل مسمدة بالأسمدة الكيميائية الحديثة التي بطبيعتها تكون قليلة الكبريت.

الأسمدة الحديثة المركّزة بالنيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم تكون عادة مصنوعة من اليوريا (Urea) [البَوْلة]، والسوبرفوسفات المركّز وكلوريد البوتاسيوم، وبالتالي تكون أساساً خالية من الكبريت. ومع ارتفاع مردود إنتاج المحاصيل واستهلاك التربة للحصول على الكبريت (حصاد المحصول من دون إضافة العناصر الغذائية)، يصبح النقصُ شائعاً أكثر من الماضي.

بعض أنواع التربة لديها نسبة كبريت منخفضة بالطبيعة. فالتربة الرملية القليلة المواد العضوية من المحتمل أن ينقصها الكبريت لإنتاج المحاصيل. بعض أنواع التربة [في مناطق الولايات المتحدة] في الشمال الغربي، والجنوب الشرقي، والسهول الكبرى العليا مكوّنة من الصخور القليلة الكبريت. وقد تم تدوين تقارير عبر التاريخ عن نقص الكبريت في هذه الأنواع من التربة.

إن تسميد المحاصيل بمواد تطبق خصوصاً لمحتواها من الكبريت أصبح ممارساً في الكثير من عمليات الزراعة التجارية الناتجة لأن الأسمدة الحديثة المركزة هي أساساً خالية من الكبريت. هناك عدد كبير من المواد التي تحتوي على الكبريت في الزراعة التقليدية. السوبرفوسفات العادي (12% S)، وكبريتات البوتاسيوم (18% S)، وكبريتات الأمونيوم (23% S) معروفة جيداً بأنها مواد تحتوي على الكبريت. مع ذلك، لا تستخدم هذه المواد بشكل واسع في الأسمدة المركزة الحديثة. والأسمدة ذات التحليل المرتفع تحتوي على القليل من

الكبريت، لأنها مكوّنة من أملاح لا تحتوي على هذه المادة، وبشكل رئيسي بهدف الحدّ من كلفة شحن المواد الغذائية الأولية والنيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم. في مناطق الزراعة المكثّفة التي تعتمد على أسمدة تجارية بتحليل مرتفع، زاد الاهتمام باستهلاك مخزون الكبريت في التربة، لأن كمية قليلة منه تضاف بهذه الأسمدة.

عوارض نقص الكبريت في النباتات

يظهر على النباتات التي ينقصها الكبريت لون أخضر فاتح يشبه إلى حدٍّ ما اللون الذي يظهر على النباتات التي ينقصها النيتروجين. لكن عوارض النقص تظهر أولاً على الأوراق الفتية، بينما يظهر عجز النيتروجين أولاً على الأوراق القديمة. ويتأتى وجه الشبه بين نقص النيتروجين والكبريت لأنهما [كليهما] مطلوبان في تركيب البروتين. فالصباغ الأخضر، الكلوروفيل، في النباتات يكون مركب معقد مع البروتين في الكلوروبلاست، وإذا تقلّص تركيب البروتين تتقلص كمية الكلوروفيل في الأوراق.

الكبريت متحرّك في النباتات بشكل محدود، على عكس حركية النيتروجين العالية. كما أن نقص الكبريت لا ينتقل بسرعة من الأوراق القديمة، وتظهر الأعراض عادةً على الأوراق الفتية في أعلى النبتة أو أطراف الأغصان. يمكن أن تكون الأوراق في الأعلى مخططةً بالأصفر والأخضر، لدى الذرة والأعشاب الأخرى. في مراحل متقدّمة من النقص قد يظهر الاصفرار على كل النبتة في كافة المحاصيل.

النباتات العشبية التي ينقصها الكبريت تكون واهنةً وقصيرةً. وقد تظهر هذه العوارض قبل الاصفرار، وقد تكون العوارض الوحيدة ويمكن أن لا يتم اكتشافها من دون مقياس مقارنة. كما يلاحظ نقص الكبريت غالباً على النباتات الفتية. يمكن أن تختفي هذه العوارض مع تحلّل المواد العضوية ومع اختراق الجذور للتربة. مع أن عوارض النقص قد تختفي مع تقدّم سن النباتات، يمكن استعادة مردود إنتاج المحصول، لأن الآثار الضارة للنقص تبقى طول حياة النبتة. مثل عوارض لنقص أي من المواد الغذائية ينتج نقص الكبريت خراباً لا يمكن إصلاحه.

تأثير الكبريت في نمو النبتة ونوعيتها

يتقلّص مردود إنتاج المحاصيل التي ينقصها الكبريت بالمقارنة مع مردود محاصيل النباتات الجيدة التغذية. فالنباتات النحيلة لا يمكنها إنتاج مردود محاصيل جيد. مع الأعلاف، قد تكون النصبة نحيفة والنمو ضعيفاً. كما تتأخر المحاصيل التي ينقصها الكبريت في الإزهار والإثمار والنضوج. في المحاصيل المعمرة، قد يظهر النقص في السنة الثانية أو الثالثة من الإنتاج. كما يقلّل نقص الكبريت من طاقة البقوليات والخضار على تثبيت النيتروجين؛ بالتالي قد تظهر البقوليات والخضار التي ينقصها الكبريت عوارض نقص نيتروجين أيضاً.

امتصاص المحاصيل للكبريت

تتطلب المحاصيل نحو 15 إلى 30 رطلاً أو أكثر من الكبريت في السنة للفدان الواحد. عموماً، تختلف متطلبات الكبريت والفوسفور بين المحاصيل. الفالفا (Alfalfa)، والنفل (Clover)، وفول الصويا، والشمندر السكري، والملفوف، واللفت، والبصل هي أمثلة عن المحاصيل اللتي تتطلّب الكبريت بكثرة (30 رطلاً للفدان الواحد أو أكثر). البقوليات لديها تركيز كبريت مرتفع نسبياً وهي ذات مردود عال في الإنتاج. تحتوي البقوليات والخضار كميات فوسفور وكبريت متساوية تقريباً. متطلبات الكبريت المرتفعة للبقوليات والبصل تركيز المركبات التي تحتوي الكبريت. قد تراكم هذه المحاصيل الكبريت مرتين أو ثلاث مرات ما تراكم من الفوسفور. للذرة والسورغوم تركيز كبريت منخفض مساوي تقريباً للفوسفور، في أنسجتها، ولكنها محاصيل ذات مردود إنتاجٍ عالٍ، بحيث تكون كمية الكبريت التي يتمّ امتصاصها من قبل هذه النباتات كبيرة. الحبوب الصغيرة والبساتين والبقوليات والخضار ضعيفة مردود الإنتاج قد تمتص فقط 15 رطلاً من الكبريت لكل فدان في السنة.

يتراوح تركيز الكبريت في الأوراق السليمة بين 0.2 و 0.5% من الوزن الجاف. مع أن تركيزات الكبريت تختلف كثيراً مع العمر والفصيلة، إلا أن القيم تحت 0.15% هي إشارات لنقص الكبريت في معظم النباتات.

كثافة الكبريت في الأسمدة

النباتات التي تنمو بالأساليب العضوية تحصل على معظم الكبريت من المواد العضوية في التربة أو من الأمطار ومياه الري. والكبريت كعنصر هو مادة عضوية. يمكن أن يطبّق الكبريت على التربة الناقصة للكبريت لإصلاح هذا النقص. كما يستخدم الكبريت كمبيد للفطريات، وفي مثل هذا الاستعمال يوفر الغذاء للمحاصيل [في نفس الوقت]. يجب أن يؤكسد الكبريت إلى كبريتات بعملية ميكروبية في التربة قبل أن يصبح ذا قيمة كمغذّ. والجبس الزراعي هو مصدر عضوي مهم للكبريت. تركيزات الكبريت في بعض المواد الشائعة موجودة في الجدول 13.3.

الجدول 13.3

الأسمدة التي تحتوي على الكبريت وغيرها من المواد التي تحتوي الكبريت

المواد	تركيز الكبريت S%	التوافر النسبي
عضوية		
عنصر الكبريت	100	سريع
الجبس الزراعي	17	سريع
النباتات، والأسمدة ، وأسمدة المزرعة	0.4	بطيء
كيميائي		
كبريتات المغنيسيوم	14	قابل للذوبان بالماء
كبريتات البوتاسيوم*	17	قابل للذوبان بالماء
كبريتات بوتاسيوم المغنيسيوم*	22	قابل للذوبان بالماء
كبريتات الأمونيوم	24	قابل للذوبان بالماء
السوبرفوسفات العادي	12	سريع

* مقبولة كأسمدة عضوية من قبل بعض المنظّمات إذا كانت المصادر من المناجم.

تختلف تركيزات الكبريت في المواد العضوية- الكبريت العنصري والجبس الزراعي وبقايا النباتات والأسمدة العضوية وأسمدة المزرعة- باختلاف المصادر والنقاوة.

الكبريت في التربة

يكون معظم الكبريت في المناطق الرطبة هو في المواد العضوية في نطاق سطح التربة. تكون المحتويات النموذجية للكبريت في 6 بوصات الأعلى من كل فدان من التربة المعدنية في المناطق الرطبة نحو 800 رطل. وفي هذه المناطق، يكون الحفاظ على مستوى وافر من المواد العضوية في التربة ضرورياً لتأمين تموين الكبريت للمحاصيل. في المناطق شبه الجافة، قد تبلغ محتويات الكبريت نحو 1600 رطل في الفدان وهي تكون مركزة أيضاً في نطاق السطح، وقد يظهر الكثير من كبريتات في سولفات الكالسيوم (الجبس)، الذي هو إلى حدّ ما قابل للذوبان بشكل محدود ولا يرشح بسهولة.

لا يكون الكبريت في المواد العضوية متاحاً مباشرة للنباتات، ويجب أن يتم تحويله إلى تربة ممعدنة من قبل الكائنات المجهرية في التربة. تحوّلات الكبريت في التربة تشبه تحوّلات النيتروجين. ومعدنة الكبريت تشبه التحوّل إلى أمونيوم في معدنة النيتروجين. ويمكن أن يجمّد الكبريت غير العضوي بامتصاصه من قبل الكائنات المجهرية في التربة، والتي يضاف إليها بقايا النباتات الكربونية (نباتات ناضجة، وأوراق ميتة، وقش، ونشارة). ويمكن أن يصبح الكبريت المجمّد متاحاً في وقت لاحق حيث إن نسبة الكربون إلى الكبريت قد تقلّصت في المواد العضوية، بمجرد أن يصبح النيتروجين متاحاً مع تقلص نسبة الكربون إلى الكبريت C:S.

لا تلتصق الكبريتات بالطين والمواد العضوية الكبريت، بالتالي، تكون قابلة للرشح. بسبب مركبات تحتوي الكبريتات التي تكون أحياناً محدودة الذوبان، لا ترشح الكبريتات بسهولة كالنترات، ولكنها عرضة للرشح أكثر من الفوسفور. الكبريت ليس مثبتاً في التربة، على نقيض الفوسفور الذي يثبت بقوة بالحديد

والألمنيوم. وبالتالي لا يمكن أن يقل توفر الكبريت بالتثبيت في التربة إذا كان الكبريت موجوداً في المواد العضوية أو في الجبس أو غيرها من الكبريتات، فهو سوف يكون متاحاً للنباتات عندما تكون الظروف البيئية (الحرارة والرطوبة) مناسبة.

الحديد

الحديد في التربة

الحديد هو واحد من أكثر العناصر وفرة على الأرض. مع ذلك، فإن أهم سمة للحديد في التربة ليست وفرته بل محدودية ذوبانه التي تجعله متاحاً للنباتات. يمكن أن تحتوي للتربة من 10.000 إلى 200.000 رطل من الحديد في 6 بوصات الأعلى من كل فدان من التربة، مع كمية نموذجية من 50.000 رطل في الفدان. يظهر معظم هذا الحديد على شكل أوكسيدات الحديد التي تكون صعبة الذوبان. القليل من كمية الحديد في التربة تكون متاحةً لتغذية النبتة.

تختلف إمكانية ذوبان الحديد مع تهوية التربة التي تؤثر في أكسدة الحديد. ففي التربة الجيدة التهوية تهيمن أشكال الحديد Fe (III) (فيريك (Ferric) (Fe^{3+}). هذا النوع من الحديد هو أقل قابلية للذوبان من (فيرّوس Fe^{2+}) Fe (II) الذي ترتفع نسبته نسبياً في التربة التي لا ترشح بشكل جيد. في بعض الأحيان يستخدم لون التربة الناتج من وجود الحديد كإشارة لرشح التربة وتهويتها. يعطي الحديد (فيريك) لوناً أحمر للتربة الجيدة التصريف [الترشح] أو التهوية. بينما يعطي الحديد (فيرّوس) لوناً أزرق وأخضر منقطاً بالأحمر في التربة ضعيفة الترشيح أو التهوية. ويظهر هذا اللون بشكل سائد تحت السطح، على العموم.

إنّ كميات الحديد الكبيرة في التربة تؤمن تموينا جيداً. ونقص الحديد لا يظهر عادة في التربة كنتيجة لهيمنة الحديد الفريك في التربة الجيدة الرشح. قد يظهر النقص في التربة القلوية حيث يترسّب الحديد، أو في التربة الرملية الحمضية حيث يستنزف الحديد بالتجوية أو الرشح. التربة العضوية (عموماً التربة مع نسبة مواد عضوية أكثر من 20% في نطاق السطح) قد تكون ضعيفة الحديد بسبب تركيزاته المنخفضة فيها كنتيجة للرشح أثناء تكوين التربة، وكذلك من ربط (تنحية أو خلبية) الحديد في التربة مع المواد العضوية.

تنخفض قابلية الحديد للذوبان بسرعة مع ارتفاع درجة الحموضة pH. وإذا زادت قلوية التربة عن مؤشر الحموضة pH 7.5 قد يجد المزارعون محاصيلهم ناقصة الحديد، وكذلك يجدون أنفسهم ملزمين بأنواع المحاصيل التي يمكنها أن تنمو في هذا النوع من التربة. فالمحاصيل المسماة محبة للحوامض- مثل التوت الذي يسمّى محب الأسيد، والوردية، والأزلية، وغيرها من النباتات- من المحتمل أن تكون ناقصة الحديد في التربة ذات درجة حموضة أكثر من pH 6.5 إلى 7. وتحميض هذه التربة عموماً يجعل الحديد متاحاً للمحاصيل. وإضافة أملاح الحديد مباشرة للتربة من دون تحميضها هو عادة أمر غير نافع، حيث يتفاعل هذا الحديد المضاف مع درجة حموضة التربة العالية pH ويصبح غير متاح. رشّ الورق بالحديد مفيد أحياناً لتصحيح الخلل، ولكن الطريقة المُثلى للإصلاح هي بتطبيق مواد عضوية على التربة لعدة سنوات. فمواد النبتة العضوية (بقايا نباتات، وأسمدة المزرعة، والأسمدة العضوية) تضيف الحديد للتربة وترفع من إتاحة الحديد من خلال التحميض مع تعفّن المواد العضوية. وتساعد المواد العضوية أيضاً على إبقاء الحديد في المحلول.

إن التربة العضوية (الوحل، والروث مع أكثر من 20% من المواد العضوية من حيث الوزن، وبشكل عام مع 80% أو أكثر من المواد العضوية) والزراعة العضوية بالعلب غالباً ما تكون ناقصة الحديد. في هذه الأنواع من التربة يحبس الحديد بشدّة بالمواد العضوية في مركبات معقدة تعرف بـ الكلابية: (مشتقة من كلمة يونانية بمعنى مخلب). والكلابيات هي مركبات عضوية فيها المعدن (حديد وزنك ونحاس مثلاً مرتبطة ببعضها بقوى مختلفة). ووفرة المواد العضوية في التربة العضوية قد تربط الحديد بمثل هذه الصلابة بحيث يكون غير متاح بشكل كافٍ لدعم نمو النبتة. كذلك، يكون العديد من الترب العضوية كثيرة الرشح، مما يجعل مستويات الحديد في التربة منخفضة بطبيعتها، والربط الكلابي بالمواد العضوية يؤدي أيضاً إلى مزيد من تقليل الحديد المتاح إلى مستويات النقص. والنباتات التي تنمو في زراعة العلب في مواد وسيطة مثل الوحل أو في أماكن البذور ومتحللات الفرمكليت ومتحللات الفرمكليت والبرليت (Peat-Vermiculite-Perlite) وPeat–Vermiculite غالباً ما تصبح قليلة الحديد بسبب التزويد المحدود بالحديد لهذه الوسائط، وبسبب فشل إضافة الحديد بالأسمدة.

فالأعشاب والذرة هي بشكل خاص ميّالة لتكون قليلة الحديد في هذه المتوسطات مع أن النقص قد يظهر في عدد من المحاصيل.

بخلاف ذلك يكون الحديد كلابياً محمياً من التفاعل مع مكوّنات غير عضوية في التربة. ومن الأمثلة على التأثير بأنواع حديد أخرى نذكر حماية الفوسفات من الترسّب بواسطة الحديد الذائب في التربة الحمضية. إضافة المواد العضوية بوفرة مع أسمدة الفوسفور إلى التربة يساعد على الحفاظ على الفوسفور في المحلول. تأتي الحماية من ربط الحديد الذائب الكلابي ومن تفاعل الحديد والفوسفور اللاحق. ربط الحديد الكلابي مع جزيئات عضوية يشكل تركيبات معقدةً قابلةً للذوبان بالماء، وبهذا الشكل، يكون الحديد متاحاً للنباتات. فالكلابيات أو الحديد القابلة للذوبان هي مصنوعة تجارياً لتأمين الحديد برشّ الأوراق وللاستخدام في محاليل التغذية في زراعة النباتات المائية. وفي الزراعة المائية تتجاوز تركيزات الفوسفات بشدة تركيز الحديد، إذا لم يتم ربطه كلابياً فمن الممكن أن يترسب مع الفوسفات. يتم انتقال الحديد في النباتات مع الحديد المربوط كلابياً إلى حمض الستريك (Citric). في هذه الحالة يحمي الربط الكلابي الحديد من الترسّب في النباتات، وخصوصاً من الترسّب كفوسفات الحديد.

وظائف الحديد في النباتات

إن الحديد مهم في تركيب الكلوروفيل، بالرغم من أنه ليس مكوّناً له. للنباتات القليلة الحديد لون ممتقع أبيض أو أصفر. و قد لوحظ ربط الحديد بتركيب الكلوروفيل في 1844، وقد تعاظمت أهميته كمغذٍّ للنباتات بشكل قاطع مع تجارب الزراعة المائية في الستينات (ساكس وكنوب) باستخدام الطرق نفسها التي تمّ استعمالها لبرهنة أهمية المواد الغذائية الكبيرة.

الحديد مطلوب لعملية التحويل الضوئي. فهو واحد من مكوّنات البروتينات فيريدوكسين (Ferredoxin) وسيتوكروم (Cytochrome) التي تشارك في تفاعلات هذه العملية. وهو مهم أيضاً في تركيب الكلوروفيل. والحديد مطلوب كذلك لعملية التنفّس. تحويل طاقة الكربوهيدرات وغيرها من المركبات إلى أدينوزين تريفوسفات يتطلّب الحديد. وهو مهم لتثبيت النيتروجين بواسطة البقوليات وغيرها من النباتات التي تكتسب النيتروجين من الهواء. الحديد هو

من مكونات أنزيمات تسمى كاتالاز (Catalase) وبيروكسيداز (Peroxidases). هذه الأنزيمات تحمي الخلايا من الأكسدة وقد يكون لها دور في مقاومة المرض.

تأثيرات الحديد في نمو النباتات ونوعيتها

تمتصّ النباتات القليل من الحديد في كل فدان في السنة. والنباتات القليلة الحديد تكون ذات لون أصفر أو أبيض وخصوصاً على الأوراق الفتية قرب الأطراف. قد تظهر الأعشاب خطوطاً صفراء أو بيضاء وخضراء في الأوراق. في مراحل متقدّمة، وقد تتقدّم العوارض نحو أسفل النبتة حتى تظهر على كامل النبتة عوارض النقص وعوارض النقص قد تستمر لبعض الوقت قبل موت الأنسجة. وإذا طبق الحديد قبل موت الأنسجة يمكن أن يتحسّن شكل النبتة، ولكن إنتاجيتها قد لا تسترجع بالكامل في الموسم عينه.

نباتات الزينة القليلة الحديد (غاردينيا، وكاميليا، وأزلية، ووردية) تكون غير جذابة وغير تسويقية. يؤدي استمرار النقص إلى موت البراعم ويكون النمو الجديد ضعيفاً مع لون أصفر أو أبيض. كما تكون الأعشاب والبامبو القليلة الحديد غير جذابة وغير تسويقية. قد تموت هذه النباتات والنمو من جديد قد يظهر نقص حديد أكثر من النبتة الأصلية. محاصيل الذرة والحبوب الصغيرة (مثلاً الشعير، والشوفان، والجاودار، والقمح، والذرة) تنتج عرانيس ورؤوساً صغيرةً ومتناثرةً. محاصيل الفاكهة والجوز (مثلاً التوت، والتوت البري، والحمضيات، والعنب، والدراق، وجوز البقان، وجوز عين الجمل) تصبح مردودات إنتاجيتها منخفضة وقد تتأذّى بشدة بلون أبيض وأصفر وبموت يبدأ من أعلى النبتة.

قد تكون التربة الرملية وكثيرة الرشح والتربة الحمضية في السهول الساحلية قليلة الحديد بسبب استنزاف الحديد بالرشح والتجوية. من المحتمل أن تكون التربة القلوية وخصوصاً بدرجة حموضة أكثر من 7.5 ناقصةَ الحديد بسبب ترسب الحديد في مركبات ضعيفة القابلية للذوبان. وفي التربة العضوية قد يكون هناك نقص في الحديد بسبب الربط الكلابي للمواد العضوية والتموين القليل بسبب الرشح.

أسمدة الحديد

إن إضافة أملاح الحديد غير العضوية للتربة هو تطبيق قليل الإفادة في تغذية النبتة. فالحديد المضاف سرعان ما يصبح غير متاحٍ بسبب التفاعل مع الكثير من مكوّنات التربة الأخرى. وأسمدة المزارع هي مصادر جيّدة للحديد. قيمة الأسمدة الزراعية في تغذية النباتات بالحديد لا تكمن بالحديد المضاف فقط بل أيضاً بالمواد العضوية التي تضاف في نفس الوقت. الأحماض العضوية الصادرة عن تحلّل الأسمدة الزراعية تساعد على تذويب الحديد في التربة وبقائه في المحلول بعملية الربط الكلابي. من هنا فإن أيّاً من فضلات النباتات المتحلّلة يمنح الإفادة نفسها التي يمنحها سماد المزرعة. تطبيق أسمدة المزرعة بكمية 10 إلى 20 طن لكل فدان في السنة يكون فعّالاً في السيطرة على ربط الحديد في كل أنواع التربة – الرملية، والقلوية أو العضوية– حيث من المحتمل أن تظهر عوارض النقص. ترسبات مياه الصرف الصحي هي أيضاً مصادر حديد ولكنها ليست مصادر عضوية. أملاح الحديد تضاف غالباً لتثبيت الترسّبات البيولوجية في محطات معالجة مياه المجاري وبالتالي قد تكون هذه الترسّبات كثيرة الحديد. على المزارع أن يتجنّب الترسبات البيولوجية من مصادر تصبّ فيها الكثير من المعادن الثقيلة (زنك، وكالسيوم، ورصاص). الترسّبات البيولوجية من مياه الصرف الصحي ليست مسموحة في برامج المواد العضوية المعتمدة، بسبب احتمال وجود محتويات معادن، بغض النظر عن الإجراءات الفدرالية والدولية التي تنظّم مستويات المعادن المسموح بها في الترسّبات البيولوجية الموجّهة للاستخدام على أرض المزرعة.

إن مصادر الحديد العضوية متاحة كأسمدة. فهذه المركبات هي روابط حديد كلابية، وقد تعرف بالحديد المحتجز. والعديد من الأسماء المختصرة EDTA, EDDHA, DTPA, HEDTA. التركيبات الخاصة التي تصاغ للاستخدام في تربة بدرجات حموضة مختلفة pH. على المستخدم أن يستشير البائع للاستعمالات المحددة. أسعار هذه الأملاح أعلى من أسعار مركّبات الأملاح غير العضوية، ولكنها فاعلة أكثر في تشكيل الروابط الكلابية للحديد. يمكن تطبيق الروابط الكلابية على التربة أو المواد الوسيطة أو مباشرة على الأوراق. يتم الحصول على أفضل النتائج بالتطبيق المباشر على الأوراق ولكن هذا التطبيق له حدوده.

فمن غير المؤكّد أن تدخل التطبيقات من الأوراق إلى النبتة. إذا لم يدخل الحديد إلى الأوراق يتمّ انتقاله ببطء في النباتات كما يظهر في عوارض النقص التي تظهر على الأوراق الفتية أولاً. والتطبيق المباشر على الأوراق قد يصلح الأجزاء التي حصلت على المادة فقط، حيث إنه من الممكن أن لا يحدث انتقال الحديد لمناطق أخرى. يطبّق هذا النوع لإصلاح النقص في أشجار الفاكهة والجوز وفي أشجار الزينة الخشبية. ينبغي استخدام روابط حديد الكلابية قابلة للذوبان، بدلاً من أملاح الحديد، في التطبيق المباشر على الأوراق. كما يجب استخدام عامل مبلل، أو صابون أو منظّف، لتأمين إمكانية انتشار المادة المرشوشة. وقد تظهر سُمّية الحديد حيث تتجمّع وتجف بعض قطرات المادة المرشوشة.

على المزارعين أن يلجؤوا إلى منظمات للتأكّد من إمكانية استخدام أملاح حديد القابلة للذوبان أو روابط الحديد الكلابية في ممارسات التطبيق العضوي. بعض المنظمات المانحة لشهادات الزراعة العضوية تسمح باستخدام الأملاح والكلابيات هي مواد غذائية كبيرة إذا ظهر نقص بالمواد الغذائية الصغيرة بالمراقبة العينية أو تحليل النسيج.

الزنك

الزنك في التربة

إن تركيز الزنك في التربة هي أقل بكثير من تركيز الحديد. فالكمية النموذجية للزنك في التربة هي نحو 150 رطلاً في كل فدان (أعلى 6 بوصات). بحيز يتراوح بين 20 إلى 500 رطل للفدان. الجزء القليل من الزنك يكون متاحاً. إتاحة الزنك في التربة تماثل نموذج إتاحة الحديد. حيث تقلّ الإتاحة بارتفاع درجة الحموضة بسبب الذوبان المتراجعة. يحبس الزنك بكلابيات مع المواد العضوية. ومعظم الزنك المتاح مرتبط بنطاق تربة لديها محتويات مواد عضوية مرتفعة؛ عدا ذلك، يتوزّع الزنك بشكل متساو في مختلف أنواع التربة. كميات ضئيلة فقط من الزنك تثبت في مركبات تبادل معقدة مع الطين، مع أن الزنك قد يترسّب على السطوح الطينية. يشكّل الزنك أحياناً ترسبات مع الفوسفات قابلة للذوبان؛ ووجود كميات كبيرة من الفوسفات في التربة أو في النباتات قد تشير إلى تحفيز لنقص الزنك في المحاصيل. كذلك، فإن تركيزات الفوسفور المرتفعة في أنسجة النبتة ترتبط بنقص الزنك.

إن نقص الزنك ليس منتشراً بشكل واسع في المحاصيل، واحتمالات زيادة الإنتاج أو نمو المحصول بأسمدة الزنك هي نادرة. قد يوجد نقص الزنك في أشجار الفاكهة ومحاصيل الجوز أكثر من غيرها من المحاصيل. يظهر نقص الزنك في التربة الرملية القليلة في الزنك المتاح بسبب الترشح، وفي التربة العضوية حيث يحبس الزنك مع المواد العضوية في مركبات معقدة، وفي التربة القلوية ذات درجة حموضة pH أكثر من 7.5، وفي التربة عالية تركيز الفوسفات (مترسب). يمنع الطقس البارد امتصاص النباتات للزنك، كما قد تظهر عوارض النقص في المحاصيل أثناء الفترة الباردة في الفترات المبكرة لموسم النمو. ويخف النقص كلّما زادت سخونة التربة.

وظائف الزنك في النباتات

يعود اكتشاف أهمية الزنك لسومير وليبمان (Lipman) (Sommer) (في 1926). ففي بداية الثلاثينات من القرن الماضي كان العمّال قادرين على إصلاح مرض الأوراق الصغيرة في الحمضيات والدراق بتطبيق الزنك، كما كانوا قادرين على إثبات هذا النقص نفسه عندما يمنع الزنك عن النباتات في الزراعة المائية. الزنك مكون أو مطلوب لتفعيل عمل العديد من الأنزيمات. ولهذه الأنزيمات أدوار في العديد من عمليات النبتة، من ضمنها العملية الأيضية للنيتروجين والكربوهيدرات وتركيب الحمض النووي منقوص الأكسجين DNA والحمض النووي الريبي RNA وتركيب الهورمونات وربما في عملية التحويل الضوئي.

تأثيرات الزنك في نمو النباتات ونوعيتها

تمتصّ النباتات أرطالاً قليلة من الزنك في الفدان كل سنة. وتظهر عوارض النقص على الأوراق الفتية للنباتات. والزنك مادة غير متحرّكة في النباتات، ولا ينتقل بسرعة كافية من الأنسجة القديمة إلى الأنسجة الشابة لمنع حدوث النقص في الأوراق الفتية بعد استنفاد الزنك المتاح من التربة. يكون حجم الورقة وطول الغصن محدودين في أشجار الفاكهة والجوز القليلة الزنك (الذرة، والسورغوم

والحبوب الصغيرة والأعلاف). في حالة النقص الحادّ يحدث موت النبتة من أعلى إلى أسفل، ولكون النمو الجديد متشجر ومتسلق (مكنسة الساحرات). كما يمكن أن يقل كثيراً إنتاج الفاكهة والجوز، أن تتشوّه الفاكهة وتكون صغيرة، وصفراء، وجافة، وصلبة في الحالات الشديدة. النقص البسيط قد لا يؤثّر في الفاكهة ونوعية الجوز.

تظهر على الأعشاب أجزمة ألوان شحوب أصفر وأبيض في وسط الأوراق الشابة وتكون الأوراق الشابة في نباتات الأوراق العريضة بكاملها شاحبة. وفي حالة النقص الحاد تأخذ كل النبتة هذا اللون. قد تظهر النباتات تورمات مقصّرة تجعل مظهرها سيئاً. كل هذا بسبب نقص الزنك الذي هو عامل مهم في ناظم النمو أوكسين (Auxin) والتشكيل والثبات.

أسمدة الزنك

تشكّل أسمدة المزرعة مصدراً مهماً للزنك للمزارعين العضويين. تطبيق سماد المزرعة لسنوات عدة بمعدل 10 إلى 20 طن للفدان في السنة يغني التربة ويؤمّن لها زنكاً كافياً لتغذية المحاصيل. كما أن الترسّبات البيولوجية (مياه الصرف الصحي) غنية بالزنك (Zn)؛ مع ذلك، يجب أن يكون المزارع مدركاً لتركيبة هذه الترسبات لاحتمال وجود المعادن الثقيلة فيها، لتجنّب تلويث التربة بها.

تتوافر العديد من أسمدة الزنك المصنعة. والأكثر شيوعاً منها هو كبريتات الزنك. مصادر الزنك الكلابية هي أيضاً متاحة تجارياً. وكلابيات الزنك توفر الزنك للتربة وخصوصاً القلوية بشكل أفضل من كبريتات الزنك وهي مفضّلة للتطبيق للنباتات الورقية. تسمح العديد من المنظمات المعتمدة للزراعة العضوية باستخدام هذه الأسمدة.

النحاس

النحاس في التربة

تبلغ تركيزات النحاس في التربة ما بين نحو 10 إلى 300 رطل في الفدان (أعلى 6 بوصات) بقيمة نموذجية من نحو 100 رطل في الفدان. يتجمّع النحاس

في التربة بشدة على المواد العضوية مما يجعله متاحاً بندرة للنباتات. وارتفاع كمية المواد العضوية (أكثر من 20%) في التربة يزيد من نقص النحاس. يرتبط النقص بشكل عام بالتربة العضوية الطينية والروث. يتحرّر النحاس من المواد العضوية كلما زاددت درجة حموضة التربة pH (أكثر من 7.2). لكن النحاس يكون متاحاً بحدود قليلة بسبب تفاعله مع مكوّنات التربة القلوية. التربة الرملية والحمضية والكثيرة الرشح كتلك في السهول الساحلية غالباً ما تكون قليلة النحاس.

وظائف النحاس في النباتات

يرتبط النحاس بوظائفية الأنزيمات. وله دور في عملية التركيب الضوئي والتنفس والتفاعلات مع جزيئات الأكسجين.

تأثيرات النحاس في نمو النباتات ونوعيتها

تحتوي معظم أنواع التربة على كمية نحاس كافية لتغذية المحاصيل. يظهر النقص عامة في التربة العضوية والراشحة والرملية التي لديها مظهر الرمل المغسول بالحمض.

عدم التوازن بين كمية النحاس والمواد الغذائية المعدنية الأخرى والفوسفور يحدث خللاً ونقصاً في النحاس. تمتصّ النباتات نحو رطل من النحاس في كل فدان في السنة. وتظهر عوارض النقص أولاً على الأوراق والنباتات الفتية، ولكن قد تبقى هذه العوارض طول موسم النمو. تخسر الأوراق المتأثّرة الكلوروفيل مع ظهور خطوط في أسفلها. ويحدث موت النبتة من الأعلى إلى الأسفل ومظاهر مكنسة الساحرة وتعدّد البراعم في أشجار الفاكهة. قد يصبح اللحاء خشناً ومصحوباً بتورّم ورواسب طينية مع الصمغ البني القابل للذوبان بالماء. وقد تُظهر الفاكهة أيضاً هذه المواد الصمغية. تظهر النباتات أيضاً شحوباً بألوان أزرق و أخضر في الأوراق الشابة.

أسمدة النحاس

عموماً، ليس هناك حاجة للتسميد بالنحاس إلا إذا كانت التربة عضوية

أو رملية أو كثيرة الرشح. لتأمين النحاس ينبغي على المزارعين استخدام بقايا النباتات والأسمدة العضوية وأسمدة المزرعة بسخاء. يستخدم المزارعون التقليديون كبريتات النحاس مباشرة أو كلابيات النحاس على التربة أو رشها على الأوراق. وتحتوي بعض مبيدات الطحالب على النحاس، ويمكن أن تؤمّنه للنباتات عبر الأوراق، أو الجذور بعد أن تُغسل المبيدات عن الأوراق وتهبط على الأرض. تسمح بعض المنظمات المعتمدة للزراعة العضوية باستخدام كبريتات النحاس وهيدروكسيد النحاس كمبيدات للطحالب. ربما، وبنفس المنطق، يمكن استخدام كبريتات وهيدروكسيد النحاس من قبل المزارعين العضويين، كمكملات لبقايا النباتات والسماد العضوي وسماد المزرعة. وككلّ المواد الغذائية الصغيرة، عند اكتشاف النقص، يمكن استخدام أسمدة تحتوي على النحاس ما عدا النترات والكلوريد والأملاح المسموح بها من المنظمات المعتمدة.

المنغنيز

المنغنيز في التربة

المنغنيز هو عنصر متوافر بكثرة في قشرة الأرض. تحتوي التربة على ما بين 40 إلى 12000 رطل في الفدان (أعلى 6 بوصات). كقيمة نموذجية يبلغ 5000 رطل في الفدان. يترسب معظم المنغنيز في التربة على شكل ترسبات أوكسيد المنغنيز (MnO_2)، الذي ليس متفاعلاً جداً وغير سميٍّ. تمتصّ النباتات كمية منغنيز قليلة من محلول التربة لتغذية المحاصيل بضعة أرطال في الفدان في السنة. وقد يظهر نقص المنغنيز في التربة الرملية التي شح منها العنصر، والتربة القلوية التي يترسب فيها العنصر، والتربة العضوية حيث يشكل العنصر كلابيات أو يرشح منها. تختلف قابلية ذوبان المنغنيز في التربة مع اختلاف حموضتها. في التربة الحمضية أدنى من pH 5.0، تكون تركيزات المنغنيز سامّة للمحاصيل الحساسة. وهذه السميّة مع الألمنيوم تعتبر عاملاً رئيسياً للحدّ من نمو المحاصيل في التربة الحمضية. فقط المنغنيز القابل للذوبان بالتربة الحمضية، لديه احتمال أن يصبح ساماً. تكليس التربة يرسّب المنغنيز القابل للذوبان ويقلّل من سميّته. التربة بدرجة حموضة فوق pH 7.5 قد تكون قليلة المنغنيز بسبب قدرة المنغنيز الضعيفة على الذوبان في التربة القلوية.

وظائف المنغنيز في النباتات

ظهرت أهمية المنغنيز عام 1922 مع ماك – هارغ (McHargue). وهو ضروري جداً لنشاط بعض الأنزيمات ويمكن أن يستبدل دور المغنيسيوم في تنشيط العديد من الأنزيمات. وهو مهم لنظام تأمين الأكسجين لعملية التحويل الضوئي. لدى النباتات نحو 20 إلى 200 ملغ/ كلغ من المنغنيز في الأوراق.

تأثير المنغنيز في نمو النباتات ونوعيتها

تظهر معظم عوارض نقص المنغنيز على المحاصيل التي تنمو في التربة العضوية في المناطق الرطبة. يعرف نقص المنغنيز بمرض الاستصلاح، بسبب ارتباطه بالتربة التي بزلت مياهها ودخلت مجال الزراعة. في التربة العضوية، يلتصق المنغنيز بشدة بالمواد العضوية وقد يتم استنزافه بالرشح. تكليس التربة الحمضية غالباً ما يزيد من نقص المنغنيز بتقليص إمكانية ذوبان القليل من المنغنيز المتوافر في محلول هذه التربة التي تتسم بتوافر منخفض للمنغنيز. وقد يظهر قصور المنغنيز في التربة المعدنية إذا كانت درجة الحموضة مرتفعةً أو إذا كانت التربة رمليةً جداً واستنزفت المنغنيز بالرشح.

تظهر عوارض النقص على شكل اصفرار بين الأوراق أو نقاط شحوب (اصفرار) أو موت الأوراق العلوية من محاصيل الحقول والخضروات. تصبح النباتات واهنةً وتعطي مردودات محاصيل محدودة. في الشوفان، يظهر الاضطراب على شكل بقع رمادية مرضية في الأوراق الأولى. تظهر العوارض في أشجار الجوز والفاكهة عموماً على الأوراق الشابة وقد تظهر على الأوراق القديمة في حالة النقص الحاد. ولا تظهر الفاكهة عوارض غير نقص الإنتاج والألوان الفاتحة.

أسمدة المنغنيز

عادة لا يحتاج المزارعون إلى جهد كثير لتسميد المحاصيل بالمنغنيز، لأن النقص يظهر في التربة العضوية والرملية والكثيرة الرشح فقط أو في التربة القلوية. تكون بقايا النباتات والأسمدة العضوية وأسمدة المزرعة أفضل مصادر للمنغنيز

للبستنة العضوية. أما المزارعون التقليديون فقد يطبقون كبريتات المنغنيز مباشرة غلى التربة أو يرشون الأوراق. يسمح للمزارعين العضويين باستخدام أسمدة المنغنيز الكيميائية، ما عدا أملاح النترات والكلوريد، إذا تم تشخيص نقص المنغنيز. البورون هو عنصر سام إلى حد ما، ويجب أخذ الحذر وعدم المبالغة في استخدامه كسماد. قد تظهر سميّته في تركيز البورون العالي في مياه الري في زراعة الأرض الجافة. إن سُميّة البورون الناتجة عن تناوب المحاصيل الحساسة من البورون ومع محصول مسمد به تكون غير محتملة في المناطق الرطبة بسبب الرشح السريع للبورون. وتختلف كمية البورون التي تحتاجها المحاصيل باختلاف الفصائل وحدائق الزراعات الخاصة. لكن التخمير الشائع هو رطلين من البورون للفدان كل سنة. وقد تتطلّب بعض المحاصيل مثل القرنبيط الحديث في حدائق الزراعات المتخصصة كمية 5 أو 6 أرطال من البورون للفدان الواحد في السنة، ولكن هذه الكمية تكون سامة لمعظم المحاصيل.

الموليبدنوم

الموليبدنوم في التربة

يكون تركيز الموليبدنوم في التربة منخفضاً، حوالي 4 أرطال إلى 20 رطلاً في أعلى في الفدان في التربة. تمتص المحاصيل أقل من أونصة واحدة في الفدان في السنة، وتحتوي بشكل نموذجي من 01 إلى 1 جزء من المليون (ملغ/ كغ) من الموليبدنوم في أوراقها. وقد لوحظت زيادة في مردود المحاصيل بتطبيق الموليبدنوم بنسب متدنية من 01 أونصة للفدان الواحد. ورغم أن الحاجة للموليبدنوم محدودة جداً في المحاصيل، لكنه ليس عنصراً ساماً. وتتأثر قابلية ذوبان العنصر في التربة بحموضة التربة. وتقل قابلية الذوبان مع زيادة الحموضة، وقد يصبح الموليبدنوم ناقصاً في المحاصيل التي تنمو في درجة حموضة أقل من pH 5.3. تكليس التربة عموماً يسترجع قابلية ذوبان الموليبدنوم إلى المستوى الكافي لإنتاج المحصول.

وظيفة الموليبدنوم في النباتات

لقد أثبتت أهمية الموليبدنوم عام 1939 (Arnon and Stout). يكون الموليبدنوم مهماً في النباتات لاختزال النترات، وهي خطوة مهمة في تحويل

النترات إلى أمونيا. والموليبدنوم مهم أيضاً لتثبيت النيتروجين في الخضار. وعملية تثبيت النيتروجين هي العملية التي تتم، بالتكامل مع البكتيريا، لتحويل غاز النيتروجين في الجو إلى نيتروجين متاح للنبات. وقد تظهر النباتات التي تعاني من نقص الموليبدنوم وكأنها تعاني من نقص النيتروجين. وتكون هذه النباتات بالفعل تعاني من نقص النيتروجين لعدم قدرتها على استخدام نترات النيتروجين أو نيتروجين الهواء بسبب نقص الموليبدنوم، ونقص النيتروجين في التربة. وكل محصول قد يكون عرضة لنقص الموليبدنوم، لكن، تاريخياً، عانت خضار البقولات والبراسيكا (Brassica) والحمضيات أكثر من غيرها من حالات مثل هذا النقص. بالإضافة إلى مظاهر النحول والشحوب لنقص النيتروجين، تظهر الأوراق في النباتات التي تعاني من نقص الموليبدنوم على أنها محروقة على الأطراف ثم يتقدم الاحتراق ليغطي كل الصفائح الورقية للأوراق القديمة في المراحل المتقدمة لهذا النقص. وفي كثير من الأحيان لا يبقى سوى الوريد الوسطي مولداً ما يسمى ذنب السوط (Whiptail). تراكم النترات على أطراف الورقة يرتبط مع الاحتراق ونحو ذنب السوط. وفي العشرينات من القرن الماضي، ولسنوات عدة قبل إدراك أهمية الموليبدنوم، تم وصف ذنب الوسط في القرنبيط. وقد تمت ملاحظة هذا الاضطراب في القرنبيط الذي كان ينمو في التربة الحمضية (pH حوالي 5.3) وحيث كانت البطاطا تنمو في لونغ أيلند في نيويورك. هنالك كان يحافظ على عموضة التربة لمكافحة مرض جرب البطاطا. ومرض جرب البطاطا، مرض سطحي تتسبب به بكتيريا الحارش (Actinomycetes) أو بكتيريا متعددة الخلايا (Multicellular)، ما يجعل البطاطا غير مرغوبة في السوق. ولا ينمو هذا المرض في التربة الحمضية. وثم معالجة ذنب السوط في القرنبيط بتكليس التربة. فالتكليس يسمح بتحرير الموليبدنوم الأصلي في التربة. وكانت التربة الحمضية في لونغ أيلند تحتوي ما يكفي لنمو النباتات، لكنه لم يكن متوافراً (قبل التكليس). وعلى خلاف غيره من العناصر التي يزيد توافرها في التربة الحمضية، فإن توافر الموليبدنوم (قابليته للذوبان) تقل مع زيادة الحموضة. وقد مضت ما بين عشرين سنة بين تاريخ ملاحظة فائدة التكليس لمعالجة ذنب السوط وربط هذا المرض بتقص الموليبدنوم.

أسمدة الموليبدنوم

يوصى بالتكليس في الممارسات العضوية لمنع أو معالجة نقص الموليبدنوم. وتتوافر أسمدة الموليبدنوم تجارياً ومن هذه الأسمدة يمكن تطبيق الموليبدنوم بكميات من 0.5 إلى 5 أونصة للفدان بتطبيقها مباشرة في التربة، أو برشح الأوراق في المحاصيل، أو برش الغبار أو الصابون المحتوية على الموليبدنوم على البذور، أو بالطين والمحلول الذي يحتوي على هذا العنصر. وقد يكون استخدام هذه الأسمدة أرخص من التكليس. لكن هذه الأسمدة لا تطبق على التربة الحمضية أقل من pH 0.5 لأنها على الأرجح تكون غير فعالة في الأنظمة الحمضية.

البورون

البورون في التربة

يتراوح محتوى البورون في أعلى 6 بوصات من التربة بين 10 و20 رطل في الفدان. يرتبط معظم البورون المتوافر في التربة بالمادة العضوية. ولأنه يمكن للبورون أن يرشح من التربة فإن نقص هذه المادة منتشر بشكل واسع في المناطق الرطبة. إن التربة الحمضية والراشحة والرملية والعضوية هي تربة ينقصها البورون بشكل طبيعي. إن رشح البورون من التربة وامتصاصه من المحاصيل يؤديان إلى زيادة تدريجية في حوادث نقص هذا العنصر في التربة. وتمتص ما بين رطل ورطلين من البورون في الفدان الواحد في السنة تبعاً لنوع المحصول وإنتاجيته.

وظيفة البورون في النباتات

لقد قبلت أهمية البورون في التربة عام 1926 (Sommer and Lipman) وقد أظهرت أعمال سابقة أن أنسجة الفاكهة وبعض النباتات تحتوي على البورون وبأن تطبيق منخفض من أملاح البورون له تأثير داعم للنمو، في حين أن التطبيق الكثيف له تأثيرات تحد من النمو. لا يتحرك البورون في النبات، وترتبط عوارض نقص العنصر بهذا العامل. فموت السيقان قد يحصل عند حصول النقص. وقد تنتج بعض الأمراض غير الطفيلية نتيجة نقص البورون؛ مثل التشقق والتفتت والفلّنة (Corking)، والتجوف والتعفن الجاف وتسرب الرطوبة. من الأمثلة

على مثل هذه الاضطرابات تشقق السيقان الفتية للكرفس وتشقق وتجوف جذور الجزر، وتفلّن التفاح وظهور الحثارة البنية والسيقان الفارغة للقرنبيط والبروكلي. وتكون سيقان النباتات التي تفتقر للبورون سهلة التكسر.

ليس معروفاً بدقة وظيفة البورون في النباتات. ولكن تظهر الحاجة للبورون في حركة السكر في النباتات. لكن يبدو أن التخشب يحتاج للبورون أيضاً والتلقيح وتكون البذور والفاكهة يعتمد على البورون.

أسمدة البورون

أفضل طريقة لإضافة البورون للحدائق العضوية هي مع المادة العضوية للنباتات. وتشمل مصادر الأسمدة مختلف أنواع البوراكس (Borax) (بورق) والمواد الذائبة في الماء التي يمكن تطبيقها في التربة مباشرة أو رشها على النباتات.

الكلور

الكلور في التربة

يوجد الكلور في كل مكان في الطبيعة. وهو موجود في التربة على شكل أملاح سوديوم وبوتاسيوم وكالسيوم ومغنيسيوم قابلة للذوبان، وتبلغ تركيزاته من 0.5 إلى أكثر من 5000 جزء في المليون (ppm) في التربة تبعاً للشروط البيئية وممارسات التخمير. الكلوريد (Cl^-) هو شحنة سالبة أساسية في التربة المالحة. معظم أنواع التربة لديها كلور كاف لتغذية النباتات. وهو ليس أيوناً ساماً بشدة.

وظيفة الكلور في النباتات

تأكّدت أهمية الكلور في 1945، (Broyer, Carlton, Johnson and Salot). كان هنالك حاجة للكثير من البحوث مع تقنيات متطورة أبعد الطرق السابقة الذكر لتنظيف الهواء، والماء والمادة الوسيطة للزراعة من الكلورين إلى مستويات النقص. مع ذلك، وإلى عدة سنوات سابقة لقبول الكلور كمادة أساسية ثم إثبات أن النباتات تنمو بضعف في المحلول من دون أملاح الكلوريد. وبسبب وجودها بكثرة في البيئة نادراً ما يظهر نقص الكلور بشدة في الطبيعة. وله دور في عملية التركيب الضوئي وفي تحويل الأكسجين.

أسمدة الكلور

يتوافر الكلور في الطبيعة وفي العديد من الأسمدة، وعموماً لا يحتاج المزارع لتطبيق الكلور على المحاصيل. والكلوريد غير سام نسبياً ويمكن مراكمته في النباتات بدون أي ضرر في معظم الحالات.

النيكل

النيكل في التربة

يتوافر النيكل بكثرة في قشرة الأرض وتتراوح نسبته بين 5 إلى 1000 جزء في المليون (ppm)، بمعدل نحو 50 جزء في المليون (ppm) في التربة. تختلف قابلية ذوبان النيكل في التربة باختلاف درجة حموضتها. حيث ترتفع قابلية الذوبان تحت درجة حموضة pH 6.5 وتنخفض إذا ارتفعت فوق درجة الحموضة هذه. لم يرصد قصور النيكل في الطبيعة بسبب إمكانية التربة على تأمين نيكل كافٍ لتدعم إنتاج المحصول. تظهر السميّة فقط في حال كانت التربة مستمدة من صخور ذات محتوى نيكل مرتفع بحيث يتخطى تركيز النيكل في التربة 1000 جزء في المليون (ppm).

وظيفة النيكل في النباتات

للنيكل دور في نشاطات الأنزيمات اليورياز (Urease) في النباتات وهو مغذي النباتات السابع عشر الذي تمّ اكتشافه مؤخراً (Brown 1987). يمكن أن يكون للنيكل دور في تثبيت النيتروجين في النباتات. وتتطلّب برهنة أهميته المقترحة أن تنمو النباتات لعدة أجيال من دون نيكل حتى لا يساهم محتوى النيكل في البذور بتغذية النباتات. تتطلّب النباتات أقل من 0.05 ملغ من النيكل في كل كلغ على أساس الوزن الجاف (0.05 جزء من المليون). ولم يسجّل مستوى أقل من 0.2 ملغ/ كغ في النباتات التي تنمو في الحقول. ولا يطبّق التخمير بمواد تحتوي على النيكل.

عناصر مفيدة

بعض العناصر كالصوديوم، والكوبالت، والسيليكون تحسّن نمو النباتات

أو هي مطلوبة من بعض النباتات وليس منها كلها. تحسين مردود الإنتاج وطلب المادة من قبل القليل من النباتات لا يعتبر دليل أهمية. يجب أن يكون العنصر مطلوباً من كل النباتات، وأن تكون له وظيفة محددة في النباتات حتى يعتبر مغذّياً. فالصوديوم يعتبر مهما لزيادة مردود إنتاج الشمندر ولكنه ليس مهماً لنموه، والكوبالت مطلوب لتثبيت النيتروجين في البقوليات و لكن بما أنها ستنمو على النترات أو غيره من الأشكال المركبة، فإن تثبيت النيتروجين ليس مهماً لنمو النبتة وتطوّرها، وبالتالي لا يكون الكوبالت عنصراً أساسياً. تطبيقات السيليكون أظهرت زيادة في مردود إنتاج قصب السكر والشمندر السكري والأرز. الأبحاث المتعمّقة قد تظهر أن بعض العناصر التي تصنّف على أنها مفيدة ستصبح معروفة كمواد غذائية للنبتة. حتى 1987، كان النيكل مصنفاً كعنصر مفيد ولكن البحوث برهنت أنه مطلوب لكل النباتات. من هنا يصنّف النيكل اليوم على أنه مغذٍّ للنباتات. ومن بين العناصر الأخرى التي تعتبر مفيدة نذكر الألمنيوم، والسيلينيوم، والفاناديوم.

الفصل الرابع

إدارة أسمدة المزرعة

الإنتاج السنوي من سماد الماشية في مزارع الولايات المتحدة هو نحو 1.2 بيليون طن رطب (نحو 175 مليون طن جاف). إنتاج أسمدة المزارع يتجاوز بكثير طين مياه المجاري (يقدر بنحو 5.4 مليون طن جاف سنوياً) وهو يكفي لتوفير المواد الغذائية لإنتاج المحاصيل على 60 مليون فدان من الأراضي الزراعية إذا استخدمت بالكامل. ومع ذلك، لم ينتج فعلاً سوى جزء صغير من القيمة المحتملة لأسمدة المزارع، حيث إن الكثير من السماد العضوي يتم تداوله بدون فعالية وفائدة. والتعامل مع كميات كبيرة من سماد المزارع يعرّض منتجات الألبان وتربية الماشية، ودواجن المزارعين في البلاد إلى مشاكل رئيسية. غالباً، لا يمتلك هؤلاء المزارعون مساحات كافية من الأراضي التي يمكن وضع السماد فيها. في بعض الحالات، تكون الأرض مشبعة بالسماد بشكل مفرط، ولكن في كثير من الأحيان، يؤدي التعامل السيء إلى خسائر كبيرة بالمواد الغذائية والعضوية من السماد.

إذا كان يمكن تطبيق كل الأسمدة الزراعية المنتجة في البلاد على الأراضي الزراعية، فسوف تتحقّق فوائد كثيرة. تكتسب الفوائد التي يتلقّاها المزارعون مزارعو الحدائق من تطبيق أسمدة المزارع للأراضي: **(1)** من طريق المواد الغذائية التي تُنقل في السماد العضوي، **(2)** من خلال تأثير الأسمدة في زيادة محتويات المواد العضوية للتربة، **(3)** من خلال استخدام السماد كنشارة المهاد (Mulches)، و**(4)** في حالة المزارعين أصحاب حيوانات المزرعة، إحدى الفوائد

وجود الأراضي التي يمكن التخلّص من السماد فيها. بسبب التطبيقات الليبرالية للسماد على محاصيل أراضيهم، يحافظ مزارعو منتجات الألبان، والماشية، ومربّو الدواجن عادةً على خصوبة أراضيهم بسهولة أكثر بكثير من المزارعين الذين يزرعون المحاصيل الزراعية التجارية فقط. وتشير التقديرات إلى أن مجموع إنتاج أسمدة المزارع يحتوي على نحو 7.7 مليون طن من النيتروجين، ونحو 1.9 مليون طن من الفوسفور (P_2O_5)، ونحو 4.2 مليون طن من البوتاسيوم (K_2O). إذا كان يمكن أن يطبق كلّ هذه المواد الغذائية على الأراضي الصالحة للفلاحة، فلعلّه يمكن تلبية نحو 25% من الاحتياجات من المواد الغذائية [الزراعية] في أسمدة المزارع. ويقدّر أيضاً أن يتجاوز محتوى المواد العضوية في أسمدة المزارع ضعف إجمالي المواد العضوية في التربة على الأقل التي يتم فقدانها بإنتاج محاصيل الغذاء والعلف والألياف في البلاد.

يتم استرداد جزء فقط من قيمة أسمدة المزارع في إنتاج المحاصيل وتحسين التربة في أراضي المحاصيل. يُفرَز نحو 60% من أسمدة المزارع مباشرة في المراعي. لا تتحقق القيمة الكاملة للسماد الطبيعي الذي يفرز على الأرض بسبب سوء توزيع السماد على الأرض وبسبب خسائر كبيرة في النيتروجين من الأسمدة التي يتم تركها على سطح التربة. وبالتالي، سوف تنخفض خصوبة تربة المراعي إذا اقتصر ما يضاف إلى التربة على السماد الذي يُفرز من حيوانات المراعي في الأراضي فقط، وفي حال لم يتم جلب الأعلاف من مصادر خارج المزرعة.

نحو 10% من السماد العضوي يتم فقدانه مادياً أثناء النقل، بإسقاطه على الطرق والممرات، أو في الأكوام التي لا تطبّق أبداً على الأرض. تحدث خسائر هائلة من القيمة الغذائية من خلال فشل استرداد الجزء السائل، والخسائر في الأمونيا بالتطاير، والخسائر في الأمونيوم والنترات والبوتاسيوم والمواد العضوية عن طريق الرشح في أكوام السماد. خسائر الفوسفور في السماد أقل بكثير من خسائر النيتروجين والبوتاسيوم بسبب طبيعة مركبات الفوسفور غير القابلة للذوبان نسبياً، والانخفاض النسبي لكميات الفوسفور في البول. خلافاً لوجهات النظر التي يحتفظ بها كثير من الناس، تعفُّن السماد في الأكوام غالباً ما يؤدي إلى نضوب غير ضروري في المواد الغذائية والكربون. عموماً، يجب أن يكون التخمير للأسمدة التي تكون عالية جداً في المهاد. تخمير سماد هو ما

أوصت به منظمات إصدار العضوية بما يسمح للعوامل المُمْرِضة بالموت، ويمنع انتشار مسبّبات الأمراض في السماد الجديد على الأرض.

نسبة سماد المزارع الذي يصل إلى الأراضي التي تنمو عليها المحاصيل المحصودة هي 25% إلى 30% فقط من إنتاج سماد المزارع الكلي، والكثير من سماد المزارع الذي يصل إلى الأرض المزروعة يكون فيه استنزاف حادّ للمواد الغذائية. الغرض من هذا الفصل تقديم معلومات في ما يتعلّق بالتعامل مع أسمدة المزارع للمحافظة على المواد الغذائية والتخلّص الآمن بيئياً من السماد، للنجاح في إنتاج المحاصيل.

تركيب أسمدة المزرعة

تختلف قيمة أسمدة المزرعة تبعاً لمحتوياتها من المواد الغذائية بحسب المصدر وتداول الأسمدة. يتكون طن من متوسّط السماد الجديد، من دون المهاد (التبن، والقش، ونشارة الخشب، ورقاقات الخشب، وبقايا شعر الحيوانات والورق)، من حيوانات المزرعة الكبيرة (الأبقار، والخنازير، والخيول)، من نفس كمية النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم التي يحتويها 100 رطل من 10-5-10 من الأسمدة التجارية (جدول 1.4). سيخفف مهاد السماد العضوي محتواه من المواد الغذائية. قد تتضمن بعض أسمدة المزرعة الكثير من المهاد، مثل رقائق الخشب، وكشط شعر الحيوانات، أو القش، بحيث ينبغي أن يخمر السماد قبل تطبيقه على الأرض، أو يجب أن تضاف كمية إضافية من النيتروجين لتجنّب إمكانية عدم تحركه إذا تمّ إدراج الروث وفرشه مباشرة في التربة. قد يحتوي السماد الجديد من الأغنام ضعف النيتروجين والبوتاسيوم الموجود في روث الحيوانات الكبيرة الأخرى. قد يحتوي روث الدواجن الجديد ثلاثةَ أضعاف النيتروجين وضعفين أو ثلاثة أضعاف الفوسفور الموجود في الروث من الخنازير أو الأبقار أو الخيول. سماد حيوانات المزرعة الكبيرة يحتوي على 3 إلى 5 رطل من الكالسيوم، و1.5 إلى 2 رطل من المغنيسيوم لكل طن من الوزن الرطب من السماد الطبيعي. الدواجن قد تحتوي على كميات عالية جداً من الكالسيوم والمغنيسيوم تبعاً لما إذا كان النظام الغذائي للطيور الداجنة يتضمن الكلس أو أصداف المحار، كما هي الحال بالنسبة للدجاج البيّاض. قد تكون

هذه الأسمدة قلوية بسبب المستويات العالية من كربونات الكالسيوم التي تُفرَز في براز الدواجن. ويجب الحرص إلى أقصى الحدود من تطبيق هذه الأسمدة لتجنّب التكليس المفرط للأراضي الزراعية.

الجدول 1.4

متوسط تركيب المواد الغذائية الأساسية الكبيرة والمياه في أسمدة المزرعة (على أساس الوزن الرطب للأسمدة المخزنة)

تكوين المواد الغذائية، رطل للطن الواحد

المصدر	النيتروجين (N)	الفوسفور (P_2O_2)	البوتاسيوم (K_2O)	المياه (%)
الخيول	11	5	13	78
الماشية	10	5	8	83
الخنازير	12	8	7	87
الأغنام	20	10	20	81
الدواجن	>30	16	10	35

غالباً ما يتم تسويق أسمدة المزرعة كمنتجات مجفّفة أو مخمرة في مراكز المزارع والحدائق. ويتم تسويق هذه المواد عادة في أكياس الـ «50 رطلاً». السماد المجفّف هو الذي أزيلت منه المياه من دون أي تعفّن للروث. أسمدة الحيوانات الكبيرة المجفّفة والمسوقة تملك تكويناً جافّاً من 2-1-2 (%N, $\%P_2O_2$, %K2O). سماد الدجاج المجفّف هو نحو 3-1-2. أسمدة المزرعة المخمرة التي تعفّنت قبل التعبئة سوف يكون تكوينها من 1-1-1 أو 0.5-0.5-0.5. أسمدة المزرعة التجارية المخمرة تحتوي أيضاً على قدر كبير من الماء، ما يوازي 25% من الوزن. بصفة عامة، السماد المجفّف هو المنتج الأعلى. لديه محتوى مواد غذائية أعلى ومعدل تمعدن أسرع من أسمدة المزرعة المخمرة. عشرون في المئة من نيتروجين سماد الدواجن الجديد قد يكون أمونياكال نيتروجين (Ammoniacal Nitrogen).

كلما كانت تغذية الماشية أفضل، كانت نوعية السماد العضوي أفضل.

كقاعدة عامة، نحو 75% من النيتروجين، و75% من الفوسفور ونحو 85% من البوتاسيوم و50% من المواد العضوية في العلف تُفرز في سماد المزرعة. إذا تمّ تمرير طعام خشن في أحشاء الحيوانات، سيتم تحسين نوعية السماد، وتعمل الحيوانات كمخبرة تدوير بإزالة الكربون أكثر من النيتروجين. يزيل هضم الماشية الكربون من العلف أكثر مما يزيل النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم.

أسمدة المزرعة تحتوي على بعض من العناصر التي لا غنى عنها لنمو النبات، ولكن محتوى سماد المزرعة من النيتروجين يحكم كمّية السماد الطبيعي التي يتم تطبيقها على الأرض. بشكل عام، إذا تمّ تطبيق النيتروجين بما يكفي لتلبية احتياجات المحاصيل، سوف تكون الاحتياجات لمعظم المواد الغذائية الأخرى قد تأمّنت (الجدول 2.4). تركيز الفوسفور في أسمدة المزرعة منخفض، ولذا لا تعتبر هذه الأسمدة ملائمة لتوفير الفوسفور بالكميات الكافية ضمن الكمية المتاحة عبر تطبيق واحد للمحاصيل، ولا سيّما في الأراضي التي تفتقر إلى الفوسفور. وينطبق المنطق نفسه على العناصر الثانوية.

الجدول 2.4
نسبة مجموع الاحتياجات الغذائية التي سوف تتحقّق إذا تمّ تطبيق ما يكفي من سماد المزرعة ليفي بمتطلّبات المحصول للنيتروجين.

متطلبات المحصول	
المواد الغذائية	**النسبة المتوافرة (من إجمالي الحاجة %)**
النيتروجين	100
الفوسفور	25
البوتاس	100
الكالسيوم	100
المغنيسيوم	100
الكبريت	100
العناصر الثانوية	25

بوجه عام، ينبغي استخدام أسمدة أخرى لتكملة الفوسفور الموجود في

سماد المزرعة. في كثير من الأحيان، يتمّ إدراج الأسمدة التكميلية مباشرة في سماد المزرعة قبل تطبيقه على الأرض. ممارسة خلط الأسمدة الفوسفاتية مع سماد المزرعة يعطي فوائد أعلى من تطبيق المواد بشكل منفصل. صخور الفوسفات الممزوجة بقدر 50 رطلاً للطن الواحد من سماد المزرعة تُغني هذا السماد بالفوسفور، وسماد المزرعة يساعد على حلّ الصخور، ويزيد من فاعليتها. نقصُ عنصر ثانوي ما نادر بحيث تكون عملية مزج السماد مع عناصر ثانوية ليست ممارسة. التطبيق المتكرّر لأسمدة المزرعة على الأرض يُغني التربة بالفوسفور والعناصر الثانوية؛ لأنه سيتم الاحتفاظ بهذه العناصر في المواد العضوية في التربة التي أُضيفت بالأسمدة، وفي المواد المعدنية في التربة؛ ولأن الفوسفور والعناصر الثانوية ليست عرضة للرشح. تطبيق سماد المزرعة على فترات طويلة أو بمعدّلات تطبيق تتخطّى الاحتياجات الزراعية للمحاصيل قد يؤدّي إلى تراكم كبير للفوسفور في التربة. يشكل رشح الفوسفور مصدر قلق في بعض أنواع التربة الرملية، ولكن الرشح لا يكاد يذكر في التربة ذات المكونات الصغيرة. في التربة التي قد يرشح فيها الفوسفور، من المستحسن غالباً أن يكون مقدار الفوسفور المضاف هو العامل الذي يحدّ من تطبيق السماد على الأرض بدلاً من استخدام كمية تطبيق النيتروجين كمبدأ محدد [للكمية المطبقة].

إنتاج أسمدة المزرعة

كميات الأسمدة التي تنتجها مزرعة الحيوانات تعتمدُ على نوع الماشية ونظامها الغذائي. يرِد في الجدول 3.4 الإنتاج التقريبي للأسمدة من الماشية. سينتج حصان واحد، وبقرة واحدة، وخمسة خنازير، أو 200 دجاجة، نحو رطل من السماد لكل 1000 رطل من وزن جسم الحيوان الحي.

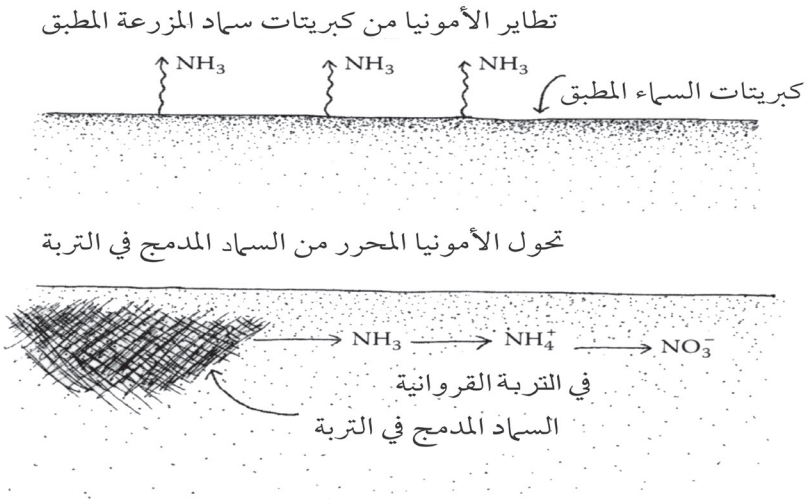
ينبغي إدماج سماد المزرعة في التربة سريعاً بعد تطبيقها على الأرض. إذا بقي السماد على السطح حتى لساعات قليلة بعد تطبيقه، سيفقد النيتروجين بتطاير الأمونيا (الشكل 1.4)، وتقل قيمة الأسمدة في زيادة غلة المحاصيل إلى حد كبير (الجدول 4.4). عموماً، بعد فترة أسبوعين أو أكثر على سطح الأرض، تنخفض قيمة السماد إلى النصف. إذا لم يدمج السماد أبداً، تكون قيمته صفراً عملياً إلا إذا كان التطبيق كبير جداً، بحود 1 بوصة أو أكثر من الطبقات أو المهاد فوق سطح التربة.

الجدول 3.4

إنتاج أسمدة المزرعة بالثروة الحيوانية

اليومية (رطل لكل 1000 رطل من وزن جسم الحيوان)

المصدر	البراز	البول	المجموع	المجموع السنوي مع المهاد (طن)
الخيول	40	10	50	10 إلى 12
ماشية	58	22	80	16 إلى 18
الخنازير	50	30	80	16 إلى 18
الدواجن	42	0	42	8 إلى 10



الشكل1.4. (أ) خسارة الأمونيا (NH_3) من أسمدة المزرعة المطبقة على السطح و**(ب)** الاحتفاظ بالأمونيا في السماد المدمج في التربة.

تخزين السماد

لدى مزارعي تربية الماشية [الذين هم في نفس الوقت] منتجون للمحاصيل، تكون أفضل معالجة للمحافظة على المواد الغذائية في الروث هو تطبيق السماد الجديد يومياً على الحقول ودمج السماد في التربة بعد التطبيق مباشرة. هذه

الممارسات ليست دائماً ممكنة. فالتربة المجمّدة أو المغطّاة بالثلج قد تقطع أو تحدّ من التطبيقات. قد لا تكون العمالة متاحة للتطبيقات اليومية. ينبغي تكديس الأسمدة التي يجب تخزينها أو تركها في الحظيرة. وفي الهواء الطلق، يجب تخزين السماد على سطح صلب إذا كان متوافراً. وينبغي حمايتها من الجريان ويجب أن تبقى بعيدة عن مِزراب الحظيرة.

الجدول 4.4

تأثير الوقت الذي يكمن السماد به على السطح حتى يُدمج في التربة على القيمة النسبية للأسمدة لزيادة غلة المحاصيل

الوقت بين التطبيق والإدماج (الساعات)	القيمة النسبية للسماد (%)
100	0
85	6
75	24
70	48
55	96
336 (أسبوعين)	>50

يحتمل أن يُفقد 6% من المواد العضوية، و50% من النيتروجين، و50% من الفوسفور، و95% من البوتاسيوم بواسطة الرشح الكثيف من الأكوام. ويمكن أن تكون هذه الخسائر محدودةً إذا قُيّدت حركة المياه عبر الأكوام. غطاء من البلاستيك، والتربة، والقش سيساعد على حماية سماد المزرعة من الرشح.

بعض مزارعي الدواجن والخنازير يقومون بتسييل السماد بالكثير من المياه وتخزينه في حفر مبطّنة (بحيرات) أو مستوعبات. تكون هذه الأسمدة قابلة للتبخّر بشكل كبير للغاية بمجرّد تحريك الحفر أو المستوعبات. يجب إدماج هذه الأسمدة في التربة مباشرةً بعد التطبيق لتجنّب خسائر ضخمة من الأمونيا وتجنّب تلوث الهواء من المواد المنبثقة ذات الرائحة الكريهة.

ينبغي على المزارعين استخدام المهاد لامتصاص وحفظ المواد الغذائية في البول. عند حيوانات المزرعة الكبيرة، يكون البول من 20% إلى 40% من النفايات (الجدول 5.4)، ولكن البول لديه كميات كبيرة غير متناسبة من

النيتروجين والبوتاسيوم. يحتوي البول على 50% من النيتروجين و60% من البوتاسيوم التي تُفرَز من قِبل حيوانات المزرعة الكبيرة. نحو 5% من الفوسفور فقط موجود في البول. في المتوسط، الفشل في الحفاظ على البول يؤدّي إلى خسارة نحو 40% من المواد الغذائية.

تُفرز الدواجن حمض اليوريك [البولي] بدلاً من اليوريا، ويتم التخلّص من هذه المواد جميعها مع البراز. هذه العملية تسهم في التركيز العالي للنيتروجين في سماد الدجاج، لأن كل النيتروجين قد ذهب في البراز.

قد يفقد سماد المزرعة الذي يتم تخزينه في أكوام الكثير من النيتروجين والبوتاسيوم. يتم فقدان النيتروجين بالرشح مع مياه الأمطار، بخسائر الأمونيا الغازية بالتطاير، وبخسائر النترات الغازية بإزالة النيتروجينيات. خسارة النيتروجين سريعة، وخسائر النيتروجين بالتطاير ستزيد إذا تمّ تحريك الكومة. ليحدث الرشح، يجب أن تمرّ المياه عبر السماد. قد تختلف خسائر الرشح تبعاً لما إذا كان هناك غطاء على الكومة أم لا، وما إذا كان السماد على سطح صلب أو مجمّداً في القاع، ومع شكل تكوين الكومة. غطاء على الكومة، والمناطق المجمّدة في قاع الكومة، والسطوح غير النفيذة تحت الكومة، والأكوام العالية والعميقة، تقيّد حركة المياه عبر الأكوام وتحد من الرشح. وستكون الخسائر في المواد الغذائية من الأكوام الضحلة والمسطّحة عالية جداً بالرّشح وبتطاير الأمونيا.

قد تكون الخسائر بتطاير الأمونيا من الكومة كبيرة. يتم إنتاج كميات كبيرة من الأمونيا في سماد المزرعة من التحلّل السريع لليوريا وغيرها من مكوّنات النيتروجين في البول، ومن التحلّل البطيء للمركبات النيتروجينية العضوية من البراز وفرشه. وتخفّف خسائر الأمونيوم في الأكوام العميقة التي يتم الاحتفاظ بها رطبة وخفيفة القلوية (أقل من المؤشر الحمضي pH 7.2). إذا أصبحت الأكوام جافة أو قلوية، يمكن فقدان نصف النيتروجين في الكومة كأمونيا في غضون أسبوع أو اثنين. الأكوام الجافة لها قدرة أقل على الاحتفاظ بالأمونيا من الأكوام الرطبة، وحركة الهواء عبر الأكوام الجافة تسرّع حركة الأمونيا في الأكوام.

الجدول 5.4

توزيع النفايات بين البراز والبول ومجموع الإنتاج اليومي من النفايات من حيوانات المزرعة

الحيوانات	توزيع مجموع النفايات (%)		إجمالي الإنتاج اليومي لكل حيوان (رطل)
	البراز	البول	
الخيول	80	20	40
الماشية	70	30	70
الخنازير	60	40	10
الأغنام	65	35	4
الدواجن	100	0	0.1

يتم فقدان بعض النيتروجين بإزالة النيتروجينيات من النترات الذي يتمّ إنتاجه في الأجزاء المتفلتة، والجافة، والخارجية من الأكوام. يتسرّب النترات في الكومة، أو في الحظائر إلى السماد على الأرض، حيث يتم تحويل النترات ميكروبياً إلى غازات تفقد في الهواء.

تحدث خسائر البوتاسيوم عن طريق الرشح في الأكوام، وإمكانية خسارة البوتاسيوم مرتفعة جداً مع الرشح الكثيف. عموماً خسائر البوتاسيوم هي أقل من خسائر النيتروجين، حيث إن البوتاسيوم ليس عرضة للخسائر الغازية. ومع ذلك، تخمير سماد المزرعة لإنتاج ما يعرف باسم السماد المتعفّن جيداً يؤدي إلى خسارة نحو نصف النيتروجين ونصف البوتاسيوم. عادةً لا يَضيع الفوسفور كثيراً من أسمدة المزرعة جرّاء تخزينها لمدة قصيرة أو طويلة في الأكوام، ولأن الفوسفور لا يمكن خسارته بالتطاير، وبسبب معدل الذوبان المنخفض للفوسفور فمن المحتمل أن يكون رشح مركبات الفوسفور أقل من رشح النيتروجين أو البوتاسيوم. ينبغي التعامل مع السماد في الأكوام كسماد جديد وتحريكه وقلبه حالما ينشر [في التربة] لتجنّب المزيد من الخسائر (الجدول 4.4). على الرغم من أنه يمكن أن يضيع بسهولة الكثير من المواد الغذائية والمواد العضوية

الموجودة من الأكوام، إلا أن التكديس هو الأفضل لتطبيق السماد في الحقول من دون جرف السماد. وفي الحالة الأخيرة، تكون خسائر النيتروجين مرتفعة جداً بسبب التطاير، و يمكن أن يضيع نصف النيتروجين في غضون بضعة أيام. ينصح بالتخزين السليم للسماد في الأكوام للمحافظة على المواد الغذائية والمواد العضوية.

الوقت لتطبيق سماد المزرعة

أفضل وقت لتطبيق سماد المزرعة هو نحو أسبوع أو أسبوعين قبل الوقت الذي ستزرع فيه المحاصيل. هذه المُهلة المبكرة تسمح ببعض التحلّل لسماد المزرعة، وتقلّل من احتمال تضرر النباتات التي غالباً ما تحدث مع السماد المطبق حديثاً. يرتبط الضرر الذي يحدث للمحاصيل بعد تطبيق سماد المزرعة بتحفيز الأمراض النباتية، وبسُمّية أمونيوم النيتروجين الموجودة في السماد في وقت تطبيق السماد، أو بسُمّية المواد العضوية التي تُفرز من المواد المتعفّنة. إذا كان ذلك ممكناً، ينبغي على المزارعين الانتظار أسبوعاً أو أسبوعين بين تطبيق السماد على الأرض وغرس أو بذر محاصيلهم للسماح للأمونيوم والمواد العضوية بالتحوّل. كذلك، لتجنّب السمّية والتقليل من فرص الإصابة بالمرض، ينبغي أن لا يطبّق المزارعون السماد الجديد على مقربة من المحاصيل النامية. يمكن تطبيق السماد المتعفّن جيّداً (المتخمر) عموماً في أي وقت، حتى على مقربة من النباتات التي تنمو.

تطبيق المهلة الزمنية المبكرة مع السماد الجديد يسمح لأي أمونيوم موجود في الأسمدة أو التي تتحرّر من السماد بعد التطبيق أن تتأكسد لتتحوّل إلى نترات. الأمونيوم هو أوّل أشكال النيتروجين الذي يفرز عن تمعدن المواد العضوية الموجودة. في المراحل المبكرة من تحلّل السماد في التربة، يتمّ تحرير الأمونيوم بشكل أسرع من تأكسدها. تكون فرصة تراكم الأمونيوم الكثيف مباشرة بعد تطبيق السماد عالية، ولا سيّما إذا كانت التربة باردة، كما قد تكون في وقت الزراعة في الربيع.

السُمّية، التي كثيراً ما يشار إليها كحرق – التي نواجهها مع النباتات التي يتمّ تسميدها بسماد الدواجن – هي سُمّية الأمونيوم. قد تكون نسبة الأمونيوم مرتفعة في

سماد الدواجن، بقدر 20% من النيتروجين الكلي في السماد الجديد، وإذا لم يُعط وقت كافٍ بين تطبيق السماد والزراعة، قد يحصل ضرر كبير للبذور أو الشتلات ناتج من سمّية الأمونيوم. كذلك، عندما يتم تعفّن السماد بسرعة في التربة، ستهاجم الكائنات الحية الدقيقة التي تحدث العفن، البذور أو جذور الشتلات. تحدث هذه المشكلة أيضاً مع تطبيق الأسمدة العضوية عالية النيتروجينية، مثل الدم المجفف، ووجبات البذور، ووجبة البرسيم. بعد نحو أسبوعين، تتحول المواد، التي تتحلل بسهولة في سماد المزرعة أو في الأسمدة العضوية الغنية بالنيتروجين، إلى مواد غير سامة، ويخفّ احتمال وقوع الضرر لبذور النباتات أو النباتات الفتية. كذلك ينبغي أن يطبق السماد غير المختمر كفاية، ذلك الذي لم يستقر خلال التعفّن، ويدمج في التربة قبل نحو أسبوع أو أسبوعين من زراعة المحاصيل لتفادي احتمالات السمّية بالأمونيوم أو غيرها من الأضرار التي [قد تسببها] بالمواد الخام.

يقلل التفكك في التربة أو كومة التخمر نسبة الكربون إلى النيتروجين، C:N، في السماد والمهاد، كما يقلّل من احتمال حدوث نقص في النيتروجين نتيجة التثبيت الذي يتبع تطبيق الأسمدة التي تحتوي قشاً أو محتوى عالياً من المهاد الأخرى. فترة أسبوعين من التحلّل في التربة ليست كافيةً للأسمدة التي يكون المهاد بداخلها أكثر من البراز. ينبغي أن تكون هذه الأسمدة مخمرةً قبل إضافتها إلى الأرض لتجنّب عدم تحرّك النيتروجين في التربة. إذا كان التخمر والتحول إلى سماد غير عملي، يجب تطبيق نيتروجين إضافي من الأسمدة إلى التربة مع أسمدة المزرعة التي تحتوي على كثير من قش. تطبيق رطل واحد من النيتروجين لكل 100 رطل من السماد الذي يحتوي على كثير من قشّ سيعدل تأثير التثبيت. مرة أخرى، يُوصى بمهلة أسبوع أو أسبوعين بين تطبيق سماد المزرعة والزراعة.

تطبيق الأسمدة في الربيع أكثر فائدة لتغذية المحاصيل من تطبيقه في الخريف. وللتطبيق في الخريف نحو نصف قيمة التطبيقات المقدّمة قبل زراعة المحاصيل بأسبوعين. التطبيقات في وقت مبكّر أو متأخّر من الخريف محدودة الفائدة بسبب رشح النترات أثناء الخريف، والشتاء، وأوائل الربيع. لا تؤدّي هذه الخسائر من النترات إلى مردود إنتاج محدود للغلال فحسب، بل قد تسهم النترات أيضاً في تلوث المياه الجوفية. التطبيقات المقدّمة في أواخر الشتاء أو في أوائل الربيع، مرة أخرى بسبب خسائر النترات، ليست مفيدة كتلك التي تنفذ قبيل وقت الزراعة. عموماً كما نوقش سابقاً، فإن تنفيذ التطبيقات أسبوعين قبل الغرس

تعطي أفضل النتائج (الجدول 6.4). تتحقّق هذه الفوائد بحفظ المواد الغذائية، ولا سيّما النيتروجين، بالتطبيق القريب نسبياً من الغرس وبتحلّل أية عوامل سامة مثل الأمونيا، التي قد تكون موجودة في الأسمدة خلال مهلة الأسبوعين.

خسائر الأسمدة النيتروجينية من أي نوع كانت المطبقة في الخريف للنيتروجين عادةً ما تكون كبيرة (الشكل 2.4). يجب أن يكون المزارعون قادرين على شراء الأسمدة بنصف سعر تكلفتها في الربيع لضمان الفوائد المالية من التطبيقات في الخريف. وحتى ذلك الحين، يجب على المزارعين النظر في العواقب البيئية لخسائر النيتروجين من تطبيقات الأسمدة في الخريف.

الوظيفة المعتادة لتطبيق سماد المزرعة على الأرض، هي توفير المواد الغذائية للنباتات. يتم تطبيق سماد المزرعة أيضاً لزيادة المواد العضوية في التربة أو كمهاد عازلة. وبالنسبة لمربّي الماشية، قد يكون الغرض الأساسي من تطبيق أسمدة المزرعة على الأرض هو بالتحديد التخلّص من روث الدواب تماماً. كمية الروث الذي يجب تطبيقها تتوقّف على الغرض من التخمير، ونوعية سماد المزرعة، والمحاصيل التي يتم دعمها؛ ومع ذلك، قد وضعت بعض المبادئ التوجيهية العامة لتطبيق سماد المزرعة بحسب الغرض (الجدول 7.4).

الجدول 6.4

الفوائد النسبية لتطبيق السماد في الربيع، والشتاء، أو الخريف

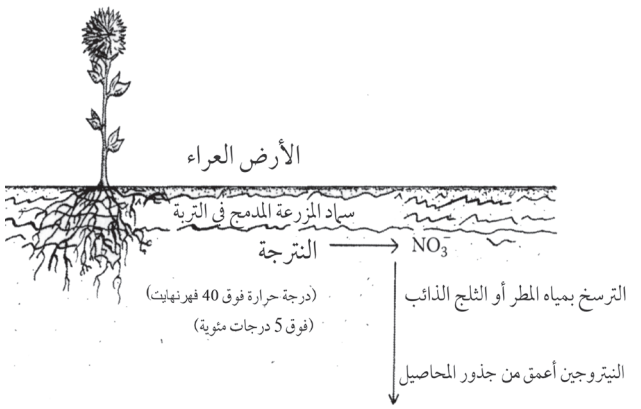
وقت التطبيق*	المنفعة النسبية (%)
أسبوعين قبل زراعة الربيع	100
فصل الشتاء أو أوائل الربيع (كانون الأول/ ديسمبر إلى آذار/ مارس)	75 إلى 80
أواخر الخريف أو أوائل الشتاء (تشرين الثاني/ نوفمبر)	65
أوائل الخريف (أيلول/ سبتمبر وتشرين الأول/ أكتوبر)	30 الى 50

* يدمج السماد في الأرض مباشرة بعد تطبيقه.

بشكل نموذجي، يتم تحرير أقل من نصف النيتروجين والفوسفور ومعظم البوتاسيوم من سماد المزرعة في موسم واحد. كما أن أقل من 10% إلى 25%

من النيتروجين والفوسفور قد يكون متاحاً في السماد الذي يكثر بداخله قش أو في سماد المزرعة الذي يساء التعامل معه. إذا كان المهاد في سماد المزرعة مرتفعاً- ومظهره يدل أن معظمه من القش، ونشارة الخشب- أو رقائق الخشب، قد يمنع النيتروجين والفوسفور من الحركة في التربة، مما يخلق أوجه قصور في هذه المواد الغذائية. أسمدة المزرعة التي ترشح بالمطر قد ينفذ منها الكثير من النيتروجين والبوتاسيوم المتوافر، وسوف تكون قيمتها صغيرة كأسمدة.

تطبيق 20 طناً من سماد المزرعة ذي النوعية الجيدة للفدان الواحد يؤمّن نحو 200 رطل من النيتروجين، ونحو 100 رطل من الفوسفات (P_2O_5)، و200 رطل من البوتاس (K_2O).



الشكل 2.4 خسارة النترات الناتجة من سماد المزرعة المطبّق في الخريف، والشتاء، أو أوائل الربيع.

الجدول 7.4

الكميات الموصى بها من سماد المزرعة الجديد استناداً إلى الغرض من التخمير

الكمية للتطبيق

الغرض	رطل/ 100 قدم مربع	طن/ فدان
التخمير	100	20
زيادة المواد العضوية	150	30
مهاد (1.5 بوصة)	500	100

يحتمل أن يوفر هذا التطبيق نحو 100 رطل نيتروجين، و50 رطل فوسفات، و200 رطل بوتاس. في موسم التطبيق، تؤمّن هذه الكمية من السماد كل النيتروجين والبوتاسيوم وجزءاً من الفوسفور المطلوب لمعظم المحاصيل (الجدول 2.4). المحاصيل العالية مردود الغلة، مثل الذرة، قد تتطلّب تطبيقات أعلى إذا كانت التربة منخفضة الخصوبة، وإذا لم يتم تطبيق أسمدة المزرعة سابقاً أو حديثاً. في معظم الحالات، ومع ذلك، بالنسبة للمواد الغذائية للنبات، يتحقّق القليل جداً من الفائدة الاقتصادية من تطبيق أسمدة المزرعة التي تتجاوز 20 طناً للفدان الواحد. تطبيق 20 طناً للفدان الواحد كثيراً ما يشار إليه كمعدّل الهندسة الزراعية للتطبيق (Agronomic Rate of Application).

الآثار المتبقّية من سماد المزرعة هي أقل بكثير من الفائدة المتلقّاة خلال موسم التطبيق. في التطبيق التالي (السنة التالية)، نحو 10% إلى 15% من النيتروجين المتبقّي من سماد المزرعة يعطى للمحاصيل، مقارنةً مع 50% في السنة الأولى. في السنة الثالثة للمحاصيل تقريباً 5% تكون موجودة فقط، وفي السنوات التالية نسبة 1% أو 2% من النيتروجين المتبقي تكون موجودة (انظر الجداول 1.3 و2.3). برنامج مستمر للتطبيقات السنوية لأسمدة المزرعة يكون ضرورياً للحفاظ على خصوبة التربة مع إنتاج المحاصيل.

زيادة المواد العضوية في التربة في فترة زمنية قصيرة تطبيقات من النيتروجين أعلى من تلك اللازمة لتغذية النباتات. ينصح بتطبيق 30 طناً للفدان الواحد في السنة، في كثير من الأحيان، لزيادة محتوى المواد العضوية في التربة. وينبغي أن يحذّر المزارعون لأن كميات النيتروجين الموردة في التطبيقات العالية لأسمدة المزرعة – تلك التي تفوق معدّل الهندسة الزراعية – قد تفوق إلى حدّ كبير كميةَ النيتروجين اللازمة للمحاصيل، وقد يكون لها تأثيرات سلبية على نمو النبات، والجودة، وعلى البيئة. وينبغي تجنّب التطبيقات ضمن حيز من 40 إلى 90 طناً للفدان الواحد في السنة بسبب احتمال تلوّث البيئة. تطبيقات سماد المزرعة بمستوى مساوٍ أو أدنى من المعدّلات المطلوبة لتغذية المحاصيل سيكون له في المدى الطويل آثار مواتية في زيادة المواد العضوية في التربة. بما أنه هناك القليل من الفائدة الاقتصادية في الزيادة السريعة للمواد العضوية في التربة، في معظم الممارسات، ينبغي على المزارعين الحدّ من التطبيقات إلى نحو 20 طناً للفدان الواحد في السنة.

إذا لم يكن لدى المزارع كميات كافية من السماد في المزرعة للتطبيقات الموصى بها، من 20 طناً للفدان الواحد في السنة، قد تفيد التطبيقات الصغيرة على الأرض في ما يتعلّق بتوفير المواد الغذائية النباتية للمحاصيل الحالية، وفي ما يتعلق بزيادة المواد العضوية المواد الغذائية الاحتياطية في التربة. ستتناسب إمدادات المواد الغذائية مباشرة مع سماد المزرعة المطبق وتطبيق 5 أطنان ستزوّد بـ 25% من المواد الغذائية من تطبيق 20 طناً. وتطبيق 5 أطنان على فترة طويلة لأكثر من 30 أو 40 سنة ستحافظ على المواد العضوية في التربة مع تبدّل المحاصيل، وستبطّئ كثيراً خسارة المواد العضوية في الأراضي المزروعة بشكل مستمر بالحبوب، والذرة، والشوفان، والقمح. بسبب الكميات المنخفضة من مخلّفات المحاصيل المنتجة من محاصيل الخضار، قد لا تكفي التطبيقات الصغيرة من سماد المزرعة للحفاظ على المواد العضوية في التربة.

سوف تحدث زيادات النيتروجين في التربة بما يتناسب مع الزيادات في المواد العضوية مع التخمير، بمعدل زيادة رطل واحد من النيتروجين لكل زيادة 20 رطلًا في التربة العضوية. تطبيق سماد المزرعة على أراضي المحاصيل بأقل من 20 طناً للفدان الواحد سنوياً لا يحفاظ عادةً على مستويات البوتاسيوم، والكالسيوم، والمغنيسيوم، والفوسفور في التربة. زراعة المحاصيل في الأراضي التي تزود بسماد المزرعة بأقل من 20 طناً للفدان الواحد ستؤدّي إلى استنزاف التربة من المواد الغذائية المعدنية ما لم يتم إضافتها من مصدر خارجي. وسوف تكون الأرض المزودة بأسمدة المزرعة حمضية أكثر قليلاً من الأرض غير المسمّدة. التكليس لرفع درجة الحموضة pH سوف يحافظ على الكالسيوم والمغنيسيوم.

ينبغي أن تكون سماكة المهاد نحو 1.5 بوصة من سماد المزرعة المتعفّن جيداً. عموماً إن المحاصيل لن تتغذّى أكثر من اللزوم من السماد المطبق على السطح على شكل مهاد بهذه السماكة. تتلقّى النباتات المواد الغذائية التي ترشح من المهاد. نصف النيتروجين قد يضيع في الهواء، ولكن يبقى ما يكفي لتغذية المحاصيل. ويتمّ اختيار أسمدة المزرعة المتعفّنة جيداً (المتخمرة) بدلاً من السماد الجديد لصنع المهاد. السماد المتعفّن جيداً يكون مرغوباً فيه لأنّ التعامل

معه ألطف من التعامل مع السماد الجديد ولا يعطي روائح كريهة. تطاير الأمونيا من السماد المتعفن جيداً سوف يكون أقل بكثير من التي تفقد من السماد الجديد الذي يطبّق على السطح. ويمكن أن توضع المواد المتعفنة جيداً قرب النباتات من دون احتمال وقوع الضرر للنباتات. سماد المزرعة الذي يتحوي قشاً يصنع أيضاً مهاداً جيداً. يكون منع حركة النيتروجين معدوماً في هذه المهاد إذا تركت على سطح الأرض، و لم تدمج داخل التربة أثناء نمو المحصول.

اعتراضات على أسمدة المزرعة

سماد المزرعة الجديد، وخصوصاً سماد البقر والحصان والخنزير وسماد الدواجن بالترتيب المتصاعد، هو مكان خصب مؤاتٍ للذباب. يمكن أن تنبعث الروائح الكريهة من السماد. ويمكن السيطرة على الذباب والروائح الكريهة إلى حد ما بتكويم السماد في أكوام مضغوطة. عادة ما تساعد أساليب التخزين التي تركِّز على التقليل إلى أدنى حد من الخسائر، على حلّ مشاكل الروائح. الأكوام والبحيرات الضحلة التي يتم فتحها لنشر سماد المزرعة في الحقول ستصبح نتنةً. ينبغي إدماج السماد في التربة، في أقرب وقت ممكن بعد التطبيق للحدّ من استمرار الروائح الكريهة، وكذلك للحد من خسائر النيتروجين.

تشكل بذور الأعشاب في السماد مشكلة خطيرة. الأراضي المسمّدة بشكل كبير غالباً ما تصبح مليئة بشكل كبير بالأعشاب الضارة. قد تأتي بذور الأعشاب الضارة من القشّ الذي يتم تغذية الماشية به أو من المهاد الذي يختلط بسماد المزرعة. قد تكون بذور الأعشاب الناضجة في القش الذي يُتلف ويعبأ في السماد العضوي، و قد تنتج البذور الناضجة من القش العلف الأعشاب الضارة في محصول آخر، حيث تكون نباتات العلف غير مرغوب فيها. قد تمرّ بذور الأعشاب الضارة عبر [الجهاز الهضمي] لماشية المزارع الكبيرة من دون الحدّ من قدرتها اللاحقة على الإنبات.. قد تدمَّر البذور في أحشاء الدواجن ولكن ذلك غير موثوق به. تخمير وتدفئة (تحويل بالتخمير) أسمدة المزرعة هي طريقة غير كافية للحدّ من بذور الأعشاب على الرغم من أن عملية التخمير إلى سماد كثيراً ما يوصي به كوسيلة لتدمير بذور الأعشاب الضارة في سماد المزارع وبقايا النباتات.

قد تحتوي أسمدة المزرعة على بقايا مبيدات الآفات، تبعاً لأعلاف الماشية

والدواجن. غالباً ما تتغذّى الخنازير بأملاح النحاس أو الزنك لزيادة معدّل الربح في الخنازير وقتل الديدان المعويّة. التخمير قد يدمِّر المواد العضوية، مثل المضادات الحيوية التي تقدَّم لحيوانات المزرعة، ولكن الأملاح المعدنية غير العضوية لن تتأثر أو ربما سيرتفع تركيزها بتخمير سماد المزرعة. ستتحلل المضادات الحيوية العضوية أيضاً بالكائنات الحية الدقيقة في التربة، ولا تعتبر مشكلةً تحدّ من تطبيق السماد على أراضي المحاصيل.

يمكن أن يحتوي سماد المزرعة على نسبة عالية من أمونياكال النيتروجين. التأخير لبضعة أيام أو أسبوع أو أسبوعين بين تطبيق السماد على الأرض وبذر أو زرع المحاصيل يساعد نيتروجين الأمونيوم على التأكسد إلى نترات وبالتالي يحدّ من سُمّية الأمونيوم. كذلك يسمح التأخير في الزراعة للنشاط الميكروبيولوجي بأن يستقرّ بعد التطبيق ويساعد على تقليل فرص أمراض التعفّن التي تصيب بذور المحاصيل أو الشتلات المنقولة. بعض الوكالات المعتمدة لإصدار الشهادات تنبه المزراعين لإمكانية تراكم مستويات عالية من النترات في الخضروات التي يتم إخصابها بسماد المزرعة الخام. من الصعب إعطاء التغذية الكافية من النيتروجين عبر الأسمدة أو من التربة إلى بعض الخضروات من دون تراكم النترات. وينبغي أن نقلق من سُمّية الأمونيوم في سماد المزارع الخام أكثر بكثير من تراكم النترات في الخضار.

يمكن أن تنتقل بعض مسببات الأمراض البشرية، مثل بكتيريا السالمونيلا (Salmonella Bacteria)، بتطبيق أسمدة المزرعة الخام على الأرض. ينصح بتخمير السماد أو تطبيق سماد المزرعي على الأرض قبل وقت كافٍ من موسم الحصاد المتوقّع للمحاصيل الغذائية للتقليل من فرص انتقال العوامل المُمرضة من السماد للبشر أو للحيوانات.

تخمير سماد المزرعة هو ما الذي أوصت به منظمات إصدار شهادات [الزراعة] العضوية. التحويل بالتخمير يمكن أن يقلّل من تركيزات المبيدات الكيميائية العضوية ولكنها لن تقضي على الزنك أو النحاس الذي يمكن أن يضاف في علف الخنزير الغذائية. التحويل بالتخمير سوف يقتل مسببات الأمراض في النباتات، والمواشي، والدواجن، والبشر. بدلاً من التحويل

بالتخمير، توصي بعض المنظمات مصدرة الشهادات بمدة 4 أشهر أو أكثر بين تطبيق سماد المزرعة وحصاد المحاصيل للاستهلاك البشري، مما يسمح بتخمر سماد المزرعة في طبقات التربة.

الفصل الخامس

التخمير (التحويل إلى سماد)

التخمير هو تعفّن المواد العضوية بشكل مسيطَر عليه. الغرض من التخمير هو تحويل المواد العضوية غير المناسبة للدمج في التربة إلى مواد مناسبة لذلك الهدف. إنّ العائق الأساسي أمام استعمال المواد العضوية غير المخمّرة على الأرض هو النسبة الكبيرة للكربون إلى النيتروجين (C:N). حيث إنّه من المرجّح أن يؤدي إدماج تلك المواد إلى تحفيز شل حركة النيتروجين والمواد الغذائية الأخرى للنبات المتوافرة في التربة. ينتج شل الحركة من استهلاك الكائنات الحيّة الدقيقة التي تعفّن المواد العضوية للمواد الغذائية المتاحة في التربة. يحدث شل الحركة عندما لا تحتوي المواد العضوية المتحلّلة على مواد غذائية كافية لإطعام الكائنات الحية الدقيقة التي تقوم بعملية التعفّن. بالتالي تحصل تلك الكائنات على الغذاء من التربة. والمواد الغذائية الجامدة تكون غير متاحة للنباتات حتى تطلق من خلايا الكائنات الدقيقة التي استهلكتها.

نذكر من بين المواد التي تحتوي نسبة كربون نيتروجين (C:N) كبيرة التي ينبغي تخميرها، النشارةُ، ورقائق الخشب، واللحاء، والقش، والورق، وإبر الشجر وأوراقها الميّتة، وبقايا الحدائق الميتة، والملابس القطنية، الروث الذي يحتوي على الكثير من المهاد. خلال عمليّة التخمير يتمّ التخلص من الكربون بسرعة أكبر من التخلّص من النيتروجين. فتكون النتيجة أن نسبة الكربون نيتروجين في المادة الناتجة تصبح مما كانت عليه في المواد العضوية الأصلية.

بالإضافة إلى التقليل من نسبة الكربون نيتروجين، هناك فائدة أخرى محتملة

للتخمير وهي تدمير بذور الأعشاب الضارة ومسبّبات الأمراض النباتية. حيث إنّ بذور الأعشاب الضارة قد تتعفّن أو تصبح غير قادرة على البقاء حيّة أثناء عملية التخمير والتحويل إلى سماد. أما الأمراض النباتية فقد يتمّ القضاء عليها بالحرارة المتولّدة في عملية التخمير، أو بالمنافسة مع الكائنات الحيّة الأخرى، أو بالسموم الميكروبية الناتجة بالتخمير. مع ذلك، لا يمكن افتراض تدمير كامل لبذور الأعشاب الضارة والأمراض أثناء التخمير. فالبذور خارج الكومة تتعفّن. ويمكن أن تنقل بذور الأعشاب الضارة إلى كومة الروث بالرياح أو العصافير أو بإضافة نباتات ناضجة إلى الكومة بعد أن تكون قد انتهت عملية التخمير تقريباً. ويمكن أن تنتج الأعشاب في محيط الكومة بذوراً تتفشّى بداخلها. كما أن المواد التي لم تتخمر تماماً، أي التي لم تتعفّن تماماً، قد تحتوي على بذور الأعشاب الضارة الآتية من المواد النباتية التي كانت المواد الأصليّة المضافة إلى كومة التخمير. المواد المخمرة المصنوعة من نفايات الزريبة والكلأ وأسمدة المزرعة غالباً ما تحتوي على بذور الأعشاب الضارة القابلة للحياة والتي مصدرها المواد الأصليّة. أما المواد المخمرة تماماً فينبغي أن تغطّى لحمايتها من دخول بذور الأعشاب الضارة إليها من المناطق المجاورة. تمكن السيطرة على تلك البذور بتغليف الكومة بالبلاستيك الأسود لمنع نضوج ونمو أي من النباتات التي تنشط في الكومة من عملية إنبات البذور الضارة.

إن درجات الحرارة المرتفعة (130 Fº درجة مئوية وما فوق) في المنطقة الداخلية للكومة قد تقتل بعض الأمراض النباتية التي تسبّبها الفطريات أو البكتيريا. الكائنات الممرضة للنبات والكائنات غير الممرضة تتنافس على نفس الركائز المغذية أثناء عملية التخمير؛ لذلك قد تغلب الكائنات غير الممرضة الأمراض في المنافسة وتؤدّي إلى موت الأخيرة جوعاً. كما أنّ الأحماض العضويّة وغيرها من المركبات التي تتركب أثناء التخمير يمكن أن تكون سامّةً للأمراض. مع ذلك، وكإجراء وقائي، ينبغي ألّا تضاف المواد الممرضة للكومة مطلقاً.

أما الأمراض التي لم تتعرّض لحرارة الكومة الداخلية لن تتأثر بعملية التخمير. كذلك فإنّ حرارة الكومة قد لا تكون عالية بما يكفي بعد تصليبها أول مرة أو بعد ذلك لقتل أمراض النباتات التي كانت أصلاً خارج الكومة. أضف إلى ذلك أن المنافسة والسموم في الكومة قد لا تكون منتشرة بشكل متساوٍ لقتل

الأمراض جميعها إلى ما دون المستويات التي يمكن أن تصيب المحاصيل. ونادراً ما تُقتل الأمراض الفيروسية بدرجات الحرارة غير المرتفعة بشكل كافٍ خلال عملية التخمير داخل الكومة.

أثناء عملية التخمير يتم فقدان نصف حجم الكومة أو أكثر بسبب التحلّل، والفضلات، أو الخسارات التي لا يمكن تجنبها. في النهاية، نصف كمية الكربون تفقد أثناء التخمير. وخسارة الكربون أمر إلزامي من أجل عملية تخمير ناجحة، لأن أحد أهداف التخمير هو تقليل نسبة الكربون إلى النيتروجين. تقوم الكائنات الحية الدقيقة باستخدام المواد العضوية كمصدر للطاقة. كما أن ثاني أكسيد الكربون الذي يخرج من الكومة أثناء عملية تنفس [هذه الكائنات] يمثّل الجزء الأكبر من خسارة الكربون. أما النيتروجين فيتم فقدانه عبر تطاير الأمونيا، والرشح، وإزالة النيتروجينيات من النترات. من ناحية أخرى يتم فقدان الكربون، وبالتحديد ثاني أكسيد الكربون، بسرعة أكبر من النيتروجين وبالنتيجة تتقلص نسبة الكربون إلى النيتروجين. بالنسبة للبوتاسيوم تتمّ خسارته بالرشح. أما الفوسفور فيبقى محفوظاً لأنه يوجد غالباً في مركبات قابلة للذوبان بشكل محدود ولا ترشح ولا تضيع على شكل مواد غازية. حصيلة التخمير هي سماد مخفف بتركيبة 1-1-1 (%N- $\%P_2O_5$- $\%K_2O$)، ولكن بنسب تختلف قليلاً عن نسبها في المواد الأصليّة التي تمّ دمجها في الكومة، تبعاً لطريقة التعامل مع المواد التي يجري تخميرها، أثناء وبعد التخمير.

كقاعدة عامة، لا يمكن إدراج السماد المخمر الذي يحتوي على أقل من 1% النيتروجين من مجموع المواد فيه في التربة من دون تسميد إضافي مع مصادر أخرى تحتوي على النيتروجين. هذا السماد المخمر قد يحتوي على كمية نيتروجين لا تكفي لتغذية المحاصيل كما قد يقود أيضاً إلى شل حركة النيتروجين. ويمكن استخدام هذه الأسمدة المخمرة التي تحتوي أقل من 1% نيتروجين كطبقات مهاد حماية من دون الاهتمام بشل حركة النيتروجين في التربة. تتغيّر نسبة الكربون إلى النيتروجين في السماد النهائي من 10:1 إلى 50:1، وتتفاوت هذه النسبة بحسب طبيعة المواد التي يجري تخميرها وبحسب درجة نضوج السماد المخمر النهائي. يحتوي السماد المخمر الناضج كلياً على كربون إلى نيتروجين من 15:1 إلى 20:1 بنسبة أقل من النسبة الموجودة في السماد الخام،

غير المستقر أو غير الناضج. يكون السماد المخمر الناضج قلوياً إلى درجة ما، بنسبة حموضة pH 7.5. درجة حموضة السماد المخمر أو قلويته هي مؤشر على مدى نضوجه. حيث إنّ السماد المخمر بدرجة حموضة 5 إلى 6 يكون غير ناضج، بينما يعتبر السماد المخمر ناضجاً إذا كان قلوياً.

يتوجّب اتخاذ القرارات حول تخمير المواد أو إضافتها مباشرة إلى التربة. إذا كانت كتلة المواد العضوية غير المخمرة تحتوي على نسبة كربون إلى نيتروجين 1:50 فهي لا تحتاج إلى التخمير داخل كومة، ويمكن إضافتها مباشرة إلى التربة. لأن هذه النسبة ستتقلّص بالتخمر في طبقات التربة، ثم يتم إطلاق النيتروجين. كما يمكن إضافة أسمدة النيتروجين مع المواد العضوية إلى التربة من أجل تخفيف نسبة الكربون إلى النيتروجين أكثر ومن أجل تحفيز التعفّن. لتجنّب التسمّم الناتج من الأسمدة النيتروجينية ينبغي على المزارعين توخّي الحذر عند تجربة تقليص نسبة الكربون إلى نيتروجين بنسب أكبر من 50 مع تطبيق واحد للنيتروجين أو من دون الانتظار لمدة أسبوع أو اثنين حتى تستقر هذه المادة بعد تطبيقها على التراب. إذا كانت كميات المواد المتاحة، بنسب كربون إلى نيتروجين قليلة أو معتدلة (أقل من 35:1)، وصغيرة بالحجم أو الوزن، يمكن استعمال هذه المواد في التخمير لتسريع وتيرة تخمير المواد ذات نسبة كربون إلى نيتروجين مرتفعة (أكثر من 35:1).

منافع تطبيق السماد المخمَّر على الأرض

يضاف السماد المخمَّر إلى التربة لتحسين خصوبتها بتغييرات في الخصائص الكيميائية، والفيزيائية، والبيولوجية للتربة. السماد هو الأسمدة المخمرة مخففة، وتشمل التحسينات الكيميائية زيادة مخزون احتياط مغذيات النبتة، وخصوصاً النيتروجين، في التربة. تزيد قدرة التربة على الاحتفاظ بالمواد الغذائية الآتية من السماد المخمَّر أو الأسمدة الأخرى بعد إضافة السماد المخمَّر بسبب ارتفاع قدرة التربة على تبادل الأيونات الموجبة؛ أي قدرة التربة على الاحتفاظ بالأيونات الموجبة مثل NH_4^+, K^+, Ca^{2+}, and Mg^{2+} . إنّ المواد العضوية في التربة (بما في ذلك الدبال الذي هو الجزء المستقر من المواد العضوية في التربة) لديها قدرة أكبر على تبادل الأيونات الموجبة من قدرة الطين. ويزيد حبس المياه في

التربة المحسنة بالسماد المخمَّر كلما زادت المواد العضوية فيها. وتزيد إمكانية الاحتفاظ بالمواد الغذائية بسبب تقييد رشح المياه في التربة المعدلة بالسماد المخمَّر.

أما المتغيّرات الفيزيائية في التربة فتتضمن انخفاضاً في كثافة الكتلة، وارتفاع القدرة على حبس المياه، وتركيبةً أفضل أو حرث للتربة. تحدث هذه المتغيّرات الفيزيائية بسبب ارتفاع كمية المواد العضوية التي يمنحها السماد المخمّر للتربة وكذلك من تأثير المواد العضوية في تركيبة التربة الفيزيائية. في المدى القصير، ترتبط منافع استخدام السماد المخمّر مباشرة بالقيمة الغذائية للأسمدة المخمرة. أما في المدى البعيد، تنتج هذه المنافع من ارتفاع نسبة الدبال.

إن تأثير الأسمدة المخمرة في الكائنات الحية في التربة معقّدة. فهذه الأسمدة المخمرة تشكّل قاعدة غذائية للكائنات الحية المجهرية ولدودة الأرض وغيرها من الحشرات الكبيرة، كما تحفّز نموها في التربة. لذلك ينبغي أن تكون كل الأسمدة المخمرة المضافة إلى التربة ناضجة بحيث تكون عملية التخمير قد اكتملت في الكومة لا في التربة. فالأسمدة غير المكتملة التخمير غالباً ما تكون غنيّة بالأمونيوم أو المركبات النيتروجينية غير المستقرّة التي سرعان ما تتمعدن. نسبة تركيز الأمونيوم العالية في التربة تكون سامة للنبتة ويمكن أن تؤثّر في الحشرات الكبيرة في التربة (Macrofauna) فضلاً عن تأثيرها في المحاصيل. إضافة إلى ذلك فإن الأسمدة الخام مع المواد العضوية غير المتحللة وغير المستقرة قد تحفّز مسببات الأمراض النباتية كمرض ترطيب البذور وتعفّن الشتلات والجذور. في حين أنّ الأسمدة الناضجة كلياً قد تمتلك قدرة كابحة لمسببات الأمراض النباتية من خلال المنافسة الميكروبية مع تلك المسببات على المواد الغذائية والكربون، أو من خلال سُمّية طفيلية معينة أو احتلال مسببات الأمراض من قِبَل كائنات مجهرية مفيدة.

من بين التأثيرات البيولوجية المؤذية للتربة نذكر تزايد بذور الأعشاب الضارة فيها. فالأسمدة المخمرة يمكن أن تحمل بذوراً من هذا النوع تتفشّى في التربة. كذلك فإن البذور التي تولّدت في التربة تستفيد من خصوبة التربة المحسّنة بالسماد المخمر، وقد تتغلب في غدها على المحاصيل في استجابتها للسماد المخمر، وخصوصاً في السنة الأولى من تطبيق السماد المخمر. وكثيراً ما يُستَخدَم السماد

المخمر كبديل العتة الخث في مواد زراعة القدور. الأسمدة الناضجة تماماً فقط يمكن استخدامها في مواد هذه الزراعة. مواد السماد الخام قد تعرقل العلاقات الغذائية للنباتات التي تنمو في هذه المواد الوسيطة، وقد تكون سامة وقد تحفّز الأمراض حتى السماد المخمر الناضج هو أقل استقراراً في هذه الترب الوسيطة من عتة الخث. كما أن السماد المخمر يتعفّن بشكل أسرع من الخث، وقد يلزم استعماله في المكان بنسب أكبر من عتة الخث. كذلك فالترب الوسيطة المرتكزة على السماد المخمر سينخفض حجمها وكتلتها مع تحلل السماد المخمر.

إجراءات التخمير والتحويل إلى سماد

تتضمن إجراءات التخمير تجميع المواد، واختيار الموقع، وتحديد الطريقة الملائمة للتخمير. لكن من أجل إنتاج السماد المخمر في عمليات صغيرة تستخدم في المزارع والحدائق، يمكن للمزارع أن لا يتقيّد بدقة بهذه الإجراءات إلا إذا كان إنتاج السماد ملحاً. لكن في العمليات التجارية على نطاق واسع ينبغي الالتزام الصارم بالإجراءات اللازمة للحصول على منتج جيد في الوقت المناسب.

اختيار المواد

يجب جمع كمية كبيرة من المواد لبناء كومة التخمير. الحجم المثالي لهذه الكومة لتخمير النفايات المنزلية يكون بارتفاع 5 أقدام وعرض 5 أقدام وطول 5 أقدام. وفي حال لم تتوافر كمية كافية لبناء الكومة بهذه الأبعاد، ينبغي نيل الجهود لجعل الكومة مرتفعة قدر المستطاع. فالأكوام المسطّحة ككعكة المقلاة لن تتعفّن جيداً كما أنها تخسر المواد الغذائية بشكل أكبر من الأكوام العميقة. إن طول وعرض الكومة يمكن أن يتجاوز هذه الأبعاد بشكل كبير، بينما يجب أن لا يتخطى الارتفاع الثمانية إلى عشرة أقدام. فالأكوام بارتفاع أعلى قد تصبح عالية الحرارة داخلها بحيث تقتُل الكائنات الحية المخمرة.

الاشتعال بالاحتراق التلقائي يظهر في الأكوام العميقة. لكنّ الأكوام التي لا يتجاوز عمقها الخمسة أقدام تكون أكثر نشاطاً في الطقس البارد من الأكوام الأكثر ضحالة بسبب تأثير العزل في الأكوام العميقة. استعمال مياه المجاري غير مسموح في الزراعة العضوية.

تنقسم مواد التخمير للتحويل إلى سماد إلى فئتين: المواد الكربونية والمواد النيتروجينية (لاحظ الجدول 1.5). تحتوي المواد الكربونية حيث تكون نسبة كربون إلى نيتروجين كبيرة (كربون إلى نيتروجين أكبر من 100:1) أما المواد النيتروجينية ففيها نسبة كربون إلى نيتروجين ضئيلة (كربون إلى نيتروجين أقل من 35:1). كثيراً ما يتمّ استخدام خليط من المواد الكربونية والنيتروجنية في بناء كومة التخمير كما يمكن استخدام المواد الخشبية وغير الخشبية في نفس الوقت لكن يستحسن أن تبقى منفصلةً إذا كان الأمر ممكناً. فالمواد الخشبية تأخذ وقتاً أطول لتتعفن. ووجود مواد خشبية ضمن كومة التخمير يمكن أن يطيل مدة التخمير بشكل لا داعي له. يمكن أيضاً استخدام الورق لكن ينبغي أن لا تتخطّى نسبة 10% من حجم الكومة؛ كما ينبغي تجنّب الأوراق المشمّعة والأوراق الملوّنة. لأن الأوراق المشمّعة تصبح مقاوِمة للتحلل، والأوراق الملوّنة يمكن أن تحتوي على معادن ثقيلة.

توفر المواد الكربونية الكتلة الأكبر من المواد العضوية للتخمير، وتسرّع المواد النيتروجينية وتيرة التخمير.

جدول 1.5

أمثلة عن المواد الكربونية والنيتروجينية الشائعة الاستخدام في أكوام التحويل إلى سماد.

المواد الكربونية		المواد النيتروجينية	
النشارة	فضلات الحديقة	الأوراق الخضراء	الملابس الصوفية
رقائق الخشب	إبر وأوراق الشجر	الخضار المجففة	الفرو والحرير
اللحاء	التبن	القهوة المطحونة	التربة
العشب المجفّف	الورق	أكياس الشاي	روث الدواب
الملابس القطنية	قشر الجوز	قليمات الأعشاب	مياه المجاري
تقليمات الحدائق الجافة (غير الخضراء)		النباتات الفاسدة	

عموماً، كلما كانت نسبة المواد الكربونية إلى المواد النيتروجينية أقل انتهت عملية التخمير بشكل أسرع.

يمكن استخدام الأسمدة النيتروجينية بدلاً من المواد العضوية النيتروجينية. وتضاف هذه الأسمدة بالرّش على طبقة بعمق قدم واحد من المواد العضوية خلال بناء الكومة. الأسمدة التي أساسها الأمونيوم أفضل من الأسمدة التي أساسها النترات. لأنّ الكائنات الحيّة الدقيقة التي تقوم بعمليّة التخمير تفضّل استخدام نيتروجين الأمونيوم على نيتروجين النترات. الأسمدة المناسبة مثل اليوريا، وكبريتات الأمونيوم، ونترات الأمونيوم، والحبوب المجروشة، والدم الجاف وروث الدواب، ومياه الصرف الصحي من مصادر غير صناعية. الممارسة الصارمة في تحديد المواد العضوية يمكن أن يعيق استخدام اليوريا وكبريتات الأمونيوم ونترات الأمونيوم. أما الممارسة الليبرالية فتسمح باستخدامهم هذه المواد لأن هذه الأشكال الكيميائية للنيتروجين ستتحول إلى مواد عضوية عبر عمليات التخمير البيولوجية.

غالباً ما تضاف التربة كمادة نيتروجينية، فالتربة تضيف بعض الوزن إلى الكومة وتساعد على تثبيتها في مكانها. كذلك فإن التربة تشكِّل مصدراً لمادة تلقيح للكائنات الحية التي تقوم بالتخمير. وينبغي أن تكون التربة أغنى المصادر المتاحة. لذلك فالتربة التي يَتِمّ استخراجها من أسفل كومة تخمير قديمة أو من تحت الحظيرة أو الفناء حول الحظيرة تكون أغنى بالنيتروجين. يجب أن لا تتعدّى كمية التربة المضافة نصف الإنش إلى الإنش الواحد لكل قدم من مواد التخمير في الكومة. فالإكثار من التربة المضافة يجعل الكومة ثقيلة وربما من دون تهوية في الطقس الرّطِب. يحمل المُنتَج النهائي خصائص التربة أكثر من المواد العضوية، عند الإفراط بإضافة التربة.

يمكن إضافة الأسمدة الفوسفورية إلى الكومة لتمتين السماد المخمر. ونذكر من الأمثلة المناسبة الفوسفات الصخري، والعظام، والسوبرفوسفات (غير العضوي). تساعد الأحماض التي تتكون أثناء عملية التخمير على ذوبان الفوسفات الصخري، كما تقوم بتحويل بعضها إلى مواد مشابهة للسوبرفوسفات، التي يتم تصنيعها بالمعالجة الحمضية للفوسفات الصخري. إنّ غبار الغرانيت

والتربة الرملية الخضراء التي تضاف لتدعيم الكومة بالبوتاسيوم لن تكون فعّالة بسبب طبيعتها محدودة القابلية للذوبان حتى في البيئات الحمضية.

إنّ بعض إجراءات التخمير تدعو لإضافة الكلس أو رماد الخشب للكومة. ولكن يجب تجنّب إضافة هذه المواد لأنها تزيد قلوية الكومة، مما يسرّع فقدان الأمونيا عبر التطاير ومما يقلِّل من قيمة السماد المخمر النهائي. تخضع أكوام التخمير لمتغيّرات في درجة الحموضة مع تقدّم عمليّة التخمير. تكون ردّة الفعل الأوليّة للكومة زيادة في درجة الحموضة ولكن هذه الزيادة جزء من عملية طبيعيّة. حيث تقوم مجموعة معيّنة من الكائنات المجهرية المحبة للحرارة التي تكيّفت مع الظروف الحمضية باستخدام أجزاء المواد العضوية الأكثر سهولة في التحلّل (السكريات، والنشاء، والأحماض العضوية والبروتينات) لتولّد حموضة في عملية التخمير. تموت هذه الكائنات مع تغيّر تركيبة البقايا. حينئذٍ تسيطر مجموعة أخرى من الكائنات الصغيرة الحية على عملية التخمير. هذه الكائنات تَستَخدِم ركائز مغذية مختلفة ولها تأثيرات مختلفة عن المجموعة الأولى في درجة الحموضة. ولا حاجة للقيام بأي شيء لتغيير هذا التسلسل من الأحداث. السماد المخمّر النهائي يكون قلوياً إلى حدٍّ ما، ربما بدرجة حموضة pH 7.3 إلى 7.5. عندها يضاف الكلس أو رماد الخشب إلى التربة التي يجري عليها التخمير لا على السماد المخمر مباشرة. غالباً ما يتم إضافة الكلس بكثرة لبعض الأسمدة المخمرة التجارية المصنوعة من نفايات البلدية المتصلبة، وبالتحديد المتصلّبات البيولوجية (كرواسب مياه المجاري)، من أجل التحكّم في الكائنات المَرَضيّة. تكون درجة حموضة pH هذه الأسمدة المخمرة 8.0 أو أكثر. ويمكن اعتبار هذا السماد المخمر كلساً أكثر منه سماداً. لا يمكن إضافة رماد الفحم أو رماد الفحم النباتي إلى الكومة بسبب التأثير السمّي المحتَمَل لمُكوّنات في الفحم.

كذلك يجب عدم إضافة العظام، واللحوم، والشحوم إلى كومة التخمير. فالعظام لن تتعفّن إلا إذا كانت مطحونة. والعظام واللحوم تجذب الحيوانات إلى الكومة. لكن إذا كانت كومة التخمير مغلقة ويصعب وصول الحيوانات الطفيلية إليها، عندئذٍ يمكن اعتبار اللحوم مادة نيتروجينية يمكن تخميرها. أما الشحوم فهي بطيئة التعفّن وتُضيف القليل إلى جانب الكربون.

اختيار الموقع

ينبغي أن يكون الموقع سهل الوصول إليه من الأرض التي سيُستخدم عليها السماد المخمر. ويُستحسَن وجود مصدر مياه قريب، لأنّ مياه الأمطار قد لا توفّر الرطوبة الكافية لإطلاق عملية التحويل إلى سماد وللحفاظ على استمراريتها. كما أن موقعاً مظللاً جزئياً يساعد على حماية الكومة من الجفاف. وتساعد مِصدات الرياح أيضاً على منع الجفاف. إذا كانت كومة التخمير مجاورة لمنطقة سكنية فمن الأفضل إقامة سواتر لهذا المَنظَر. ومن المحتمل أن تصدر أكوام التخمير روائح كريهة لذلك يجب أن تكون هذه الأكوام بعيدةً بما يكفي حتى لا تتسرب الرائحة إلى عن المناطق السّكنيّة.

الحفُر ليست ضرورية للتخمير إلا إذا كان المناخ جافاً وبارداً. في مثل هذه الحالات تساعد الحُفر على منع الجفاف وتُجنِّبُ فقدان الحرارة من كومة التخمير.

اختيار العملية

إن اختيار العملية يمليه الوقت والمواد المتوافرة. فلأجل إنتاج سماد مخمر للموسم الجاري على المزارع اختيار عملية الـ «14 يوماً». وإذا لم يكن الوقت عاملًا لإنتاج السماد المخمّر قد يختار المزارع عملية الـ «90 يوماً» أو عمليات أخرى طويلة الأجل. وإذا كانت كمية المواد التي سيجري تخميرها كبيرة والعمالة قليلة قد يلجأ المزارع إلى التخمير بالطبقات.

عملية الـ «14 يوماً»

تستخدم هذه الطريقة عندما يكون الوقت قصيراً، كما في الربيع، وعندما يكون السماد المخمر النهائي غير متوافّر من مصدر [آخر]. وتُسمّى هذه العمليّة أحياناً عملية بيركيلي (Berkeley)، نسبة إلى بيركيلي في كاليفورنيا حيث تمّ تطوير هذه العملية على يد مهندسين أرادوا عملية تخمير سريعة لنفايات البلدية الصلبة وفضلات الحدائق الخلفية للمنازل وأوراق الشجر.

إن المواد العضوية العالية الجودة ضرورية لضمان عمليّة تخمير سريعة (لاحظ الجدول 2.5). لذلك فإنّ خليطاً بنسبة حجم جزأين من المواد الكربونية

إلى جزء من المواد النيتروجينية يكون مثالياً لتخمير سريع. وخليطاً من روث الدواب والمهاد (القش، والتبن) مباشرةً من الإسطبلات يعطي النسبة الملائِمة من المواد التي تحتاج إلى عملية الـ «14 يوماً». من أجل تخمير سريع ينبغي تجنُّب استعمال النشارة ورقائق الخشب لأنها مقاوِمة للتحلّل.

مع معظم المواد تكون عملية الـ «14 يوماً» كثيفة العمالة. فهذه المواد يجب أن تُمزَّق وتبلّل مع بناء الكومة. لأن تمزيقها يزيد المساحة السطحية ويسرّع عملية التعفّن. لكن يصعب هذا التمزيق من دون معدّات تستخدم الطاقة. إلا أنّ العمل بهذه المعدّات يمكن أن يكون خطيراً. كما أن هذه المعدات قد تكون غالية الثّمن. مما زيادة نسبة المواد النيتروجينية واستعمال المواد الكربونية الطريّة أو التي سبق وتجزأت إلى أجزاء صغيرة (إبر الأشجار، والأوراق الخضراء، وبقايا الحديقة الرفيعة، والنباتات التالفة، وروث الدواب مع مهاد التبن والقش) قد تُمكِّن من تجنّب مرحلة التّمزيق.

جدول 2.5

اختيار المواد لمختلف طرائق التخمير

الطريقة	المواد	الهدف
14 يوماً	نفايات صلبة وقابلة للتخمير وعالية الجودة.	صناعة سماد مخمر للموسم الجاري.
90 يوماً	الفضلات بحجم جزأين من المواد الكربونية لكل جزء من المواد النيتروجينية.	صناعة سماد مخمر للموسم اللاحق أو للاستعمال المتأخر في الموسم الجاري.
	كل أنواع النفايات الصلبة القابلة للتخمير. بحجم 3 أجزاء من النفايات الكربونية لكل جزء من النفايات النيتروجينية. يمكن استعمال نسب أكبر، تطيل مدة التخمير.	استعمال هذه الطريقة في أي وقت في الطقس الدافئ.

طويلة الأمد (سنة أو سنتين)	كل أنواع النفايات القابلة للتخمير. لا محظورات في نسب النفايات الكربونية أو النيتروجينية.	صناعة سماد مخمر من دون تحديد الوقت لاستخدام
التخمير على طبقات	كل أنواع النفايات القابلة للتخمير. لا قيود لنسب النفايات. كلما كانت المواد الكربونية أكثر كلما زادت الحاجة لوقت أطول للتخمير.	إنتاج سماد مخمر على الموقع الذي ستتم زراعة المحاصيل ولتخمير فيه. كميات كبيرة من المواد بعمالة قليلة. السماح بالتخمير بينما تنمو المحاصيل.

إنّ الكومة التي تمّ بناؤها بعملية الـ «14 يوماً» يجب أن ترتفع حرارتها خلال يومين. هذا الارتفاع في الحرارة يشير إلى بداية حدوث حركة ميكروبية. وفي حال لم تَسخن الكومة قد يكون هناك خلل في كمية المياه والنيتروجين المتاحة لعمليّة التخمير السريع، مما يَستوجِب إضافة هذه المواد لتسريع وتيرة التخمير. هنا ينبغي تقليب الكومة كل 3 إلى 4 أيام لمدة 10 أيام. وتحريك الكومة يؤدّي إلى تهويتها. عادة لا تكون هناك حاجة لتقليب إضافي بعد ثالث مرّة. لكن الفشل بتوفير كمية كافية من المياه أو النيتروجين أو الفشل بتقليب الكومة في الوقت المناسب يؤدّي إلى تأخير عملية التخمير.

بعد نحو الـ «14 يوماً» -أو أحياناً 21 يوماً أو أكثر بحسب نجاح بناء الكومة، وبحسب الطقس وتكرار التقليب - يجب أن تتحلّل المواد العضوية. في هذا الوقت، قد تبقى بعض من المواد الأصليّة موجودة لكن ينبغي أن تظهر خارجة بسهولة أثناء التعامل مع الكومة. والمواد الزلقة والناعمة لن تتعفّن بشكل كاف. إذا كان يبدو أن بعض كومة التخمير قد اكتمل والبعض الآخر لم يكتمل بعد؛ يمكن بناء عازل لفصل المنتَج الجاهز عن المواد التي لم تكتمل بعد. ويُمكِن استخدام أسلاك الدجاج أو أدوات قماش ذات فتحات بنحو بوصة واحدة في بناء الساتر. المواد التي تمرّ عبر الساتر تكون جاهزة للاستعمال. لكن لا بدّ من فحص

هذه المواد للتأكّد من أنها تخمرت فعلاً ولم تتفتت فقط، وما زالت تحتاج لمزيد من التعفّن. المنتج النهائي يجب أن يكون أسود اللون، متفتتاً ويحمل رائحة التراب. أما المواد التي لم تعبر الساتر فيجب إضافتها إلى كومات تخمير أخرى.

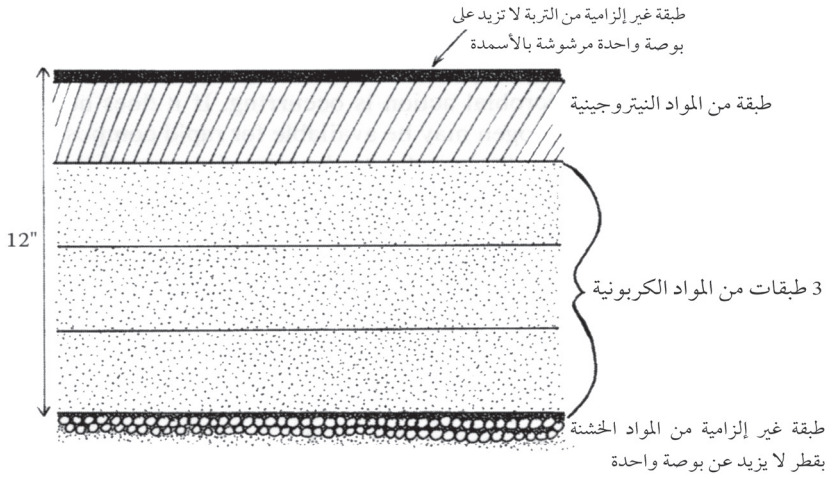
عملية الـ «90 يوماً»

في بعض الأحيان يشار إلى هذه العملية بعملية إندور (Indore) نسبة إلى منطقة من مناطق الهند التي جرى فيها الكثير من البحوث حول هذه العملية. في هذه العملية يمكن استخدام مواد ذات جودة أقل من المواد التي تستخدم في عملية الـ «14 يوماً» (لاحظ الجدول 2.5).

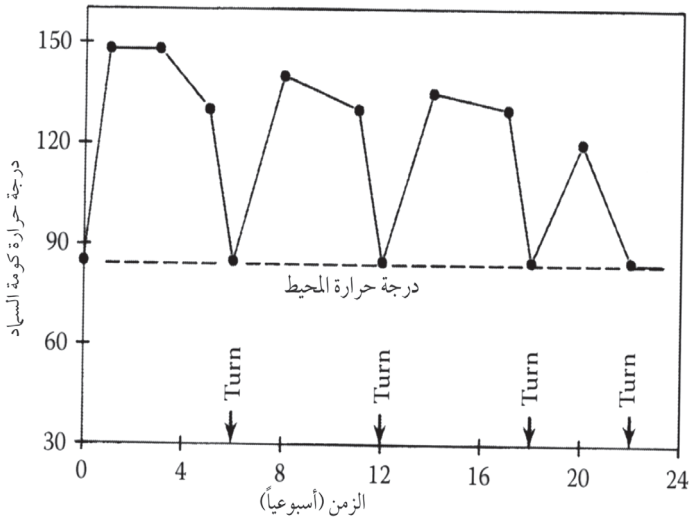
يساعد التمزيق على تسريع وتيرة التخمير ولكنه ليس ضرورياً. وتُمثّل نسبة 3 أجزاء من المواد الكربونية إلى جزء واحد من المواد النيتروجينية من حيث الحجم، خليطاً نموذجياً من المواد العضوية. كما يمكن استخدام مواد ذات نسب أكبر لكنها ستُطيل مدة التخمير. وقد يتخطّى وقت التخمير، عادة، الـ «120 يوماً»، حتى لو كانت العملية تحمل اسم عملية الـ «90 يوماً». السماد الذي ينتج من هذه العملية لا يكون عادةً متاحاً للاستخدام في نفس السنة التي تمّ فيها إنشاء كومة التخمير في مناخ معتدل. إذا لم يتم استخدام المنتج النهائي في نفس الموسم فإن التخزين والحماية للمنتج يكونان ضروريين.

قد يبدأ تشييد الكومة بأساس من الجذوع السميكة والأغصان (لاحظ الجدول 1.5). ينبغي أن لا يتخطّى قطر هذه المواد البوصة الواحدة، وتكون سماكة الطبقة نحو الست بوصات. تراكم المواد العضوية والتربة والأسمدة، غير الإلزامية، طبقة فوق طبقة على الأساس مما يساعد على قياس كمية المواد والمحافظة على نسب المواد الكربونية، والمواد النيتروجينية، والتربة. تكون الطبقات التالية بعد القاعدة ومراكمة المواد في طبقات ليس ضرورياً، لكن ذلك يساعد في قياس المواد والحفاظ على النسب الصحيحة للمواد المركبة والنيتروجينية والتربة. بسماكة بنحو 12 بوصة. ويُمكن إضافة الطّبقات التالية فوق الأساس (التي تسمّى مخزون التّغذية في بعض الأحيان)، عندما تصبح متاحةً. إن إضافة مواد بعد فترة

متقطعة من الوقت عادة يطيل مدة التخمير. وإذا تمت إضافة المواد الخام بشكل مستمر إلى الكومة يمكن للسماد أن لا ينضج أبداً.



الشكل 1.5 كومة تخمير مبنية بعملية الـ «90 يوماً». الهدف من بناء الطبقات هو قياس حجم المواد، لكنها تختلط عند أول تحريك للكومة.



الشكل 2.5 يمثّل مراحل تسخين وتبريد السماد خلال عملية الـ «90 يوماً».

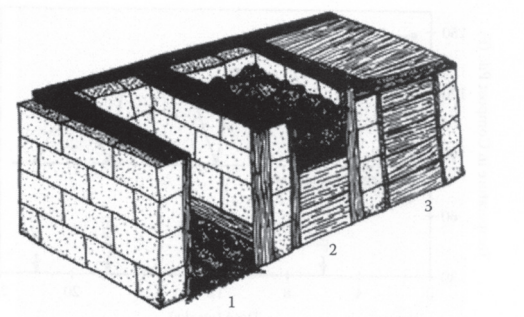
يمكن رش الكومة بالماء أثناء بنائها ولكن هذا الأمر ليس ضروريا في عملية الـ «90 يوماً»، كما هو ضروري لعملية الـ «14 يوماً». فمعظم العمال يعتمدون على مياه الأمطار التي توفر المياه للكومة الـ «90 يوماً».

بعد قرابة أسبوع من بناء الكومة، ترتفع حرارتها إلى درجة 130 إلى 150 درجة فهرنهايت. أما الكومات الصغيرة بارتفاع 3 أقدام أو في حاويات التخمير الصغيرة فلا تسخن إلى هذا الحدّ بسبب التبريد بواسطة الإشعاعات المنبعثة من المواد ذات الكتل الصغيرة. بعد 5 أو 6 أسابيع ستبرد حرارة الكومة إلى درجة الحرارة المحيطة، وهنا يجب تقليب الكومة لتهويتها. وتتكرّر عملية التقليب في كلّ مرة تعود فيها الكومة إلى درجة حرارة الهواء المحيط. أحياناً لا يتم تقليب الكومة، ولكن هذا يؤدّي إلى إطالة مدة التخمير. وبدلاً من تقليب الكومة، يمكن أن تقام فتحات في الكومة بالعصي أو القضبان المعدنية لتشكيل قنوات يدخل منها الهواء بسهولة. أحياناً تُوضَع أوتاد أو ألواح بشكل عمودي في الكومة مما يتيح أيضاً قنوات تسمح بمرور الهواء لينتشر عبر الكومة. في العمليات الكبيرة يتم ضخّ الهواء أو شفطه عبر أنابيب مثقوبة ومدفونة أسفل الأكوام. هذا الأمر يمنح تهويةً جيدةً، ويؤدي عموماً إلى تقصير المدة المطلوبة للتخمير ويوفر التقليب والجهد المطلوب.

إن الأكوام التي لا يتم تقليبها أو تهويتها الآلية تأخذ أكثر من سنة لتكتمل فيها عمليّة التخمير. يتمّ توفير الجهود بشكل جدّي عندما لا يتم تقليب الكومة. كما تحفظ أيضاً فيها نسبة النيتروجين. ففي كل مرة يتمّ تقليب الكومة تضيع نسبة من الأمونيا في الهواء، والسماد العضوي الناتج من أكوام لا تقلب يكون لديه نسبة نيتروجين من 10 إلى 20% أكبر من النسبة في الأكوام التي تقلب والتي هي 1.1% إلى 1.2 ٪ مقارنة مع 1.0% نيتروجين.

قد لا ترتفع درجة حرارة الكومة فوق حرارة الهواء المحيط بعد التقليب الثالث تقريباً، مما قد يعني أن الكومة قد تم تخميرها. هنا يجب فحص السماد للتأكّد من نضوجه. ويجب ألا يتم التعرف على المواد العضويّة الأصليّة في المنتج النهائي. كما يجب أن يكون المنتج العضوي النهائي أسود اللون ومتفتتاً

ولديه رائحة التراب. إذا لم يحمل المنتج النهائي هذه المواصفات فقد يعني أن ذلك السماد لم يختمر بعد. ونقص المياه في الكومة يمكن أن يكون سبباً لفشل ارتفاع درجة حرارة الكومة عند تقليبها.



الشكل 3.5 وحدة تسميد مؤلفة من ثلاثة صناديق. الصندوقين 1 و2 حتماً لاستقبال وتقليب السماد. أما الصندوق الثالث فهو لحفظ السماد النهائي.

يمكن إدماج السماد النهائي مباشرةً في التربة. وإذا لم يكن الموسم مناسباً لاستعمال السماد يتم حفظ السماد بتغطيته بالتربة، والقش، والتبن، والبلاستيك الأسود. تساعد هذه الأغطية على حماية المنتج النهائي من الرشح بالمطر، ويمكن أن تمنع الأعشاب الضارة من النمو داخل الكومة. كما يمكن تخزين كميات قليلة من السماد في صناديق محكمة الإغلاق. ويمكن بناء صناديق واسعة لتخزين السماد وأيضاً لتشغيله بواسطة التسييج بالثلج، والخشب المنشور، أو الكتل الصلبة.

التخمير الصفائحي

تتضمّن هذه العملية التخمير المباشر في التربة في المكان الذي ستنمو المحاصيل فيه. غالباً ما يستخدم تسميد الصفائح في عمليات واسعة النطاق تتضمّن مساحات بالفدادين أو كميات كبيرة من المواد. إنها عملية قيّمة عندما تكون العمالة نادرة. حيث يستعان بأدوات كبيرة لاستبدال العمالة. إن تقليب الكومة تحت مواد عضوية خضراء أو بقايا من المحصول السابق في الحدائق أو الحقول يعتبر شكلاً من أشكال التخمير الصفائحي.

يتم إدخال المواد العضوية في التربة قبل 6 إلى 8 أسابيع من تاريخ زراعة المحصول. تساعد هذه المهلة الزمنية المواد العضوية على التحلّل بشكل كافٍ حيث لا تكون هناك مشكلة تجمّد نيتروجين حادة كما لو تم إدماج المواد العضوية قبيل زراعة المحاصيل. إنّ مشكلة نقص النيتروجين في المحصول يمكن أن تكون مشكلةً حادةً تنتج من التخمير الصفائحي، وغالباً تتم إضافة أسمدة نيتروجينية لتعويض هذا النقص. يستحسن أن يضاف رطل واحد من النيتروجين لكل مئة رطل من المواد العضوية المضافة.

قد تكون التربة التي تمّ التخمير الصفائحي فيها جافةً. فالمواد العضوية الخشنة تفسح المجال لكثير من القنوات المفتوحة التي تتبخر المياه عبرها من التربة إلى الجو. إذا لم تتحلّل المواد العضوية بشكل كافٍ قبل زراعة المحاصيل، فقد تشكل التربة فراشاً فقيراً إذا كان التخمير صفائحياً. من هنا، كلما كان الفاصل الزمني أطول بين تطبيق المواد العضوية للتخمير الصفائحي وزراعة المحاصيل أطول كانت ظروف الإنبات أفضل.

الأسمدة المخمرة التجارية

إن كثيراً من أنواع الأسمدة المخمرة يتمّ تسويقها أو تعطى مجاناً. أسمدة المزارع المسمّدة (المتعفّنة) هي الأكثر عرضاً للبيع. فأسمدة المزارع التجارية المخمرة تشكّل منتجات ممتازة يمكن إضافتها إلى التربة بحرية. أحياناً يتم تخمير روث المزارع في نفس الوقت مع فضلات زراعية أخرى بحسب النشاط الزراعي في المنطقة؛ على سبيل المثال قد تتشكل الأسمدة المخمرة من روث الدجاج وثفل الفاكهة، وتوفر هذه الأسمدة غذاءً ممتازاً للمحاصيل.

في المساحات البلدية يتم تخمير وبيع نفايات الحدائق، (قصاصات الأعشاب، والغصون المقطعة، وأوراق الشجر وغيرها من هذه الأشياء) أو هي تُعطى مجاناً. هذه الأسمدة المخمرة تكون جيّدة عموماً للإدماج في التربة. كما أنها تحتوي غالباً على نسب نيتروجين أقل من الأسمدة الزراعية المخمرة. والأسمدة المخمرة المصنوعة من أوراق الخريف هي منتج معروف وعليه الكثير من الطلب. هذه الأسمدة المخمرة تكون فقيرة بالنيتروجين بنسبة 0.7% في الأسمدة الطازجة، بالتالي فهي غير كافية كأسمدة. بالحقيقة، تظهر الحاجة إلى تسميد

مكمل لتعويض قيمة السماد الغذائية المتدينة ولتشجيع نمو النبتة في التربة المعدّلة بالورق المخمر. يعتبر سماد الأوراق الناضِج جيداً خلال سنة أو أكثر من التحلل، أفضل من السماد الأقل نضوجاً، مع ذلك يوصى بتسميد إضافي بالنيتروجين.

في بعض المناطق، تصنع الأسمدة المخمرة من المتصلبات البيولوجية (متصلبات مياه الصرف الصحي) التي يتم تخميرها في نفس الوقت مع رقائق الخشب وغيرها من النفايات البلدية الصلبة (كالورق مثلاً). هذه الأسمدة المخمرة غنيّة بالنيتروجين غالباً بنسبة 3% نيتروجين في السماد الحديث النضوج المستخدم خلال مدة أقل من سنة. إنّ النيتروجين المركّز في هذه المواد يجعلها أسمدة قيّمة. وكثيراً كما تحتوي مثل هذه الأسمدة الحديثة النضج بأقل من سنة على نسبة أمونيوم عالية. قد تتأذّى البذور أو الغرسات المنقولة إلى التربة المعالجة حديثاً بهذا السماد المخمّر، من الأمونيوم. بعد تطبيق السماد على التربة، يتبدّد الأمونيوم والسمّ بسرعة عبر النترجة والتطاير في غضون بضعة أيام أو أسبوع. لذا يوصى بفاصل زمني لمدة أسبوع بين تطبيق مثل هذا السماد وزراعة النباتات لتجنّب منع إنبات البذور أو أذية الغرسات المنقولة.

يتركّز الاهتمام بمحتويات الكادميوم (Cadmium)، والزنك، والنحاس، والرصاص، والمعادن الأخرى في السماد المصنوع من النفايات البلدية الصلبة. كما يتركّز الكثير من الحرص لتجنّب استعمال هذه المواد التي تضيف مثل هذه المعادن للسماد المخمّر. الأسمدة المخمّرة المعروضة للبيع أو الموهوبة من البلديات تكون محكومة بصرامة بأنظمة الولاية وبالأنظمة الفدرالية. لذا ينبغي أن تستخدم الأسمدة المخمّرة الآمنة التطبيق فقط على التربة من دون قيود حكومية للأهداف الزراعية. من هنا يتوجّب على كل مزارع يستعمل السماد العضوي المخمّر المصنوع من المتصلبات البيولوجية أن يحصل على تقرير بالتحليل الكيميائي للسماد المخمّر ويقارنه مع المعايير المسموح بها فدرالياً. ختاماً تحظِّر المنظمات المصدرة لشهادات المعايرة للمواد العضوية استخدام الأسمدة المخمرة المصنوعة من المتصلّبات البيولوجية لأن هذه الأسمدة قد تحتوي على معادن غير مرغوب فيها.

الفصل السادس

إدارة أسمدة المزارع الخضراء

وظائف سماد المزرعة الأخضر

إن سماد المزرعة الأخضر هو نوع من فلاحة النباتات الخضراء التي تنمو في الأرض لتحسين حالة التربة. وتحسن هذه الأسمدة التربة بعدة طرق:

1- إضافة المادة العضوية
2- إضافة النيتروجين مع البقوليات
3- حفظ المواد الغذائية
4- حماية التربة ضد التآكل
5- السيطرة الحيوية على الأمراض

إضافة المواد العضوية

زيادة محتوى التربة من المواد العضوية هو الغرض الأساسي من إعداد سماد المزرعة الأخضر. وتقليب السماد الأخضر في التربة يضيف طناً أو طنين من المادة الجافة في الفدان الواحد، وهو أضمن طريقة لزيادة المواد العضوية في التربة. على الرغم من أن بعض الآثار في تكييف التربة، مثل التجميع، قد تستمر

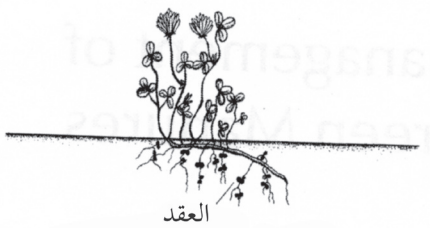
لعدة سنوات، فإن معظم المنافع تحدث في موسم النمو عقب إدماج السماد الأخضر. يتحلل سماد المزرعة الأخضر يتحلّل سريعاً بسبب اخضراره النضر، ونحو 75% من المواد العضوية سوف تتعّفن في الموسم الأول، تاركةً القليل من الآثار المتبقية بعد ذلك. للحصول على أقصى قدر من المنافع، ينبغي أن تكون محاصيل سماد المزرعة الأخضر في تناوب كل ثلاث سنوات، مثل دورة الذرة – الشوفان – السماد الأخضر أو الخضراوات – الخضروات- سماد المزرعة الأخضر. لن يكون سماد المزرعة الأخضر أثر كبير في زيادة المواد العضوية في التربة، ما لم يزرع هذا المحصول لمدة سنة واحدة على الأقل، أو لموسم نمو واحد. وتكون زراعة سماد المزرعة الأخضر لأكثر من سنة واحدة عادة غير مرغوب فيها، لأن هذه الممارسة تبعد الأراضي الزراعية عن الإنتاج لفترة طويلة جداً. قد لا يضيف محصول نباتات الغطاء الشتوية (انظر أدناه) المبذورة في فصل الخريف التي تقلب في أوائل الربيع، الكثيرَ من المواد العضوية للتربة. محاصيل التغطية التي تقلبها في أواخر الربيع بعد نمو من 12 بوصة على الأقل قد تزيد المواد العضوية في التربة. الغرض الرئيسي من محصول التغطية هو حماية التربة ضد التآكل بالمياه والرياح خلال المواسم عندما تكون الأرض خلاف ذلك، عارية.

إضافة النيتروجين

يتم إضافة النيتروجين إلى التربة بواسطة تثبيته، إذا كانت محاصيل سماد المزرعة الأخضر هي البقول. تثبيت النيتروجين هو عملية يتم من خلالها تحويل النيتروجين في الهواء إلى نيتروجين الأمونيوم.

والبقوليات هي من أسرة الفصيلة الفولية (الليغومونوزا) (Leguminosae) (المسماة أيضاً قرنيات (Fabaceae))، ولديها القدرة على التعايش مع بعض الكائنات الدقيقة في التربة لتحويل النيتروجين الغازي في الهواء إلى مركبات كيماوية آزوتية متأتية من الأمونيوم الذي يتم تثبيته. يثبت النيتروجين في عُقَد في الجذور، وتستخدمه البقول لنمو الجذور والبراعم، (الشكل 1.6). معظم النيتروجين الثابت، نحو الثلثين، ينتهي في البراعم. وإذا قلبت البراعم نحو تحت التربة، تقوم المواد العضوية المتعفّنة بتحرير النيتروجين المثبت بالتمعدن. وتختلف كمية النيتروجين المضافة مع نوع البقوليات، إذ يتوقّف ذلك إلى

حدّ كبير على مقدار المادة الجافة التي يتم إنتاجها في البراعم من المحاصيل (الجدول 1.6). للحصول على محصول النيتروجين المذكور في (الجدول 1.6)، قد يكون من الضروري السماح للبقول بالنمو على الأرض لمدة سنة واحدة على الأقل؛ خلاف ذلك، سوف يكون تثبيت النيتروجين أقل بكثير من الذي ذكر، ربما النصف أو أقل. توازي الفوائد من النيتروجين المضافة بتقليب السماد الأخضر تحت التربة تلك المستمدّة من إضافة المواد العضوية؛ فمعظم المنافع هي في الموسم الأول لزراعة المحاصيل بعد تقليب السماد الأخضر تحت التربة.

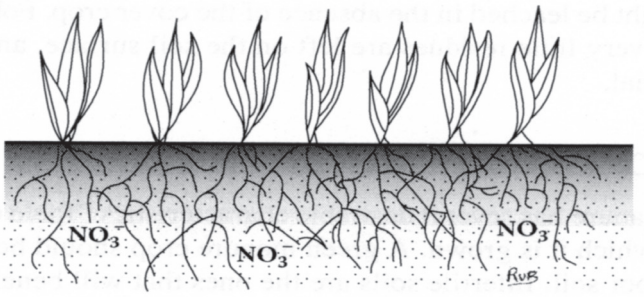


الشكل 1.6 البقول مع العُقد حيث يحدث تثبيت النيتروجين.

حصاد محاصيل السماد الأخضر بإزالة النمو العالي، كالقشّ، يلغي معظم الفوائد التي سوف تُجنى من تقليب المحاصيل تحت التربة. بصفة عامة، كمية النيتروجين المزالة بحصاد المحصول تساوي تلك التي أضيفت بواسطة تثبيت النيتروجين، والنيتروجين الذي يبقى في الجذور والقش يساوي الكمية التي سحبها المحصول من التربة.

الجدول 1.6 تثبيت النيتروجين من قبل بعض محاصيل البقوليات

المحاصيل	النيتروجين المثبت، رطل/ فدان
البرسيم الحلو	150-200
البرسيم	100-150
ليسبيديزا	75-100
فول الصويا	75-100
البرسيم الأحمر	65-90
فاصوليا وبازلاء الحدائق	30-50



الشكل 2.6 نظام الجذور الليفية لمحصول الصيد، الذي يمتصّ ويقلّل رشح المواد المغذية.

محاصيل الصيد

النباتات من غير البقوليات التي تزرع كسماد أخضر لا تقوم بإضافة النيتروجين إلى التربة، لأنها لا تملك القدرة على تثبيت النيتروجين. ومع ذلك، غير البقوليات أو البقوليات، تساعد على المحافظة على المواد الغذائية. فجذور هذه المحاصيل تعتَرض المواد الغذائية التي قد تضيع بالرشح (الشكل 2.6). وتسمّى هذه الأسمدة الخضراء بمحاصيل الصّيد. ويمكن أن تكون محاصيل الصيد من البقوليات أو غير البقوليات. الأعشاب ممتازة لهذه الوظيفة، بسبب نظام جذورها الليفيّة الضّحلة. وتزرَعُ محاصيل الصيد بعد حصاد المحاصيل الرئيسيّة، وتقلب تحت التربة في بداية موسم النمو التالي.

كثيراً ما يقوم بعض المزارعين، في سعيهم لتعظيم المردود، بتسميد المحاصيل بنسبة تتجاوز ما تمتصه المحاصيل [من التربة] في موسم النمو. يتمّ ترك بعض المواد الغذائية في الأرض بعد الحصاد، وهذه المواد الغذائية يمكن أن تضيع إذا لم يزرع محصول آخر يُعيد الحصاد. يستفيد محصول الصّيد من هذه المواد الغذائية ويحمي [التربة] من فقدانها، ومن احتمال أن تدخل إلى المياه الجوفية أو السطحية، وتحافظ على المواد الغذائية للمحاصيل غالية الثمن التالية. من المحتمل أن تضيع النترات من جرّاء الرشح في جميع أنواع التربة، ورشح البوتاسيوم والفوسفور قد يحدث في التربة الرملية. وهنالك ما يشير إلى أنّ بعض

محاصيل السماد الأخضر، غير المزروعة كمحاصيل صيد أو محاصيل تغطية، قد تراكم العناصر الغذائية من أعماق التربة، وعندما تقلب هذه المحاصيل تحت التربة، قد يحدث إثراء للطبقات السطحية من التربة بالمواد الغذائية النباتية. هذه الفائدة عادةً ما تكون صغيرة الحجم بالنسبة للاحتياجات الغذائية للمحاصيل.

محاصيل التغطية

يساعد السماد الأخضر على استقرار التربة ضد التآكل. المحاصيل، غير البقولية عموماً، التي تزرع لتقليل الرشح ولتحقيق الاستقرار في التربة, تسمى «محاصيل التغطية». تُزرع الحشائش السنوية والحبوب الصغيرة (ولا سيما حبوب الجاودار أو الزوان) كمحاصيل تغطية في فصل الشتاء. محاصيل الخضروات عادة تترُك مخلّفات قليلة على الأرض بعد الحصاد، وتترُك الأرض من دون حماية ضدّ التآكل. محصول التغطية غالباً ما يكون ضرورياً، بعد هذه المحاصيل، لحماية التربة من التآكل من جرّاء الأمطار والرياح في الخريف والشتاء والربيع. بعد حصاد محاصيل الحبوب - الذرة، وفول الصويا، والقمح، والشوفان، والشعير، ومحاصيل الجاودار- قد تكون بقايا المحاصيل كافية في حدّ ذاتها لحماية التربة من الانجراف. قد يحدث القليل من الحماية أو قد تحدث الخسائر من التربة، إذا زرعت محاصيل التغطية بعد محاصيل الحبوب، لأنه قد تكون الأرض عاريةً بعد تقليب مخلفات المحاصيل تحت التربة، حتى يتم نمو محصول التغطية. الفائدة الرئيسية من محاصيل التغطية بعد محاصيل الحبوب هي في الحفاظ على المواد الغذائية التي قد تتسرّب في غياب محصول التغطية في أعقاب إنتاج المحاصيل النباتية، يتم ترك القليل من المخلفات على سطح التربة، وتكون محاصيل التغطية عادة مفيدة.

اختيار محصول سماد المزرعة الأخضر

سماد المزرعة الأخضر المثالي لديه العديد من الخصائص المرغوب فيها (الجدول 2.6)، بغض النظر عن الوظيفة التي يزرع من أجلها. ينبغي أن يكون محصول السماد الأخضر سهل الزرع وينمو في التربة الفقيرة. التربة غير الخصبة

هي تلك التي يستفيد أكثر من محاصيل السماد الأخضر، ولكن الحاجة الأساسية للنمو الجيد في التربة الفقيرة هي أن لا ينفق المزارع الأموال على تسميد السماد الأخضر. يعزّز السماد الأخضر قُدرة احتفاظ التربة الرملية بالماء وقدرة احتفاظها بالمواد الغذائية. وتستفيد التربة الطينية من التراكم وتتحسّن بنية التربة التي تتعزز بإضافة المواد العضوية. التربة غير الخصبة بالنيتروجين ستستفيد من إضافة النيتروجين بالسماد الأخضر البقولي. ومع ذلك، ينبغي أن تتطلّب محاصيل السماد الأخضر مستوى منخفض من الخصوبة في ما يتعلّق بالمواد الغذائية النباتية. للحفاظ على انخفاض تكلفة الإنتاج، لا يحتاج المزارع إلى تسميد محاصيل السماد الأخضر للحصول على نموها. ومع ذلك، إذا كانت التربة مجدّبة بحيث تنمو محاصيل السماد الأخضر، ينبغي تطبيق الأسمدة. خلاف ذلك، سوف يكون نمو السماد الأخضر فقيراً إلى درجة أنه قد لا تُرجى منه أيّ فائدة.

ينبغي أن ينمو المحصول بسرعة، بحيث إنه يكون مناسباً وملائماً في تناوب المحاصيل. وينبغي أن لا تكون هناك حاجة لأكثر من سنة واحدة لإنتاج محاصيل السماد الأخضر. أي فترة أطول من الزمن سوف تحجز الأراضي بدون إنتاج المحاصيل الرئيسية لفترة طويلة جداً. يكون الوضع مثالياً عندما يمكن زراعة المحاصيل التكميلية في الوقت بين حصاد المحاصيل الرئيسية، أو المحاصيل النقدية، في الخريف وزراعة المحاصيل التالية في فصل الربيع. وتحدث هذه الحالة غالباً في المناخات الحارة، مثل تلك الموجودة في جنوب الولايات المتحدة. وينبغي أن تغطي محاصيل السماد الأخضر الأرض بسرعة لحماية التربة من التآكل. وينبغي أن يكون إجمالي النمو على الأقل من 18 إلى 24 بوصة لإنتاج ما يكفي من المواد العضوية لتحسين خصوبة التربة.

كل النباتات التي تلبّي هذه المعايير تكون مناسبة كمحصول للسماد الأخضر. بعض النباتات التي تُستخدم عادة كسماد أخضر مذكورة في (جدول 3.6). معظم هذه المحاصيل قابلة للتكيّف، كسماد أخضر، في الكثير من الظروف المناخية. البرسيم القرمزي، وبعض البقول، وليسبيديزا (Lespedeza) قد تكون مناسبة في المناخات الحارة فقط، وينبغي أن تُعامل كَحَولية. البقول والبيقيّة السّلِسَة تتكيّف مع معظم المناطق.

الجدول 2.6

خصائص المحاصيل المثالية للسماد الأخضر:

رخيصة للبذر

يتم زرعها بسهولة

تنمو جيداً في التربة الفقيرة

تغطي الأرض بسرعة

تنمو بسرعة

وتنتج النمو الأكبر وتكون وفيرة والنضرة

تضيف النيتروجين إلى التربة

الجدول 3.6

بعض النباتات التي تصلح كمحاصيل سماد أخضر

البقوليات		غير البقوليات	
البرسيم		الجاودار	سودانجراس
البرسيم الحلو	فول الصويا	الشوفان	الخردل
البرسيم لادينو	اللوبيا	الناس	اللفت
البرسيم الأبيض	ليسبيديزا	الحنطة السوداء	الأعشاب الضارة
البرسيم الزكي		شويعرة	
البرسيم القرمزي		زوان	

إذا كانت معظم هذه الخصائص متساوية بين البقوليات وغير البقوليات, فإن البقوليات هي الخيار الأفضل. سوف تضيف البقوليات النيتروجين إلى التربة عن طريق التثبيت. ويتمّ إنجاز تثبيت النيتروجين في البقوليات وأنواع خاصة من البكتيريا التي تعيش في تكافل. تصيب البكتيريا جذور البقوليات وتشكّل

هياكل تسمى العقد (انظر الشكل 1.6). تكون البكتيريا متخصّصة لبقول معيّن أو لمجموعة من البقوليات. إذا لم تزرع البقوليات في التربة لعدة سنوات، فقد لا تكون البكتيريا موجودة. عادة، يتم شراء اللقاح الذي يتألف من جراثيم البكتيريا المختلطة مع الخث. تخلط العدوى والبذور لتغطية البذور بالجراثيم البكتيرية قبل الغرس. بعد أن تنبت البذور، تصيب البكتيريا الجذور، ويتم تشكيل العلاقة التكافلية. تستفيد النباتات من النيتروجين الذي يتمّ تثبيته، وتستفيد البكتيريا من الكربوهيدرات الذي يتمّ توفيرها من البقول. لا تثبت البقوليات النيتروجين إذا كانت مسمّدة بكثرة بالأسمدة النيتروجينية، أو العضوية أو غيرها. تستخدم البقوليات النيتروجين غير العضوي المستمد من هذه الأسمدة، وتكون العقد غير نشطة.

عموماً، البقوليات أكثر تكلفة للبذر، وأصعب للإنشاء، وتنمو ببطء أكثر، وتتطلب تربة أفضل من غير البقوليات. ينبغي أن تكون درجة حموضة التربة pH لإنتاج البقول بين 6 و6.8. قد تتطلّب البقوليات أكثر من سنة واحدة في تناوب المحاصيل، بسبب نموها البطيء. كذلك، قد يكون محصول جيد من البقول أكثر قيمة كعلف على مساحة كبيرة، وسيكون من سوء الإدارة تقليبها في التربة. قد يُحصد القش لمدة سنة أو سنتين، ومن ثم يُحرث السماد الأخضر تحت التربة لإعطاء الفوائد الكاملة لمحصول السماد الأخضر. إذا تم حصاد محاصيل البقول من دون حرث، لا تحدث زيادة صافية في النيتروجين في التربة. تحصل محاصيل البقول على نحو ثلث النيتروجين من التربة والثلثين من تثبيت النيتروجين. وتكون للمحصول نحو الثلثين أو أكثر من النيتروجين في [جسم] نباته، حتى إذا تمّ حصاد النبات، وتكون كمية النيتروجين المتبقية في الجذور تساوي أو أقل من الكمية التي تم امتصاصها من التربة. يجب أن يدرك المزارع أن معظم النيتروجين المثبت في الجذور لا يبقى فيها ولكنه ينقل إلى [باقي أجزاء] النبات.

ينتج خليط من البقول والأعشاب محاصيل جيّدة من سماد المزرعة الأخضر. يضمن الخليط قدراً من النجاح في حالة التوازن. يساعد العشب بدعم البقوليات وقد يوفر بعض الحماية في فصل الشتاء. المحاصيل السنوية التي تزرع عادةً لحماية محصول آخر بهذه الطريقة، تسمّى المحاصيل المربية أو الممرضة.

تركيبات جيّدة للسماد الأخضر هي بيقه، والشعير أو البرسيم والشويعرة، على الرغم من أن أيّ تركيبة ناجحة للزرع في المناخ والتربة سوف تكون مناسبة. سيعكس ناتج السماد الأخضر ارتفاع إنتاج المواد العضوية قي سيقان النبات والجذور وفي الأعشاب الليفية، وإضافة النيتروجين من البقوليات. قد لا تكون إضافة المواد العضوية ولا إضافة النيتروجين كبيرة مثل التي قد تحدث في نسب توازن من الأعشاب أو الخضروات، ولكن الحلّ الوسط قد يكون أكثر فائدة في مجموع الإضافات من الذي يمكن أن يحدث من المحاصيل الفردية. لا ينبغي أن تكون خلائط العشب – البقول مسمدة بالأسمدة النيتروجينية، إذ إنها سوف تعزّز نمو العشب أكثر من البقول.

دمج السماد الأخضر في التربة

ينبغي أن يدمج السماد الأخضر في التربة عندما تكون محصلة النمو ونضارة المحاصيل في الحدّ الأقصى. تحدث هذه الحالة عادة عندما يكون المحصول في نصف ارتفاعه. معرفة عادة نمو المحصول مطلوبة للتعرف على المرحلة من النمو. المبدأ التوجيهي الآخر، وربما الأكثر فائدة، هو لتقليب المحاصيل تحت التربة مع بداية التفتّح. وقد لا تنمو المحاصيل بشكل كافٍ قبل التفتح لإنتاج ما يكفي من المواد العضوية. بعد التفتح، يبدأ المحصول بنقل المواد إلى الفواكه والبذور على حساب الغطاء النباتي للنباتات. سيتمّ توسيع نسبة C:N للغطاء النباتي، ولن تكون المواد العضوية مناسبةً للدمج في التربة كما كانت قبل إزهار المحصول. كذلك، بعد التفتّح، تبدأ الزهور بتشكيل بذور. إذا كانت البذور ناضجةً بما فيه الكفاية قبل تقليب هذا المحصول تحت التربة، قد تنبت بذور السماد الأخضر وتصبح أعشاباً ضارةً في المحاصيل الرئيسية التالية.

تختلف كمّية البذور اللازمة، وقت البذر ووقت إدماج السماد الأخضر في التربة مع نوع المحاصيل والمناخ (الجدول 4.6) وقد تزرع محاصيل التغطية بعد حصاد المحاصيل. تواريخ تشرين الأول/ أكتوبر أو أوائل تشرين الثاني/ نوفمبر هي تواريخ التأخير القصوى التي يمكن للمزارعين استخدامها في المناخات الشمالية لتوقع أن يكون الوقت كافياً لنمو المحاصيل قبل سوء الأحوال الجوية.

الجدول 4.6

المبادئ التوجيهية للبذر وإدماج سماد المزرعة

	كمية البذور		الوقت	
السماد الأخضر (أنواع و أمثلة)	**Ib/1000 متر مربع**	**أكر/ Ib**	**من أجل البذر**	**من أجل الحراثة تحت [التربة]**
البقوليات الصغيرة ذات البذور، الدائمة طول السنة (فصفصة نبتة، البرسيم)	0.4	15	خريف	الخريف أو الربيع
البقوليات الصغيرة البذور، السنوية (البرسيم القرمزي، ليسبيديزا)	0.4	15	الربيع	الخريف
البقوليات ذات البذور المتوسطة (البيقية المشعر أو السلس)	0.8	30	خريف	الخريف أو الربيع
البقوليات ذات البذور الكبيرة (فول الصويا)	2.5	90	الربيع	أواخر الصيف
غير البقوليات (الجاودار، والشوفان، والحنطة السوداء)	2.5	90	الخريف	الربيع

الخردل (اللفت نبات)	0.5	20	الخريف	الربيع

قد تبدو هذه التواريخ متأخّرة جداً لإنشاء البقوليات. البذر القليل المحاصيل التغطية تحت المحصول الرئيسي، عندما يكون المحصول الرئيسي قريباً من النضوج هو أمر شائع في جميع مناطق البلاد للسماح بنمو محاصيل التغطية قبل فوات الأوان في موسم النمو. قد لا تكون هذه الممارسة مريحةً في تطبيقات واسعة النطاق من دون معدات مناسبة لوضع بذور محاصيل التغطية تحت مظلّة المحاصيل الرئيسية.

مشاكل مع سماد المزرعة الأخضر

المشكلة الرئيسية مع سماد المزرعة الأخضر هي أن إنتاجه يأخذ نسبة من الأرض من طريق إنتاج المحاصيل الرئيسية. ينبغي أن يحتلّ الأرض السماد الأخضر لمدة لا تزيد على سنة واحدة كل ثلاث سنوات. وما لم يكن للسماد الأخضر قيمة التبن أو المحاصيل العلفية فإن أي مزيد من الوقت المخصص لإنتاجه قد يتسبّب بكلفة في خسارة الإنتاجية تفوق فوائد تحسين التربة التي يوفرها السماد الأخضر. لإنتاج السماد الأخضر، يجب استخدام المحصول الذي ينمو بسرعة لتجنّب هذه المشكلة، أو النظر في استخدام الأسمدة المخمّرة وروث الحيوانات لتحسين التربة. ينبغي استخدام الأسمدة الحيوانية والمخمّرة للحفاظ على المواد العضوية في التربة على قطع صغيرة من الأرض، لأن مساحة الأراضي مهمة للغاية، وينبغي أن تُستَخدم لإنتاج المحاصيل الرئيسية.

المحاصيل التي تحتوي على كميات كبيرة من بقايا ما بعد الحصاد قد تزيد فعالية المادة العضوية كمحصول السماد الأخضر. التخمير مع بعض النيتروجين المضاف لتجنب التثبيت في بعض الأحيان، هو ممارسة جيّدة عند تقليب مخلفات هذه المحاصيل في الربيع تحت التربة. يستخدم جزء كبير من النيتروجين المتوافر في التربة في تعفن مخلفات المحاصيل في الربيع. في بعض الأحيان، تركُ هذه المخلفات على سطح الأرض بعد الحصاد هو أكثر فعالية من

محاولة تنمية محصول التغطية. قد يحدث المزيد من تآكل التربة بين الوقت الذي تقلب فيه البقايا تحت التربة وإلى أن يتم نمو محصول التغطية أكثر مما يحدث إذا تركت رواسب على سطح التربة حتى يتم حرث التربة للمحاصيل الرئيسية المقبلة.

ينبغي الحذر عند استخدام سماد المزرعة الأخضر أو تجنبه في المناخات الجافة أو في التربة الجافة. وينبغي أن يتجاوز هطول الأمطار 18 بوصة في السنة قبل أن يُنظر في استخدام محصول السماد الأخضر، لأن عملية تنفّس السماد الأخضر سوف تستنفد مياه التربة.

المحاصيل العميقة الجذور، مثل بعض البقوليات المعمرة، سوف تجفّف التربة إلى الحدّ الذي قد يلزم فيه عدة سنوات لإعادة شحن التربة بالمياه.

يجب حرث السماد الأخضر إلى داخل الأرض في مرحلة النضوج المناسبة. حرث المحاصيل الناضجة قد يملأ التربة بالبذور التي سوف تنتج الأعشاب الضارة في الموسم التالي. كذلك، ومع نضوج محصول السماد الأخضر، تزيد نسبة الـ C:N. قد يسبّب حرث المحصول الناضج تثبيت النيتروجين، ما يؤدي إلى نقص في النيتروجين في المحاصيل الرئيسية التالية. العديد من المزارعين يسمّدون التربة بنيتروجين إضافي بعد تقليب محصول السماد الأخضر من غير البقوليات. يضمن هذا النيتروجين المضاف عدم حدوث نقص في النيتروجين ويسرّع معدل انحلال المادة العضوية، بحيث تتحقق فوائد تحسّن بنية التربة بسرعة. يوصى نحو 50 رطلاً فدان من النيتروجين (1.25 متر Ib/ مربع قدم) لتعجيل تحلّل السماد الأخضر من غير البقوليات.

ينبغي أن يُسمح ببعض الوقت بين تقليب السماد الأخضر في الأرض وزراعة المحاصيل الرئيسية. أسبوع أو أسبوعان هو طول الوقت المناسب. وبعض الأسمدة الخضراء، مثل الجاودار، لها آثار قمعية في نمو النباتات الأخرى، وتدعى الليلوباثي (التضاد البيوكيميائي) (Allelopathy). على الرغم من أن هذا الأثر قد يكون مفيداً في مكافحة الأعشاب الضارة، لكنه قد يؤخّر نمو المحصول الرئيسي أو يعيق هذا المحصول. كذلك، فإن الشعير الناضج والأعشاب الأخرى قد يكون لها المخلفات الخشنة التي قد تشلّ النيتروجين في البداية، أو تضفي

صفات مادية فقيرة إلى تربة البذور. تقليب الأعشاب تحت التربة في مرحلة نمو غير ناضجة نسبياً يساعد على التغلّب على هذه الصعوبات. يستخدم بعض المزارعين القمح والشوفان كغطاء شتاء بدلاً من الشعير بسبب النمو الأصغر لهذه المحاصيل. وغطاء الشوفان الذي يقتله الشتاء يسهل إدراجه في التربة. كذلك، قد يُزرع غطاء الشوفان ويُترك كمهاد على السطح لتمكين المزارع العضويّة من إنتاج محاصيل من دون حراثة أو مع الحد الأدنى من الحراثة. المحاصيل البقليّة ذات محتويات النيتروجين العالية قد تحتاج إلى بعض الوقت لتتحلّل، بحيث قد يحدث الضّرر المحتمل عند الإطلاق الأول من النيتروجين الأمونيوم عند تبدد بالنترات.

تشير بعض التقارير إلى أنّ محاصيل التغطية قد تأوي الآفات. وغالباً ما يخفّف تقليب المحاصيل في التربة من المشكلة، ولكن في بعض الحالات، قد تهاجر الحشرات إلى محصول آخر عندما تقلب المحاصيل في التربة. ومع ذلك، يمكن أن تكون محاصيل التغطية هي الأماكن حيث يمكن إيواء الحشرات المفيدة التي تساعد في مكافحة الآفات في المحاصيل الرئيسية، إذا نَمَا غطاء المحاصيل والمحاصيل الرئيسية على قطع أراضٍ متجاورة.

الفصل السابع

التكليس

تطوّر حموضة التربة عملية تحدث بشكل طبيعي في المناخات المعتدلة والرطبة. وفي المناطق الرّطبة حيث يكثر هطول الأمطار بما فيه الكفاية، تصبح التربة حمضية بسبب رشح الكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم وركائز تبادلية أخرى ناتجة من الطبقات السطحية. يترك هذا الرّشح وراءه الهيدروجين والألمنيوم التبادليين، وهي الأحماض في التربة المعدنية. في الأراضي المزروعة، تتطوّر الحموضة أيضاً من خلال أكسدة المواد العضويّة المعقّدة إلى أحماض عضويّة. بعض الأسمدة، وخصوصاً الأسمدة العضويّة أو الكيميائية، التي تحتوي على الأمونيوم والأسمدة العضوية القائمة على الكربون، تؤدّي إلى تحمّض التربة. امتصاص الأيونات الموجبة (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, NH_4^{+}) الذي يزيد على امتصاص الأيونات السالبة (NO_3^{-}, SO_4^{2-}, $H_2PO_4^{-}$) من قبل النباتات يؤدّي أيضاً إلى إنتاج صافٍ للحموضة في الجذور. تحمّض التربة عملية طبيعية أو عملية ترتبط بإنتاج المحاصيل، ما عدا في المناطق التي يكون هطول الأمطار فيها منخفضاً نسبياً، حيث لا يحدث رشح للتربة، وحيث تكون حركة القواعد الصافية باتجاه الأعلى أحياناً بدلاً من أن تكون نحو الأسفل.

تختلف النباتات المزروعة كثيراً في استجابة نموها للتربة الحمضية. تصنّف المحاصيل تقريباً إلى فئتين: الفئة المتسامحة مع الحمض، والفئة الحسّاسة للحمض. عموماً، المحاصيل التي أصولها من المناطق الاستوائية أو المعتدلة الرطبة في نصف الكرة الأرضية الغربي تكون متسامحةً مع الأحماض لأنها أصبحت متكّيفة مع التربة الحمضية في هذه المنطقة. الذرة، والطماطم،

والبطاطا، وفاصوليا الحديقة، واليقطين هي محاصيل متسامحة مع الحمض، حيث إن مصدرها من نصف الكرة الأرضية الغربية. وعلى النقيض، فإن المحاصيل التي تأتي من التربة المعتدلة أو القلوية في منطقة البحر الأبيض المتوسط وغرب وجنوب أوروبا، وآسيا الصغرى، وشمال أفريقيا تكون على الأرجح من النوع الحسّاس للحمض. العديد من محاصيلنا النباتية النامية، والخضروات، والأعشاب، والمصابيح المزهرة تم تدجينها في التربة المعتدلة أو القلوية من هذه المناطق .

حتى النباتات المتسامحة مع الحمض تنمو بشكل أفضل في التربة التي لديها درجة حموضة pH من 6 إلى 7 من التربة الحمضية، وذلك بسبب التأثيرات المناسبة لنطاق الحموضة هذا في توفّر المواد المغذّية للنبات.

في الولا يات المتحدة، التربة التي هي شرق الخط الذي يمتدّ جنوباً من الحدود الشرقية من ولاية داكوتا الشمالية (North Dakota) إلى وسط شرق تكساس تتطلّب تكليساً، لأن هطول الأمطار في هذه المنطقة كافٍ لرشح المواد القاعدية نحو الأسفل. التربة التي هي إلى الغرب من هذا الخط، مع وجود استثناءات لبعض التربة من الساحل الغربي، عادةً لا تتطلّب التكليس. هذا الخط الجغرافي بين الشمال والجنوب غالباً ما يسمّى خط التكليس.

التربة الحمضيّة غير الخصبة هي أعراض للمشاكل التي تؤثر في نمو النبات في التربة الحمضيّة. هذه المشاكل المعقّدة تنشأ من السميّة وأوجه النقص التي تحدث في التربة الحمضيّة. تركيز أيون الهيدروجين أو الحموضة على هذا النحو ليس عاملاً رئيسياً في النمو الضعيف للنباتات في التربة الحمضيّة. يجب أن تكون درجة حموضة التربة نحو pH 4 أو أقل لتكون أيونات الهيدروجين سامة للنباتات. من بين العوامل السامة في التربة الحمضية هنالك الألمنيوم وأيونات المنغنيز التي يزيد تركيزها في محلول التربة. جذور النباتات بشكل خاص لديها حساسية للإصابة جرّاء تركيزات مرتفعة للألمنيوم والمنغنيز القابلين للذوبان. الشّتلات والنباتات الصغيرة هي أكثر حساسيّة لحموضة التربة من النباتات المعمّرة. إن الآثار الضارة للألمنيوم والمنغنيز القابلين للذوبان هي أكبر من آثار أيونات الهيدروجين في نمو النبات في التربة المعدنيّة الحمضية، حتى في درجة الحموضة pH 4.

قد تتطوّر في بعض أنواع التربة أوجه نقص في الكالسيوم والمغنيسيوم بسبب انخفاض كبير لقدرات تبادل الأيونات الموجبة، ولكن بصفة عامة، تورّد الممارسات الإدارية، مثل إضافة بعض أسمدة الأملاح، والأسمدة العضوية المتخمّرة، أو الروث تلك المواد الغذائية بشكل كافٍ للمحاصيل بحيث نادراً ما تكون هذه العناصر ناقصة حتى في التربة الحمضية. ومع ذلك، يقلّل التحمّض من توافر المواد الغذائية النباتية في التربة. هذا التأثير واضح في التّربة الخشنة التي هي بطبيعتها منخفضة في المواد الغذائية، وتكون معزولةً بشكل ضعيف ضد تطوّر الحموضة. قد تؤدّي حموضة التربة إلى ذوبان المواد الغذائية [في محلول التربة] ورشحها بعد ذلك من منطقة الجذور. يصبح هذا التأثير واضحاً مع مرور الوقت. في التربة المرتفعة الحموضة ذات درجة الحموضة (PH<5)، قد يتم تثبيط الأنشطة الميكروبيولوجية المتّصلة بتحوّلات النيتروجين (أساساً النترجة)، ولكن الأهمية الزراعية لهذه الآثار غير واضحة. ويمكن توافر الفوسفور في التربة الحمضية محدوداً، جراء تشكّل الحديد غير القابل للذوبان وفوسفات الألمنيوم. هذا التفاعل هو تثبيت الفوسفور (انظر الفصل 3)، هو مصدر قلق كبير في نمو وتسميد المحاصيل في التربة الحمضيّة. كذلك، يصبح الموليبدنوم غير قابل للذوبان في التربة الحمضيّة إلى درجة أنّ بعض المحاصيل تصبح ناقصة في هذا المغذي الدقيق .

وقد لاحَظَ مزارعو المنتجات العضوية أن الرصد الدقيق لحموضة التربة مهم لنجاح عملياتهم. على سبيل المثال، يوفّر الفوسفات الصخري قليلاً من الفوسفور للمحاصيل في التربة التي درجة الحموضة فيها أعلى من 5.5 أو أقل من 5 مع كميات عالية من الحديد والألمنيوم.

تصحيح حموضة التربة عن طريق تطبيق مواد الكلس الزراعي (ويشار إليها عادة بالتكليس) عادة ما تخفّف من المشاكل التي تنتج من قلة خصوبة التربة الحمضية. تحتوي مواد التكليس الزراعية على مركبات كالكربونات، هيدروكسيدات (Hydroxides)، أو أكاسيد الكالسيوم والمغنيسيوم (الجدول 1.7). تحيّد الأيونات السالبة الموجبة لهذه المركبات أيونات الهيدروجين في محلول التربة وفي موقع تبادل غرويات (Colloids) التربة وتزيل المواد السامة من المحلول عن طريق الترسّب .

الجدول 1.7

مواد التكليس للتربة الزراعية

المادة وصيغتها [الكيميائية]	كربونات الكالسيوم المعادلة
الكلس الزراعي*	100
الكالسيت ($CaCO_3$)	108
الدولوميت ($CaCO_3$ - $MgCO_3$) الكلس السريع (CaO)	179
الكلس المرطب ($Ca(OH)_2$)	133
رماد الخشب (ومعظمه من الكالسيوم، البوتاسيوم، وأكاسيد المغنيسيوم وكربونات)	50

*مكوّنات الحجر الكلسي هي مزيج من الكالسيت والدولوميت، وهي الأشكال الأكثر شيوعاً من الحجر الكلسي في السوق.

باختصار، هناك ثلاث فوائد أساسية من تكليس التربة: **(1)** يقلّل التكييس من سمية أيونات الألمنيوم والمنغنيز من خلال ترسيب هذه الأيونات من المحلول ويقلّل من سمّية أيونات الهيدروجين في محلول التربة بتحييدها [كهربائياً]. **(2)** تزيد من توافر المواد الغذائية التي تنقلها التربة (N, P, MO) بتأثير التكليس في تمعدن المادة العضوية، والنترجة، وفي ذوبان الفوسفور والموليبدنوم. **(3)** يعتبر الكلس من الأسمدة حيث إنه يورّد الكالسيوم والمغنيسيوم إلى التربة.

مواد التكليس (الكلس)

الحجر الكلسي الزراعي

الحجر الكلسي هو مادة الكلس الرئيسية المستخدمة. وهو عادة ما يكون خليطاً متغيّراً من كربونات الكالسيوم (الكالسيت) وكربونات المغنيسيوم (الدولوميت)، بحيث إنّ معادل كربونات الكالسيوم الفعلي (يعبر عن قوة الارتباط

نسبةً إلى كربونات الكالسيوم النقي، انظر الجدول 1.7) لحجر كلسي معيّن يتراوح بين الكالسيت والدولوميت. هذا الخليط المتنوع للحجر الكلسي بين الكالسيت والدولوميت يسمّى بينيّة أو استنساباً. تُعرف البينيّة المعينة بتركيزات المغنيسيوم، التي تتراوح ما بين 0.6 ٪ أو أقل من ذلك في الحجر الكلسي العالي الكالسيوم (معظمها من $CaCO_3$) إلى نحو 13 ٪ في الدولوميت ($CaCO_3 \bullet MgCO_3$). إن البينيّة المعروفة باسم الحجر الكلسي العالي المغنيسيوم يمكن أن تتضمن تركيزات مغنيسيوم عالية تصل إلى 6.5 ٪.

معادل كربونات الكالسيوم هو تعبير عن مجموع قدرة الكلس على تحييد الحمض في وحدات الوزن المئوية في كربونات الكالسيوم (الجدول 1.7). معادل الدولوميت في كربونات الكالسيوم أعلى قليلاً من معادل الكالسيت بسبب وزن كربونات المغنيسيوم الجزيئي الأدنى بالنسبة إلى كربونات الكالسيوم. التفاعلية، أي وتيرة تفاعل الحجر الكلسي في التربة، هي عامل أهم في تقييم قيمة الحجر الكلسي من معادل كربونات الكالسيوم. تخضع التفاعلية إلى صلابة وتكوين وحجم الجسيمات. تكون المواد الصلبة (مثل الدولوميت) أقل تفاعلاً من المواد اللينة (مثل الكالسيت). أخيراً تكون المواد المطحونة بشكل ناعم أكثر تفاعلاً من المواد الخشنة. وحيث إن مردودات المحاصيل الزراعية قد ربطت بالتحييد السريع لحموضة التربة، فمن المستحسن استخدام الحجر الكلسي الذي يتفاعل بسرعة مع التربة .

يتلخّص تفاعل الحجر الكلسي مع الحمض في محلول التربة، باستخدام الكالسيت كنموذج، في المعادلة التالية (Equation 7.1).

$$CaCO_3 + 2H^+ \rightarrow Ca^{2+} + H_2O + CO_2 \qquad \textbf{(1.7)}$$

كالسيت	أيون الهيدروجين (حمض)	أيون الكالسيوم	ماء	ثاني أوكسيد الكربون

التحييد [الكهربائي] هو وظيفة تفاعل الحمض مع كربونات الحجر الكلسي. يتفاعل الهيدروجين (الحموضة) مع الكربونات لتكوين الماء وثاني

أكسيد الكربون. لا يحقق الكالسيوم (أو المغنيسيوم) في الحجر الكلسي التحييد، ولكن هذه الأيونات سوف تحلّ محلّ أيونات الهيدروجين في غرويات التربة مما يجبر أيونات الهيدروجين على الدخول في محلول التربة حيث تتفاعل مع الحجر الكلسي ويتمّ تحييدها (المعادلة 2.7).

(2.7) H^+ على طين أو المادة العضوية الغروانية + $Ca^{2+} \leftarrow Ca^{2+}$ على طين أو المادة العضوية الغروانية + H^+

الدولوميت هو مادة أصلب وتفاعله أقل قليلاً من تفاعل الكالسيت. لا تكون الجسيمات متساوية الحجم من الدولوميت فعالة في تحييد الحموضة مثل جسيمات الكالسيت في المدى القصير، ربما خلال سنة التطبيق. يكون هذا الفرق صغيراً، ولا سيّما أنّ معادل الدولوميت من كربونات الكالسيوم أعلى من الكالسيت. الاختلافات بين أنواع الحجر الكلسي المختلفة التركيب لا تكون ملحوظةً بعد السنة الأولى .

عموماً، يكتمل تفاعل الحجر الكلسي مع التربة في سنتين أو 3 سنوات، ولكن الكثير من هذه التفاعلات تحدث خلال الأسابيع أو الأشهر القليلة الأولى. هذه النتيجة تعني أنه يتم تحقيق معظم الفائدة من الكلس بعد وقت قصير من تطبيقات الجير على الأرض. يحيد الحجر الكلسي المطحون بشكل ناعم حموضة التربة بسرعة أكبر ويعزّز مردود المحاصيل أكثر من الحجر الكلسي الخشن. السحق أو الطحن يضيف إلى تكلفة المنتج، لذا يجب أن تكون فوائد نعومة الحجر الكلسي وتكلفة الطحن متوازنة. تشير شبكة الحجر الكلسي إلى حجم الجسيمات التي يحدّدها طحن الصخور من خلال شاشة. تشير الشبكة إلى عدد الفتحات في كل بوصة خطيّة من الشاشة. عموماً، الحجر الكلسي المطحون الذي يمرّ في شاشة 60 للشبكة يوفر فوائد تحييد سريعة لحموضة التربة ويكون ذا فاعلية من حيث التكلفة. والحجر الكلسي المطحون بنعومة أكثر من شبكة 60 إلى 100 قد يكون مكلفاً للغاية، ويمكن أن تحدث خسائر من خلال تطاير الحجر الكلسي أثناء نثره. الجسيمات الأكبر من شبكة 10 ليس لديها تقريباً أي تأثير في حموضة التربة بكميات التطبيق العادية على المدى القصير. على الرغم من بقاء المواد المطحونة بخشونة لفترة طويلة في التربة، فإنها تعطي فوائد قليلة

لنمو المحاصيل ما لم تطبّق بكميات أكبر بكثير من تلك التي تستخدم مع الحجر الكلسي المطحون الناعم. بالتالي، يتم فقدان الفعالية من تكلفة شراء الحجر الكلسي الخشن بسبب الحاجة إلى شراء المزيد من تلك المواد مقارنة بالحجر الكلسي المطحون بنعومة.

الفرق في القدرة على التحييد بين الكالسيت والدولوميت يرتفع كلما أصبحت الجزيئات أكثر خشونة، ولكن بجسيمات تمرّ عبرَ شبكة 60 أو أدقّ، يكون الفرق صغير جداً. عملياً، الحجر الكلسي الزراعي هو مزيج من الكالسيت والدولوميت بحيث إذا كانت الجزيئات أدق من شبكة 60، فقد تكون الاختلافات بين أنواع (بينيّة) الحجر الكلسي غير ملحوظة. الحجر الكلسي الدولوميتي لديه ميزة توفير المغنيسيوم وكذلك الكالسيوم، وسيكون الخيار المفضّل على هذا الأساس. تحليلات الكالسيوم والمغنيسيوم موجودة على أكياس الحجر الكلسي، التي ينبغي أن تكون متاحةً من قِبَل بائع الحجر الكلسي بالجملة. ينبغي مراقبة الاستخدام المتكرّر للحجر الكلسي الغنيّ بالمغنيسيوم أو الدولوميت باختبار التربة لضمان أن لا يَصِلَ المغنيسيوم في التربة للتركيزات التي قد تحدّ من إنتاج المحاصيل .

الكلس السريع والكلس الرّطب

في بعض الأحيان يسمّى الكلس السريع بالكلس المحروق أو كلس الحديقة. تحلّل الحرارة الناتجة من حرق المواد كربونات الحجر الكلسي إلى الأكسيدات مع خسارة ثاني أكسيد الكربون في الهواء. أكسيدات المغنيسيوم والكالسيوم تتشكّل بتناسب مع كمية كربونات الكالسيوم والمغنيسيوم الموجودة في الحجر. المعادلة التالية توضح التفاعل الذي يحدث مع الكالسيت (المعادلة 7.3).

$$CaCO_3 + \text{Heat} \rightarrow CaO + CO_2 \qquad \textbf{(3.7)}$$

كربونات الكالسيوم (كالسيت) — أكسيد الكالسيوم (الجير السريع)

للتحييد السريع لدرجة الحموضة pH، أو لرفع درجة الحموضة أعلى من 6.5 pH، ينبغي على المزارعين النظر في استخدام الكلس السريع أو الكلس الرطب. يتكوّن

الكلس الرطب عن طريق تفاعل الكلس السريع مع الماء (المعادلة 4.7).

$$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2 \quad \textbf{(4.7)}$$

أكسيد الكالسيوم ماء هيدروكسيد الكالسيوم

(الجير السريع) (الجير لرطب)

تسمّى هذه العملية عملية الإطفاء، من هنا، فإن اسم الكلس المطفى يستخدم عادة للكلس الرّطب. الكلس الرّطب الممزوج مع المياه هو مبيض (Whitewash). يُعتبر الكلس السريع والكلس الرّطب كلساً عضوياً من قبل منظّمات الاعتماد.

التفاعلات الأساسية لتحديد الحموضة بهذه المركبات هي كما يلي (المعادلات 5.7 و6.7).

(5.7) الكلس السريع

$$CaO + 2H^+ \rightarrow Ca^2 + H_2O$$

(6.7) الكلس الرطب

$$Ca(OH_2) + 2H^+ \rightarrow Ca^{2+} + H_2O$$

يحدث التحييد بتفاعل أيونات الهيدروجين (حمض) مع الأكسيد أو الهيدروكسيد وتشكُّل المياه الناتج. أيونات الكالسيوم التي تمّ تشكيلها تحلّ مكان أيونات الهيدروجين الملتصقة على المواد الغروية، وتجبرها للانتقال إلى داخل المحلول حيث تحيد بالكلس (المعادلة 2.7).

قبل عام 1900، كان معظم الكلس المستخدم من الكلس السريع. يؤمّن الحَرق غرضين على الأقل عدا تحقيق التفاعل السريع للكلس مع التربة. يخفض الحرق الوزن للنقل (فقدان ثاني أكسيد الكربون يعطي خسارة 44% من الوزن)، وحيث إنّ مطاحن الصخور أو الصدف لم تكن في المكان الملائم، فقد كان الحرق يسهل تحويل المنتج إلى الحالة المناسبة من التفتت، فالكلس المحترق يكون أقل تشكلاً من الحجر الكلسي البلّوري أو الصدف. الكلس السريع لا يُستعمل كثيراً

اليوم، ما عدا عندما يكون لدى المزارع حاجة لتعجيل رفع pH التربة. وكالات إصدار الشهادة العضوية لا تصدّق على الكلس السريع للزراعة العضوية، لأنّ هذه الوكالات تشعر بأنّ الكلس السريع شديد التفاعل للاستعمال الآمن مع المحاصيل.

رماد الخشب

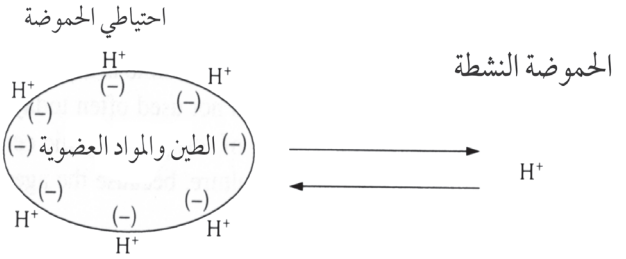
حرق الخَشَب واللحاء أو الورق ينتج رمادَ الورق الذي ترتبط تركيبته بكميات المعادن القلوية (الكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم) الموجودة في المواد الأصلية. المنتجات الأولى هي أكسيدات. مع تقدم الوقت، تطغى هذه الأكسيدات إلى هيدروكسيدات، وفي نهاية المطاف فإنها تتفاعل مع ثاني أكسيد الكربون في الهواء لتشكيل الكربونات. فعالية رماد الخشب ككلس تعتمد على تكويناته، التي تختلف بحسب المنتج المحروق وبحسب التعامل معها (القدم، والرشح). بصفة عامة، يحتوي رماد الخشب على نحو النصف أو أكثر من معادل كربونات الكالسيوم من الحجر الكلسي الزراعي. من المرجّح أن يكون في رماد الأخشاب الصلبة معادل كربونات كالسيوم أعلى من رماد الأخشاب اللينة لأن الأخشاب الصلبة لديها تركيزات كالسيوم ومغنيسيوم وبوتاسيوم أعلى من الأخشاب اللينة. يضيف رماد الخشب البوتاسيوم بكميات كبيرة إلى التربة، ويعتبر من الأسمدة التي تحتوي على البوتاسيوم. كما أنه يضيف كميات كبيرة من الكالسيوم والمغنيسيوم إلى التربة. رماد الخشب لا يضيف الكثير من الفوسفور.

الإدارة المتعلقة بتطبيق الكلس

تختلف استجابة المحاصيل المختلفة للكلس، وحتى لأصناف المحاصيل في التربة ذاتها، ويمكن تحديد هذه الاستجابة من خلال التجريب فقط. مع ذلك، معظم المزارعين ليسوا مهتمين بعمل اختبار للكلس لتحديد متطلّبات التربة للكلس. من هنا، فإن اختبار التربة هو وسيلة شائعة لتقدير الاحتياجات للكلس. حموضة التربة pH هي المعيار الأساسي الذي يستخدم في تحديد الحاجة للكلس. وحموضة التربة pH هي تعبير عن الحموضة النشطة، التي تمثّل أيونات الهيدروجين في محلول التربة (الشكل 1.7). ومع ذلك، توجد معظم الحموضة في غرويات التربة التي هي في المقام الأول من الطين والمواد العضوية. هذا

الجزء، المشار إليه كاحتياطي للحموضة، يشكّل الجزء الأكبر من حموضة التربة. قد يلزم كمية صغيرة من الحجر الكلسي فقط – بضعة أرطال – لتحييد الحموضة النشطة، بينما الآلاف من الأرطال مطلوبة لتحييد الجزء الاحتياطي. بسبب هذه الحقيقة، يختلف الطلب على الكلس مع نسيج التربة ودرجة حموضتها pH. التربة اللينة النسيج (على سبيل المثال، الطفال الرملي، والطمي، والطين) تتطلّب كمية مواد التكليس أكثر من التربة خشنة النسيج (على سبيل المثال، الرمل، والرمل طفيلي، والطمى الرملية) للوصول إلى درجة الحموضة pH المطلوبة. في الأسفل بعض المبادئ التوجيهية لتحديد متطلّبات الكلس للتربة من مختلف النسائج (الجدول 2.7).

الأمثلة على تطبيق المبادئ التوجيهية المذكورة أعلاه (جدول رقم 2.7) هي كما يلي. تتطلب الرمال 1.5 طن من الحجر الكلسي لرفع درجة حموضتها من 5 لدرجة حموضة 6.5 (1.5 pH درجة حموضة pH ضرب 1.00 طن لكل وحدة). قد تتطلّب الطمى الرملية بدرجة حموضة 5 2.0 pH طن من الحجر الكلسي الزراعي لرفعها إلى درجة الحموضة 6.5 (1.5 pH درجة حموضة pH ضرب 1.33 طن لكل وحدة).



الشكل 1.7 الحموضة الاحتياطية المعلّقة على غرويات التربة (الطين والمادة العضوية) في حالة توازن مع الحموضة النشطة في محلول التربة.

الجدول 2.7

الحجر الكلسي الزراعي المطلوب لرفع درجة الحموضة للتربة بمقدار وحدة واحدة*

فئة نسيج التربة	(طن/ فدان)
الرمال	1.00

التربة الرملية الطفالية	1.33
الطفال	2.00
الطمي وطفال الطي	2.33
طين الأرض وطين الطفال	2.50

* تركز التوصيات على الحجر الكلسي الزراعي من شبكة 60 المدمج بعمق 3 بوصة في التربة.

تتطلّب التربة الطينية الطفالية 3.75 طن من الحجر الكلسي (1.5 درجة الحموضة pH ضرب 2.50 طن لكل وحدة) التحييد نفس درجة الحموضة pH. المواد الأكثر قوة، كالكلس السريع والكلس الرطب، يمكن استخدامها بكميات أقل من الحجر الكلسي الزراعي. استخدام نحو ٪50 من نفس القدر من الكلس السريع (معادل كربونات الكالسيوم نحو 180)، ونحو ٪75 من نفس القدر من الكلس الرطب (معادل كربونات الكالسيوم نحو 133) لتحقيق نفس التحييد لدرجة الحموضة pH الذي تقدّمه إضافة الحجر الكلسي الزراعي. لتكليس التّربة الرملية الطفالية في المثال السابق لدرجة الحموضة 6.5 pH، يمكن أن يستخدم 1.1 طن من الكلس السريع (بدلاً من 2 طن من الحجر الكلسي الزراعي) (الجدول 3.7). كمية الكلس الرطب اللازمة لتقوم بنفس عملية التحييد تكون 1.5 طن للفدان. يتم عرض بعض التحويلات الأخرى في الجدول 3.7.

بما أن المبادئ التوجيهية المرتكزة على أساس درجة الحموضة ونسيج التربة هي قواعد تجريبية فقط، فقد تم تطوير طرق أكثر دقة لتقدير متطلبات الكلس من قبل مختبرات فحص التربة. نتائج هذه الاختبارات تُعرَض كمخفّف درجة الحموضة pH أو متطلّبات الكلس (أو كمؤشر الكلس، أي كمية الجير اللازمة لرفع التربة إلى مستوى درجة حموضة معيّنة 6.5 أو نحو ذلك). درجة الحموضة pH المخفّفة هي تعبير عن مجموع الحموضة النشطة والاحتياطية، أو ما يشار إليها باسم الحموضة التي يمكن قياسها، وتستخدم في مختبر اختبار التربة لتحديد متطلبات الكلس من البيانات المستمدة تجريبياً الواردة في المخططات. درجة الحموضة المخفّفة ليست مفيدة للمزارعين. المزارعون يجب أن يرجِعوا إلى مقاييس pH نظامية لتقييم حموضة التربة.

الجدول 3.7

أمثلة على كميات الكلس المختلفة اللازمة لرفع درجة حموضة الرمل، والتربة الرملية الطفالية، أو الطين، أو التربة الطينية الطفالية من pH 5 إلى pH 6.5

كمية الكلس اللازمة (طن/ فدان)

نسيج كلس التربة	رماد الخشب	الكلس الرطب	الكلس السريع	الكلس الزراعي
رمل	3.0	1.1	0.8	1.5
التربة الرملية الطفالية	4.0	1.5	1.1	2.0
التربة الطينية الطفالية	7.5	2.8	2.1	3.75

عادةً، ينبغي أن يطبّق الكلس عملياً قبل فترة طويلة قبل البذر أو زراعة أي محصول جديد. عموماً الوقت المطلوب الموصى به هو من 3 أشهر إلى سنة. في الخريف، قبل أن يزرع المحصول الربيعي هو موعد مناسب للتكليس لأن هذا الوقت يسمح للكلس بالتفاعل مع التربة قبل الزراعة في الربيع. في فصل الخريف، أيضاً، من المرجّح أن تكون الأرض جافة، مما يجعل من السهل دخول المعدّات إلى الحقول. عادةً، قد يهمل المزارعون تطبيق الكلس إلى ما بعد تحضير المشتل في الموسم الجاري. في هذه الحالة، يمكن استخدام الكلس السريع أو الكلس المطفى، على الرّغم من أن الحجر الكلسي الزراعي المطحون بشكل ناعم المطبّق عند الغرس عادة يعطي النتائج المرجوة لرفع درجة الحموضة بشكل كافٍ لإنتاج المحاصيل في العام الجاري. عموماً، يجب أن لا يطبّق أكثر من 0.5 إلى 0.75 طن من الكلس السريع أو الرطب للفدان الواحد سنوياً. فهذه المواد تعمل بسرعة كبيرة في التربة. وآثارها تنخفض أيضاً بشكل أسرع من تلك التي تأتي من الحجر الكلسي الزراعي. من الملاحظ أن الكلس السريع والرطب غير مسموح بهما كمادة عضوية من قبل المنظمات المصدرة لشهادات التصديق.

يطّبق الحجر الكلسي الزراعي على سطح التربة بكميات من 1 إلى 6 أطنان لكلّ فدان وعادةً يتمّ خلطه في التربة بواسطة الحراثة، يسوى بعجلة قرصية أو يمهد في الحقول المحروثة. وكثيراً ما يحدث خلط غير موحّد في طبقة الحراثة. قد يؤدّي الخلط الضعيف للكلس إلى ضعف في التحييد للتربة على المدى القصير.

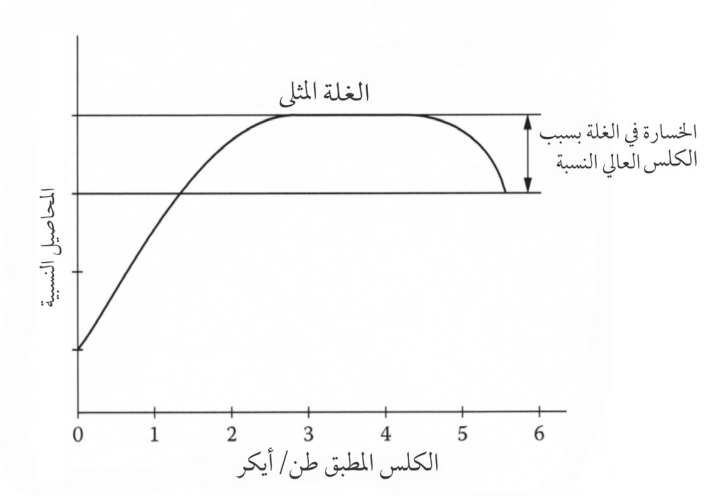
على مدى فترة من الزمن، ومع المزيد من الحرث والخلط، يصبح التحييد موحّداً. التطبيق الأفقيّ الموحّد عبر كامل سطح التربة مهمّ. وهذه الخطوة هي أكثر أهمّية من المزج العامودي الموحّد في التربة. الكلس المطبّق بالمعدلات الموصى بها لا يحتاج إلى أن يخلط في التربة بأعمق من نحو 3 بوصات. من المهم أن يتم ضبط درجة الحموضة بشكل صحيح في هذه المنطقة لحماية البذور النابتة من التربة الحمضية حتى يكتمل نحو الشتلات. إذا خُلِطَ الجير في التربة على عمق أكبر، فينبغي زيادة الكمية المطبقة للحفاظ على مساواة وزن الكلس لكل وحدة من وزن من التربة.

لا ينصح بحرث الكلس إلى أسفل التربة باستعمال المحراث القلّاب، لأنّ عمليّة الحرث هذه تؤدي إلى دفن الكلس عميقاً في التربة وتترك المنطقة السطحيّة حمضيّة وغير متفاعلة مع الكلس. لا تحصل البذور والشّتلات في المنطقة السطحيّة على الفائدة من الكلس الذي يتمّ حرثه عميقاً تحت الأرض بعيداً عن متناول جذور النباتات. نثر الكلس بالقرص أو تمهيده في الحقل المحروث هي أفضل ممارسات لدمج الكلس في التربة.

بسبب الخلط السيئ الكلسي أو نشره المتفاوت على امتداد السطح، قد تنشأ جيوب ذات تركيزات عالية من الكلس. تحدث هذه الحالة غالباً عندما يتم خلط الكلس مع تربة رطبة. و قد تؤدّي هذه الجيوب إلى حالة تعرف باسم تأثير التكليس المفرط. نظراً لإمكانية حدوث تأثير التكليس المفرط، يوصي المهندسون الزراعيون بتطبيقات لا تزيد على 4 طن من الحجر الكلسي للفدان الواحد في السنة، حتى في حال تجاوزت الحاجة للجير 4 أطنان للفدان الواحد. ينبغي تأمين متطلّبات الكلس التي تزيد على 4 أطنان للفدان الواحد بتطبيقات مقسّمة على سنتين. على سبيل المثال، يمكن أن يكون تأمين الحاجة إلى 6 طن من خلال تطبيق 4 أطنان في السنة الأولى وطنين في السنة التالية، أو 3 طن في السنة الأولى و3 في السنة التالية.

في معظم الحالات قد لا تُلاحَظ آثار التكليس المفرط نظراً لأن آثارها السلبية أقل من الآثار المفيدة لتصحيح حموضة التربة (الشكل 2.7). أسباب الآثار الضارة من التكليس المفرط غير معروفة، لكنها لا تدوم طويلاً وعادة ما تكون غير ملحوظة بعد سنتين، في الوقت الذي يظهر فيه أقصى قدر من منافع

الكلس في مردود غلة المحاصيل. المشكلة الرئيسية الناتجة من الخلط السيء للكلس في التربة هو تحييد الحموضة غير المكتمل وما ينجم عنه من تغيير بطيء في درجة الحموضة pH. التقديرات الفائضة للحاجة إلى الكلس ومراكمة رماد الخشب على الأرض هي من الأخطاء الشائعة التي تؤدّي إلى التكليس المفرط.



الشكل 2.7 مخطّط مردود المحاصيل كدالة لتطبيق الحجر الكلسي في سنة واحدة. يرجع انخفاض المحصول إلى التكليس المفرط الذي يحدث في السنة الأولى أو التطبيقين التاليين.

بمجرّد رفع حموضة قطعة أرض معينة إلى نحو pH 6.5، ستظلّ عند مستوى ثابت مع تطبيقات متوسّطة (على سبيل المثال، 2 طن/ فدان) من الكلس على فترة نحو 5 سنوات. تطبيقات أكثر تواتراً من الكلس سوف تبقي درجة الحموضة pH ثابتة من سنة لأخرى أكثر من التكليس على فترات لمدة 5 سنوات أو أكثر. تخضع الحاجة لإعادة التكليس إلى عدة عوامل، منها نسيج التربة والرّشح وزراعة المحاصيل والممارسات الزراعية والتخمير، وطبيعة ودقة أو صغر مواد الكلس الأصليّة، فضلاً عن المحاصيل التي ستُزرع. يجب فحص درجة الحموضة pH كل سنتين إلى 3 سنوات لضمان أن الحموضة لم ترتفع إلى المستوى الذي من شأنه أن يحدّ من مردود المحاصيل. ومن المستحسن عادة أن لا تقل حموضة التربة عن 6.0.

الفصل الثامن

مواد التّغطية (المهاد)

مواد التّغطية، أو المهاد (Mulches)، هي عبارة عن طبقة من المواد تغطّي سطح الأرض. تخلق طبقة المهاد منطقةً عازلة بين التربة والبيئة الجوّية. وتستخدم طبقة المهاد لكثير من الوظائف المختلفة، وربما تكون مؤلّفة من العديد من المكونات المختلفة (الجدول 1.8). تشمل وظائف المهاد المحافظة على المياه، ومكافحة الأعشاب الضارة، وتنظيم درجة الحرارة، والسيطرة على تآكل التربة، والزخرفة، من بين أمور أخرى. تشمل مواد التغطية المعروفة عموماً القش، والتبن، والسماد المخمّر، ونشارة الخشب، ورقائق الخشب، ولحاء الشجر. البلاستيك ذو الألوان المتنوعة هو أيضاً من مواد التغطية الزراعية المعروفة. المواد الأقل شهرة هي الطلاء، والحصى، والحجارة، ورقائق الألمنيوم، والورق، والسجّاد. مواد التّغطية العضوية هي طبقة من المواد العضوية التي تغطّي سطح الأرض .

وظائف المهاد

المحافظة على المياه

هذه الممارسة هي ربّما السبب الأكثر شيوعاً لتطبيق المهاد. لكي تقوم المهاد بهذا الهدف ينبغي أن تُقلّل من تبخّر الماء من التربة ويجب أن تزيد من تسرب المياه إلى التربة (الشكل 1.8). ترتفع المياه بشكل طبيعي في المسام الصغيرة وقنوات التربة من خلال الفعل الشعيري. توقف المهاد ارتفاع المياه في القنوات إلى سطح التربة وتمنع تبخر الماء إلى الغلاف الجوي، وتحمي التربة

من الجفاف بأشعة الشمس المباشرة والرياح. تقلّل المهاد الجريان السطحي فوق سطح التربة وتعزّز تغلغل المياه في التربة. على التربة العارية، قد لا يدخل المطر إلى التربة بسهولة كجريانه عبر السطح وإلى خارج الأرض. تمتصّ المهاد الطاقة من مياه الأمطار، وتعيق الجريان السطحي، وتزيد من وقت احتكاك الماء مع منطقة معيّنة من التربة، وبالتالي تزيد من تسرب المياه إلى التربة.

لحفظ المياه، ينبغي أن تكون المهاد من مواد متفككة تعرقل تدفّق المياه إلى الأعلى فضفاضة، وتحافظ على رطوبة عالية داخل المهاد، وتسمح للمياه بأن ترشح بحرية من خلال الغطاء. ينبغي أن تكون هذه المهاد بعمق 2 إلى 4 بوصات، وتكون أعمق قليلاً في الأرض المنحدرة مقارنة مع الأرض المنبسطة. تتحرّك المهاد الرقيقة وتضمحل، وقد لا تحمي التربة بتغطية مستمرة على امتداد موسم النمو. وينبغي أن لا تكون المهاد مادة ممتصة للمياه وينبغي أن تسمح للماء بالمرور من خلالها إلى التربة.

المهاد المحمّلة بالمياه لا قيمة لها للمحصول وربما قد تكون ضارّةً، لأن المهاد الرطبة قد تكون ملاذاً للأمراض النباتية. المهاد شديدة العمق، أعمق من 6 بوصات، قد تحفظ المياه وتمنع رشحها إلى التربة. ولذلك، سوف تُحرم النباتات التي تضرب بجذورها في التربة من المياه بدلاً من تحسن الرطوبة حولها بوجود المهاد. وهناك مشكلة أخرى مع الغطاء العميق هي أن الجذور سوف تنمو في المهاد ولا تنمو في التربة. ويمكن أن تؤدي هذه المشكلة إلى عدم حصول النباتات على المياه والغذاء الكافي.

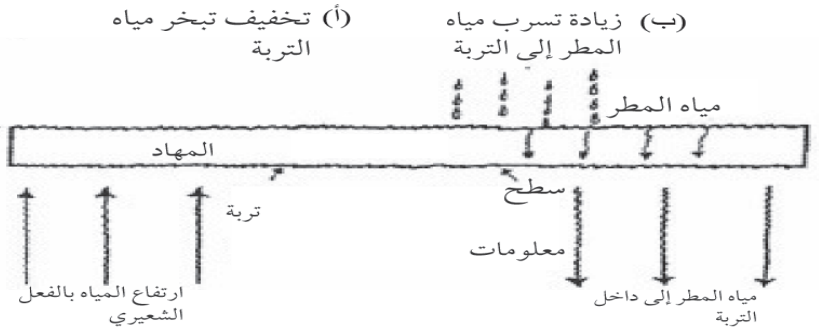
الجدول 1.8

وظائف المهاد و المواد المقترحة لها

الوظيفة	المواد
المحافظة على المياه	التبن، والقش، ونشارة الخشب، ورقائق الخشب، والروث، والسماد المخمّر، والغبار، والبلاستيك
مكافحة الأعشاب الضارة	القش، ونشارة الخشب، ورقائق الخشب، والأوراق، والبلاستيك الأسود، والورق، والتبن، والسماد المخمّر والروث

تنظيم درجة الحرارة	البلاستيك (تدفئة التربة)، والمواد العضوية (عزل التربة)
الصرف الصحي	المواد البلاستيكية أو العضوية
الحماية من التآكل	المواد العضوية، والبلاستيك، والخيش، والأحجار والحصى
التغذية النباتية	السماد، والروث، والقشر، والورق، والبلاستيك (لمنع الرشح)
صد الحشرات	المهاد ذات اللون الخفيف: البلاستيك الأبيض، ورقائق الألمنيوم، والرقائق المغطاة بالبلاستيك أو الورق
الزخرفة	اللحاء، ورقائق الخشب، ونشارة الخشب، وخث الطحالب، والقشر، والرمل، والحصى، والغبار

قشّ المستنقعات المالحة هو المفضّل بشكل كبير كمادة تغطية للمحافظة على المياه، على الرغم من ندرته، ذلك أن أصوله القاسية تقاوم الانضغاط وتوفّر تغطية مثالية. هناك مواد أخرى جيّدة للمحافظة على المياه هي بالترتيب التنازلي للجودة: القش، والتبن، وقصاصات العشب، ورقائق الخشب، والأسمدة المخمّرة والروث. في المناخات الجافة، يكون مهاد الغبار الناتج عن الحراثة بعمق 1 أو 2 بوصة، ما يعيق التبخّر. في المناطق الرطبة بعد كل هطول للأمطار يجب إعادة بناء مهاد الغبار. خث الطحالب يمنع التبخّر من التربة، ولكنه يمتصّ الماء ولا يسمح للمطر بالمرور بحرية إلى التربة. من الصعب لخث الطحالب أن يترطّب بمجرد أن يجفّ، وعند يكون على السطح، قد يحول خث الطحالب الجاف دون رشح المياه إلى التربة، مما يسبّب جريان المياه على السطح بدلاً من ذلك.



الشكل 1.8 (أ) الحدّ من تبخّر المياه من التربة المغطاة و**(ب)** زيادة تسرّب المياه إلى داخل التربة المغطاة.

تقيّد مواد التغطية البلاستيكية التبخر ولكنها تعيق حركة المياه إلى داخل التربة أيضاً. من المهم أن يكون منسوب المياه في التربة يساوي أو قريباً من استيعاب الحقل، قبل أن يتم تطبيق المهاد البلاستيكي. لا يمكن تطبيق المياه فعلياً بالمطر أو الري الرذاذي العالي للمحاصيل التي تنمو تحت المهاد البلاستيكي. يجب تقطيع البلاستيك بشقوق للسماح بمرور المياه. ويمكن توفير المياه تحت البلاستيك بالري بالتنقيط حيث يجب أن يوضع الأنبوب لتطبيق المياه قبل وضع المهاد.

مكافحة الأعشاب الضارّة

في المناطق الرّطبة، قد تكون هذه الوظيفة هي الأهم. تكون لمواد التغطية قيمة خاصة لمكافحة الأعشاب الضارة عندما تكون العمالة قليلة أو موسمية، أو باهظة الثمن. المهاد لمكافحة الأعشاب الضارة يولد الفرق بين الحصول على استراحة من الحديقة أو عدم الحصول عليها. لا تتطلّب المحاصيل المغطاة الحراثة، أو قد تتطلب على الأقل الحد الأدنى من الحراثة لمكافحة الأعشاب الضارة (انظر الفصل 9). بسبب الجذور الضحلة في التربة المغطاة، يكون سحب الأعشاب الضارة سهلاً. بالإضافة إلى توفير العمالة، تساعد المهاد على تجنّب إصابة الجذور أو الأوراق بالأضرار التي قد تحدث خلال عمليات ميكانيكية أثناء زراعة المحاصيل غير المغطاة.

لمكافحة الأعشاب الضارة، ينبغي أن يكون المهاد سميكة بما يكفي، أو غير نفيذة بما يكفي، بحيث لا يمكن للأعشاب الضارة أن تنمو من خلالها (الشكل 2.8). يجب أن تكون سماكة مهاد القش أو نشارة الخشب من 2 إلى 4 بوصات بعد ضغطها. يمكن استخدام حصيرة مماثلة من التبن، ولكنها قد تحتوي على بذور من المحاصيل أو الأعشاب التي قد تنتشر في التربة. تساعد صيانة طبقة بسماكة عدّة بوصات من التبن على تجنّب هذه المشكلة مع الأعشاب، لكن إذا اضمحلّت مهاد التبن قلبت في التربة، فسوف تكون الأعشاب مشكلة خطيرة إذا لم تتم تغطية التربة بالمهاد مرة أخرى. ينبغي تفتيش مهاد التبن للتأكد من أنها خالية من البذور الناضجة. التبن الفاسد (التبن الذي انهمر عليه المطر) كثيراً ما يستخدم للمهاد. قد يحتوي هذا التبن على بذور إذا كان حصاد التبن قد تم في مرحلة النضوج (الازدهار) من تطوّر النبتة.

السماد المخمّر ممتاز لمكافحة الأعشاب الضارة. السماد المخمّر المصنوع بشكل صحيح يجب أن يحتوي على بذور أعشاب قليلة ما لم تكن الأعشاب قد نمت في كومة التخمير وأزهرت، وأنتجت البذور. السماد غير مكتمل التخمير الذي لم تنخفض المواد العضوية بداخله بما فيه الكفاية قد يكون موبوءاً ببذور الأعشاب إذا كانت المواد التي صنع منها السماد مصابة ببذور الأعشاب الضارة. الروث الخام ليس جيداً مثل سماد مخمّر لمكافحة الأعشاب الضارة. في الواقع، من المحتمل أن يحتوي الروث على بذور الأعشاب الضارة من الأعلاف التي تستهلكها المواشي. قِطَع الأرض المسمدة بالروث عادة ما تنبت فيها أعشاب، ويجب تكثيف المهاد باستخدام طبقات سميكة أو منيعة على الأرض المسمّدة بالروث. إذا كان سيتمّ استخدام الروث كمهاد لأية وظيفة، فالأسمدة البيولوجية المخمّرة أو تلك مع الكثير من الحشو تجعل السطح مناسباً للمشي وتحافظ على المحاصيل بشكل أفضل من الروث الجديد مع محتويات منخفضة من الحشو. الروث والأسمدة البيولوجية المخمّرة هي أسمدة. وطبقة بسماكة 2 بوصة يمكن أن توفر تغذية كافية لتغذية المحصول. ترشح المواد الغذائية من المهاد مع هطول الأمطار أو الري إلى داخل التربة.

الشكل 2.8 التحكم في الأعشاب بـ **(أ)** مهاد سميك جداً كي لا تخرقه الأعشاب و**(ب)** مهاد منيع جداً كي لا تخرقه الأعشاب.

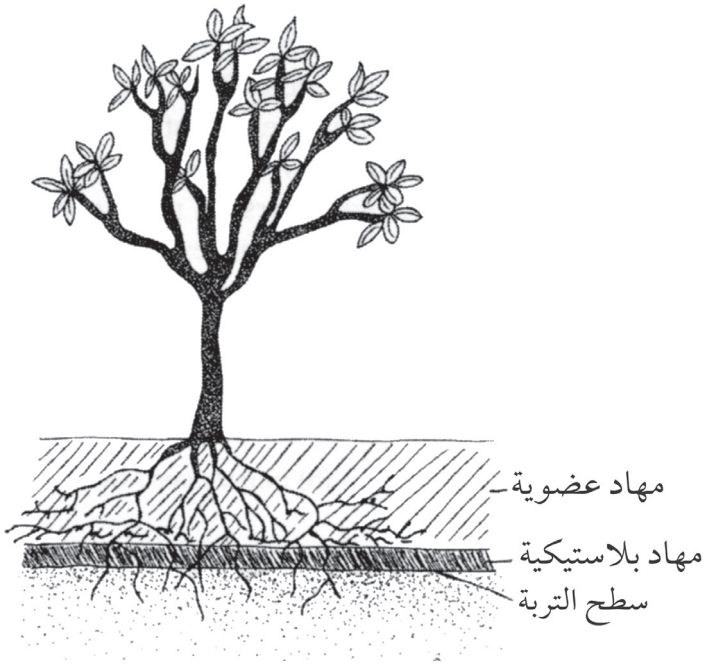
الأعشاب العدوانية، مثل حب الزلم (Nutsedge)، والحماض (Docks)، والأعشاب المعمرة (Perennial Grasses)، و خرشوف القدس (Jerusalem Artichoke)، سوف تنمو عبر الأغطية العادية، حتى عبر الأغطية التي تكون سماكتها عدة بوصات. المطلوب هو مواد غير نفيذة لاحتواء هذه الأعشاب. أي

صفائح من مواد غير نفيذة بأسعار معقولة، وغير سامة، مثل صفائح البلاستيك أو الورق الثقيل، تكون فاعلة. إزالة البلاستيك في نهاية الموسم الجاري تمثّل مشكلةً. سقي المحاصيل هو مشكلة مع البلاستيك أيضاً. الورق هو أفضل المواد التي تستخدم كمهاد لمكافحة الأعشاب الضارة تحت طبقة من المواد العضوية. طبقة من الصحف تتشكل من نحو 4 إلى 8 أوراق سميكة توضع تحت 1 أو 2 بوصة من القش أو السماد المخمّر أو الروث الطبيعي، ستسيطر على معظم الأعشاب الضارة. وفي نهاية الموسم الجاري، سوف تتحلّل الصحف مع بقاء القليل من المواد التي لا تحتاج إلى إزالة. ليس هناك أية نتائج تلوث للتربة ناتجة من استخدام صحف باللونين الأبيض والأسود. الحبر في هذه الصحف هو من الكربون والزيوت النباتية. وقد تحتوي المطبوعات الملونة والمجلات على معادن، لهذا يجب على المستخدم أن يتجنبها.

كذلك يتعين على المرء أن يتوخّى الحذر في استخدام الأغطية البلاستيكية تحت المهاد العميقة والدائمة في المزروعات المعمّرة. وقد أُبلغ عن حالات نمت فيها الجذور المعمّرة داخل طبقة المهاد فوق البلاستيك. قد تشكل هذه الجذور نظام الجذرية الرئيسية للنباتات، وفي الطقس الجاف سوف تنفصل عن التربة بالبلاستيك (الشكل 3.8). بعض الناس فقدوا محاصيلهم تقريباً كنتيجة لذلك.

عجينة الورق، والورق الممزق ونفايات الخضار المقطعة تتصلب كلها إلى حصورة غير نفيذة. مثلاً يمكن طحن نفايات الخضار في آلة التقطيع في الحديقة وصبها على الأرض بطبقة من بوصتين، وهذه الطبقة ستجف لتكون حصيرة غير نفيذة بنسج يمثل إلى حد ما بلاطات السقف. وتكون مثل هذه الطبقات غير نفيذة للأعشاب الضارة النامية لكن المياه تستطيع اختراقها إلى التربة.

غبار المهاد له بعض التأثير في السيطرة على الأعشاب الضارة. لن تنبت البذور في غبار المهاد لأنه جاف جداً. الرمل، والحصى، والحجارة تعطي فوائد قصيرة الأجل في مكافحة الأعشاب الضارة. لكن على المدى الطويل، نمو الأعشاب في الرمل أو الحصى وحول الحجارة يدمّر فعالية هذه المواد. يمكن التحكم في هذه الأعشاب باليد أو بمبيدات الأعشاب فقط. وقد يتأسّف المرء كثيراً عندما يضع الأحجار أو الحصى كمهاد لمكافحة الأعشاب الضارة.



الشكل 3.8 المحاصيل المعمّرة، مثل العنب، والمتجذرة داخل طبقة سميكة من المهاد العضوية الموضوعة فوق البلاستيك على سطح التربة.

تنظيم درجة الحرارة

تستقرّ درجات الحرارة في التربة بالعزل بطبقات سميكة من المواد العضوية. طبقات البلاستيك ترفع حرارة التربة وتسهّل الزراعة المبكّرة للمحاصيل في الربيع. تُستخدم طبقات سميكة من المواد العضوية لحماية النباتات في فصل الشتاء. وينبغي تطبيق هذه المواد بعد أن تصبح الأرض باردة، بعد أن تتجمد قليلاً إلى عدة مرات، أو بعد أن تتجمد بالكامل. الغرض من ذلك هو الحفاظ على الأرض باردة ومنع فعل التجميد والذوبان [المتكرر] في التربة. تجمّد وذوبان الجليد، وما ينتج من ذلك من حركات الصعود والهبوط قد تدفع النباتات خارج الأرض أو تقضم التيجان من الجذور. القشّ هو المادة الأفضل المتاحة بسهولة للحماية في فصل الشتاء. التبن جيد أيضاً. ينبغي تجنّب الأوراق العريضة غير الممزقة لأن هذه قد تنضغط وتمنع ظهور البراعم في فصل الربيع. كذلك، قد تُعزِّز ظروف رطبة تحت الأوراق المنضغطة، أمراضاً تعفّن التيجان للنبات المعمّرة. قد

تصل المهاد إلى التاج فقط في حال تم تطبيق الأوراق العريضة. يمكن استخدام إبر الصنوبر أو الأوراق الممزقة بنجاح أكثر من الأوراق العريضة غير الممزقة. ومن الأفضل غالباً أن تُترك النباتات القوية التي تحافظ على بعض أوراق الشجر خلال فصل الشتاء من دون غطاء، أو ينبغي أن تكون مغطّاة تحت أوراقها، مع الحرص على عدم تغطية الأوراق الخضراء أو تيجان النباتات المعمرة. ينبغي عدم تطبيق المهاد بارتفاعات تصل إلى جذوع الأشجار. يجب أن تحيط الجذوع مساحةً منخفضةً بحيث أن لا تصاب الأشجار بالحشرات والأمراض التي قد تنمو في المهاد العضوي.

إنّه من غير المحتمل تطبيق مهاد عضويّ عميق بما يكفي لمنع الأرض من التجمّد. وفي هذا الصدد، يوفّر غطاء بعمق 6 بوصة من الثلوج المزيد من الحماية والعزل مقارنة بمهاد عضوي سميك نسبياً. الأغطية العضويّة قد توفّر حماية للجذور الضحلة ضد الجفاف من التعرّض لطقس الشتاء.

طبقة التربة المغطاة بمهاد عضوي سوف تُدَفَّأ ببطء في الربيع، وقد يؤدي هذا إلى تأخير زراعة المحاصيل السنوية. على عمق 4 بوصة، سوف تكون التربة تحت الورق الخام أكثر برودةً بـ «20°» درجة من التربة العارية. يجب إزالة المهاد من مناطق زراعة المحاصيل السنوية. يمكن إعادة المهاد بمجرد ارتفاع درجة حرارة التربة. ترك الغطاء على المحاصيل المعمّرة في الربيع سوف يؤخر ارتفاع درجة حرارة التربة وسوف يبطّئ نمو النبات في فصل الربيع. هذا التأثير ليس غير مؤاتٍ بالكامل. فإن إحدى الميّزات لهذا الإجراء أنه قد يؤخّر النمو المبكّر أو الإزهار أثناء نوبات الحرارة غير الموسميّة. بشكل عام، ينبغي إبعاد المهاد المطبقة للحماية في الشتاء عن النباتات المعمّرة بعد اجتياز خطر الصقيع القاتل.

لتحسين تدفئة التربة، يستخدم غطاء البلاستيك. غطاء البلاستيك الشفاف هو المفضّل لتعزيز تبكير المحاصيل. يسمح البلاستيك الشفاف بتدفئة أكبر للتربة من المواد البلاستيكية السوداء. على الرغم من اختلاف النتائج بين المحقّقين، فمهاد البلاستيك الشفاف قد يسمح بالتدفئة من 6 إلى 10 فهرنهايت (2–3 درجات مئوية) لعمق 6 بوصة، بينما يسمح البلاستيك الأسود بارتفاع درجة الحرارة 1 أو 2 فهرنهايت (أقل من درجة مئوية) لـعمق 1 أو 2 بوصة. أشعة الشمس تمرّ عبر البلاستيك الشفاف، وترفع درجة حرارة التربة. وطبقة من المياه على الجانب السفلي للبلاستيك تحفظ

الحرارة المنبعثة في الليل من خلال ما يعرف بالاحتباس الحراري. مع البلاستيك الأسود، يمتصّ المهاد معظم أشعة الشمس وترتفع حرارته إلى حد كبير، ويمرّ القليل من الطاقة لتسخين التربة. تستفيد المحاصيل ذات الجذور الضحلة من ارتفاع الحرارة الذي يسمح به البلاستيك الأسود، وتحصل على المزايا التي أُضيفت إلى مكافحة الأعشاب الضارة، وتبقى الثمار بعيدةً عن الأرض مع تقدّم الموسم.

في ليلة متجمّدة، سيكون الهواء فوق المحصول المغطى بالبلاستيك أكثر برودة من ذلك الذي فوق التربة العارية، ومن المرجحّ أن يُحدِثَ ذلك أضراراً في ورق المحاصيل. الغطاء الخام أو القبعات الساخنة قد تكون ضروريةً لحماية المحاصيل. عادة، للحدّ من تكاليف استخدام المهاد البلاستيكي، تُغطى المنطقة المحيطة بالنباتات فقط، تاركاً بعض الأرض العارية بين الصفوف. سوف يحدث ارتفاع قليل لدرجة حرارة الهواء المحيط بالمحاصيل من الإشعاع الآتي من الأرض العارية. المهاد البلاستيكية ذات الألوان الفاتحة، مثل البلاستيك الأبيض أو البلاستيك المطلي بالألمنيوم تعكس الضوء. ستكون درجات حرارة التربة تحت هذه المهاد أكثر برودةً من تلك التي تحت السطوح العارية.

مع المحاصيل المعمّرة، يمكن أن يُترك البلاستيك على الموقع، ولكن مع المحاصيل السنويّة، عادةً ما تكون إزالة المهاد البلاستيكية في نهاية الموسم الزراعي ضرورية. أكثر المهاد البلاستيكية تتحلّل بأشعة الشمس ولكنها لا تتحلّل في التربة. حتى الأغطية القابلة للتحلّل الحيوي تتطلّب الضوء لتتفكّك. مشاكل المهاد القابلة للتحلّل الحيوي هي أنها قد لا تستمرّ طيلة الموسم على الأرض، ولكن سوف تُظهِرُ الأجزاء تحت الأرض تحللاً قليلاً. البلاستيك الذي يتمّ استخدامه في بيوت البلاستيك أكثر سمكاً (4 أو 6 مل؛ 0.004 إنش، أو 0.006 إنش) من المهاد البلاستيكية (1 أو 1.5 مل)، ويكون مصنّعاً لمقاومة التحلل بالضوء.

أظهرت التجارب مع الدهانات الحجرية المرشوشة على التربة أنّ هذه المواد ليست فاعلة في رفع حرارة التربة. الدقّ وتكسير سطح التربة يدمّر هذه المهاد، وسرعان ما تتلاشى فعاليتها، التي قد توفرها. من المواد السوداء التي يمكن استخدامها اللطخة (Soot)، وغبار الفحم، والأوراق السوداء. لا تعطي هذه المواد السوداء الاحترار الذي يعادل البلاستيك الأسود.

استخدامات أخرى للمهاد

القضايا الصحية

ستبقى المهاد والمنتجات الزراعية أنظف بمنع رذاذ الطين من تلطيخ المنتج على النبات أو النباتات الساقطة. سوف يقلل المهاد من الإصابة بأمراض أوراق الشجر أو الفواكه التي تقع على الأرض. يجب أن لا تحتوي المهاد العضوية على النباتات المريضة أو بقايا النباتات التي يوضع المهاد من أجلها.

حماية التربة من التآكل

يمكن أن تحمي المهاد التربة من التآكل على المواقع المنحدرة التي لم يكتمل غطاؤها الأرضي بعد الحراثة. سوف يساعد الخيش أو التشبيك (Netting) على تثبيت التربة في مكانها حتى يكتمل نحو النباتات. تكون هذه المواد مفيدةً في التطبيقات التي تبرز فيها المحاصيل من خلال المهاد، ومفيدةً أيضاً في إنشاء المروج أو الشتول الأخرى على المنحدرات. يجب أن لا تعيق المهاد ظهور الشتلات خلال حماية التربة من التآكل. القش، والتبن، ورقائق الخشب أو النجارة أو البلاستيك قد تستعمل حول أو بين صفوف المحاصيل المزروعة حديثاً للتقليل من التآكل.

الزخرفة

تحسّن العديد من المهاد مظهر قطع الأراضي، فضلاً عن توفير وظائف أخرى مفيدة. يثمن مهاد لحاء الشجر (قشر الشجر) عالياً لقيمته في الزينة. رقائق الخشب مرغوب فيها، ولكن أقل من اللحاء، عندما تكون طازجةً بسبب مظهرها الزاهي، ولأنها تتحول بسرعة إلى مهاد جذّابة. رقائق الخشب هي عادة أرخص بكثير من اللحاء الممزق أو قطع من اللحاء. قشر الكاكاو، وقشر بذر القطن، أو قشر الحنطة السوداء تشكل مهاد جذابة. الحصى والصخور المكسّرة والحجارة قد توفر الممرات، فضلاً عن المهاد الجذابة. أغطية اللحاء، ورقائق الخشب، والقشر، والحصى، والصخور، والحجر قد تكون باهظة الثمن، لشرائها وتطبيقها والمحافظة عليها. مصاريف شراء اللحاء، ورقائق الخشب، والقشر قد يحُدّ

من استعمالها بالكميات اللازمة لتحقيق فوائد التحكم في الأعشاب أو حفظ الرطوبة. نمو الأعشاب في مهاد الحصى، والصخور، والحجر مشكلة متكررة.

مكافحة الحشرات

قد أثبت أن المهاد العاكسة، – مثل رقائق الألمنيوم أو الورق المغلف بالألمنيوم، أو طلاء الألمنيوم المطبق على البلاستيك أو مباشرةً على التربة– تصدّ الحشرات. هذه المواد فاعلة في صدّ المن الذي ينقل الأمراض الفيروسية التي تصيب القرع (Squash). وعلى ما يبدو، أن الأسطح العاكسة تربك الحشرات بحيث لا تحطّ على الأرض المزروعة. ومهاد البلاستيك الأبيض العاكس لديها أيضاً هذه القدرة.

التغذية النباتية

الروث، والسماد المخمّر، والقشر، والأوراق، وبقايا النباتات الأخرى تحتوي على المواد الغذائية للنباتات، وقد يرشح ما يكفي من النيتروجين والبوتاسيوم من هذه المهاد لتخصيب المحاصيل في الموسم الجاري. عموماً، تكون تركيزات المواد الغذائية الأخرى منخفضة جداً أو غير متحرّكة في المهاد والتربة لتوفير ما يكفي من التغذية للمحاصيل في موسم ما. بتحفيز الجذور الضحلة، يشجّع المهاد نمو الجذور في التربة السطحية. يسمح هذا الفعل للنباتات بالحصول على المواد الغذائية في المناطق الأكثر ثراءً من التربة، ويسمح للنباتات بالحصول على المواد الغذائية التي تم تطبيقها على سطح التربة والتي انتقلت على بعد مسافة قصيرة داخل الأرض فقط.

التحكّم في الرشح

لقد استُخدمت المهاد البلاستيكية في التربة الرملية لمنع رشح الأسمدة. في هذا الاستخدام، تطبّق المهاد فوق التربة، وأحياناً مترفعة في طبقات توضع فيها أحزمة مركّزة من الأسمدة. ينبغي أن تكون المياه الجوفيّة عالية في هذه التربة؛ من دون ذلك، قد تصبح التربة جافة.

المهاد الحية

في بعض الأحيان، يزرع النبات (مهاد حية) بين صفوف المحاصيل، وتتقاسم نفس قطع الأرض. المهاد الحية تساعد في السيطرة على تآكل التربة، وتخرج الأعشاب، وتساعد في مكافحة الآفات، وفي بعض الأحيان تضيف النيتروجين. الهدف هو أن تنمو المهاد الحية من دون إلحاق الضرر بالمحصول. المرجّح أن لا توفّر المهاد الحية، حتى النباتات البقليّة، التغذية للمحاصيل وقد تتنافس مع المحاصيل. عموماً، ينبغي أن ينمو المحصول الرئيسي في قطاع بوسع 18 بوصة خال من المهاد الحية. ينبغي أن تنمو المهاد الحية منخفضة كي لا تظَلِّل المحاصيل. في بعض الأحيان يتمّ قصّ المهاد لتوفير المسارات بين صفوف المحاصيل، وللحدّ من المنافسة بين المهاد والمحصول. يمكن أن تكون المهاد جذّابة جداً في المزروعات السنوية أو الدائمة، وتوفّر ممرات بين صفوف المزروعات. الفالفا والبرسيم الأحمر للمناخات الشمالية والبرسيم الجوفي للمناخات الجنوبية هي مهاد ممكنة للزراعة الداخلية للمحاصيل المصفوفة. وقد تم استخدام البرسيم الجوفي بنجاح لأنه يموت في الطقس الحار ولا يتنافس مع المحصول. ينبغي استخدام المهاد الحية مع توخي الحذر في التربة الجافة، لأن المهاد قد تجفّف التربة بالتعرق. يمكن أن تتسبب المحاصيل ذات الجذور العميقة مثل الفالفا بجفاف التربة. وقد تأتي المعونة في مكافحة الحشرات من حشرات أخرى مفترسة قد تكون موجودة في المهاد الحية، ولكن القلق المحتمل حول المهاد الحية هو أن هذه المهاد قد تجتذب الآفات التي لا تتأثر بالحشرات المفترسة، وأن تنتقل هذه الآفات من المهاد إلى المحصول.

مشاكل مع المهاد

التكلفة

تتطلب كميات كبيرة من المواد المهاد. مهاد البولي إثيلين (Polyethylene) تكلّف عدة مئات من الدولارات للفدان الواحد (شرائح واسعة من –4 أقدام توضع على مركز –5 أقدام). قد تكون التكلفة النموذجية 1000 دولار للفدان الواحد لشراء المواد العضوية. رزمة القشّ التي تزن نحو 50 رطلاً سوف تغطّي نحو 25 إلى 50 قدماً مربعاً من الأرض. هناك حاجة على الأقل إلى 20 طن (800 رزمة) من

القشّ لتغطية فدان واحد. المهاد بالروث أو السماد المخمّر قد تتطلّب 100 طن من هذه المواد للفدان الواحد. وإذا أراد المرء أن تنمو المواد، يكون بحاجة إلى مساحات من الأراضي لتنمية المهاد على الأقل ضعف مساحة الأرض المغطاة بالمهاد. وتطبيق المهاد مضيعة للوقت والعمالة لتطبيق المهاد مكلفة. التكاليف الإجمالية للحراثة والمواد تكون منخفضة على مساحات صغيرة بحجم الحديقة، والفائدة من المهاد لمكافحة الأعشاب الضارة تفوق التكاليف.

التطبيق غير الصحيح

تميل المهاد إلى الحفاظ على ظروف التربة في الحالة التي كانت عليها عند تطبيقها. سوف تظل التربة الباردة باردةً، وسوف تظل التربة الجافة جافةً، وسوف تظلّ التربة الرطبة رطبةً. وإطالة أمد هذه الظروف بالمهاد قد لا تكون لصالح نمو المحاصيل.

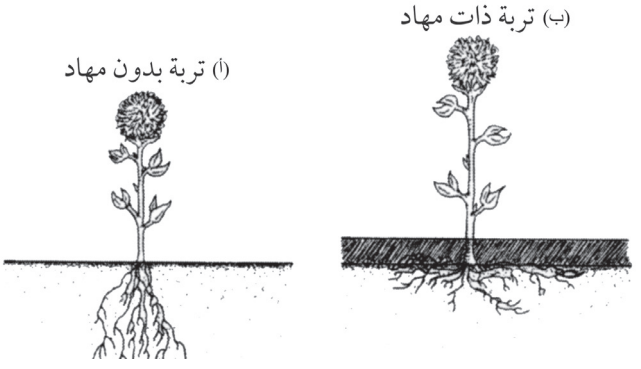
الانضغاط (التراكم)

هذه المشكلة ذُكرت سابقاً في المناقشات، وتتعلق بتضمين أوراق عريضة في المهاد. وينبغي توخي الحذر عند تطبيق المهاد على النباتات المعمرة لضمان عدم تغطية تيجانها بالمهاد.

التحلّل

سوف يكون للمحصول المغطّى بالمهاد نظام جذور أقل عمقاً من المحصول غير المغطاة (الشكل 4.8). وإذا تحللت المهاد، فسوف تنكشف الجذور الضحلة التي تكون عملياً على سطح التربة. هذه المشكلة شائعة في المزروعات الخشبية والمعمرة، مثل نبات العنبية (Blueberry). تتحلّل نشارة الخشب ورقائق الخشب ببطء مما يجعلها مهاداً جيدة للمزروعات المعمرة الخشبية. وينبغي أن تنفذ عمليات التفتيش، على الأقل سنوياً، للتأكّد من أن الجذور في المزروعات المعمرة مغطاة بالمهاد، وينبغي أن تطبّق مهاد إضافية بحسب الحاجة.

الروث، والسماد المخمّر، والقشر تحتوي على المواد الغذائية للنبات، والنيتروجين والبوتاسيوم في المقام الأول. هذه المواد الغذائية سوف ترشح من المهاد إلى داخل التربة. عادةً، هذه المواد الغذائية مفيدة، ولكن إذا كان المحصول لا يحتاج أي من هذه المواد الغذائية الإضافية، قد يصيب الضرر هذه المحاصيل. قد عرف مهاد قشر الكاكاو بأنه للزينة وبأنه يسبّب حرق بعض الأوراق. هذا الحرق هو بسبب رشح البوتاسيوم من المهاد وثم يتراكم بأكثر من حاجة النبات.



الشكل 4.8 أنماط جذور المحاصيل **(أ)** في التربة غير المغطاة و**(ب)** في التربة المغطاة.

اللحاء، ورقائق الخشب، ونشارة الخشب، والورق الميت تكون قليلة المواد الغذائية لذلك تكون سُمّية هذه المواد مستبعدة. لا داعي للقلق من أن يؤثر تحلل المهاد في التغذية النباتية بتثبيت المواد الغذائية. طالما أن المهاد فوق الأرض، فلن يحدث إلا التثبيت القليل للنيتروجين أو لأي غذاء في التربة، وأي تثبيت سيكون أساساً في المنطقة الفاصلة بين المهاد والتربة. إذا تم خلط هذا المهاد في التربة، لسبب من الأسباب، قد يحدث نقص للنيتروجين ويستمر لمدة تصل إلى 3 سنوات. لكل 100 رطل من المهاد الذي يقلب في التربة، هناك حاجة لإضافة رطل واحد من النيتروجين للتربة مرةً واحدةً على الأقل خلال السنة الأولى.

عموماً، يجب على المرء أن لا يطبّق الأسمدة على المهاد العضوية طالما أنها على السطح، حيث إن هذه الممارسة سوف تعجل تحلّلها. ومع ذلك، إذا كانت

المحاصيل تحتاج إلى التخمير، يمكن تطبيق الأسمدة على المهاد العضوية، وسوف ترشح المواد الغذائية عبر المهاد إلى التربة.

لا يحتاج المرء إلى أن يُعنى بتحمّض التربة تحت المهاد. قد يحدث بعض التحمّض في المنطقة الفاصلة بين المهاد والتربة نتيجة الأحماض العضوية المنتجة في المهاد، لكن هذه الحموضة تتبدد سريعاً بعد أن تدخل في التربة. سيتم تحييد أي حموضة قد تتطوّر، بوضع طبقة غبار رقيقة من الكلس تحت المهاد قبل تطبيقها أو على سطح المهاد بعد تطبيقها. تطبيق الكلس على سطح المهاد ممارسة مقبولة. مع مهاد البلاستيك، ينبغي تطبيق جميع الأسمدة اللازمة لزراعة المحصول في المنطقة المراد تغطيتها بالمهاد أو توزيعها مع مياه الري تحت المهاد.

الفئران وغيرها من الكائنات المؤذية

تعيش القوارض غالباً في المهاد وتتغذى على النباتات المغطاة، وقد تخلق مشاكل، ولا سيّما خلال فصل الشتاء. النباتات الخشبية قد تحزَم وتتلف. ينبغي حماية النباتات بترك مساحة بينها وبين المهاد أو لفّها بأغطية واقية. حماية النباتات ضدّ ضَرَر القوارض له ما ضرورته، وخصوصاً على قطع الأراضي المغطاة بالثلوج.

الحريق

سوف تحترق طبقات عميقة وجافة من المواد العضوية، مثل التبن أو القش، إذا أشعلت.

الفصل التاسع

الحراثة

يتم حرث الأرض لجعل التربة في الحالة الفيزيائية المناسبة لإنبات البذور ونمو جذور المحاصيل ودمج الأسمدة الخضراء [غير الناضجة] والمخلّفات الأخرى، ولخلط الروث، والسماد المخمّر، والأسمدة، وللسيطرة على الأعشاب الضارة. كما يساعد الحرث على التهوية والتجفيف، ورفع درجة حرارة التربة. الحراثة السطحيّة يمكن أن تُنشِأ غطاءً من الغبار الذي يساعد في الحفاظ على المياه. الحراثة لها آثار في السيطرة على آفات أخرى غير الأعشاب الضارة. وتهوية التربة بعد الحراثة قد تساعد في مكافحة الأمراض. الحراثة تعرّض الحشرات إلى ظروف معاكسة حيث تكون عرضة للافتراس، والتجمّد، والتجفف.

إعداد مشاتل البذور

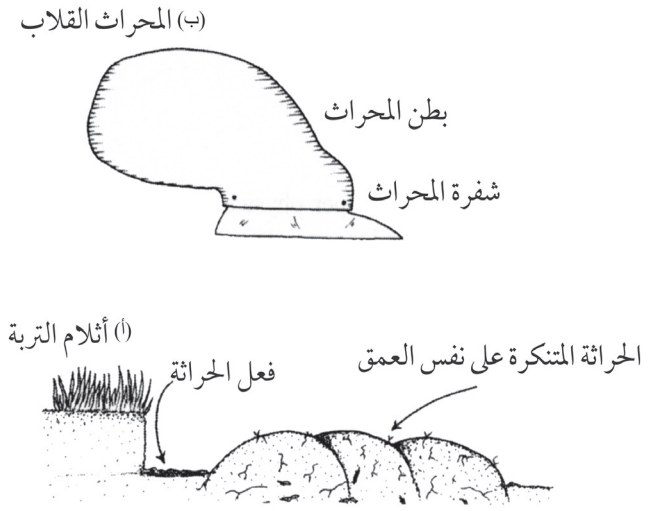
كما ذكرنا أعلاه، فإن الهدف الرئيسي من الحرث هو جعل التربة في حالة فيزيائية جيدة لنمو النبات، أو الفلاحة الجيدة. التربة المحروثة جيداً لديها بنية تجميعيّة جيّدة. والمجمّعات هي هياكل صغيرة، ويفضّل أن تكون بحجم الرّمل، تتشكّل من ترتيب جزيئات التربة ضمن مجموعات تتماسك ببعضها بإحكام. تؤمّن المجمعات ذات حجم الرمال المشكّلة من الطين فلاحة جيدة لهذه التربة ذات النّسيج الناعم. سوف تكون هذه التّربة متفتّتة ومفتتة أو قابلة للتفتيت. في التّربة الرملية، لا يكون تطور حراثةً جيّدةً مقلقاً كالحراثة في التربة الطينيّة. تسمى التربة الرمليّة بالتربة الخفيفة بسبب سهولة حرثها، وتمتلك حراثة جيّدة بطبيعة

الحال. الهياكل بحجم الحصى أو أكبر تسمى مدر (Clods) وتؤمن حراثةً سيئةً. لا تؤمن التربة ذات المدر عادةً حالةً جيدةً لنمو المحاصيل ذات البذور الصغيرة. تنتُج التربة ذات المدر من الضغط الذي ينتج من حرث التربة الرّطبة، ذات النسيج الناعم، وفشل الجسيمات بالتجزؤ إلى تجمّعات صغيرة.

يمكن أن تشكّل الحراثة السليمة التجمعات، ولكن يتمّ تشكيل التجمّعات في التربة التي تحتوي على الطين أو المواد العضوية، أو كلا المكونين، فقط. الرمال والطمي لن يتماسكا في إنتاج تجمّعات مستقرّة، على الرغم من أن هذه الجسيمات يمكن أن تندرج ضمن تجمعات الطين. تزيد المادة العضويّة من استقرار التجمعات وتساعد في تشكيل هياكل بحجم الرمل من الطين، معزِّزة بذلك الحراثة الجيدة. نمو وتحلّل جذور النباتات وروث المحاصيل الأخضر يشجّع على تجميع وتحسين استقرار التجمّعات. تجمّد وذوبان التربة يحسّن التجمّع ويفتّت المدر. تعمل حراثة الخريف في كثير من الأحيان على التربة الطينية لتطوير الحراثة الجيّدة. فعل التجمّد والذوبان خلال فصل الشتاء يساعد على إنتاج بنية متجمّعة. ومع ذلك، عموماً لا ينبغي حرث الأراضي المنحدرة في الخريف بسبب الاحتمالات العالية لتآكل التربة العارية غير المحمية.

مشاتل البذور ذات الحرث الجيد هي حبيبية، ولديها تهوية بشكل جيد، ومبتزلة بشكل جيد، ولها القدرة الجيدة على الاحتفاظ بالماء. كما أنّ لديها قدرةً جيّدةً على امتصاص المياه بالفعل الشعيري من أعماق التربة وكذلك على امتصاص المياه من الأمطار أو الري. الحراثة السليمة يمكن أن تساعد في تطوير فلاحة جيّدة للتربة. الحراثة غير السليمة يمكن أن تدمّر الفلاحة. وينبغي تجنب حراثة التربة الرطبة. الضغط على التربة الرطبة ذات النسيج الناعم، بأدوات الحراثة، مثل المحراث القلاب (Moldboard Plow) (الشكل 1.9) أو المحراث الدوار (Rotary Tiller)، يمكن أن يؤدي إلى بنية ضعيفة للتربة.

عمق الحراثة ليس مسألة مهمة في تطوير الحراثة الجيّدة. تحتاج التربة للحراثة السطحيّة فقط لإنشاء مهاد جيّدة للبذور. الحراثة إلى عمق 3 أو 4 بوصات كافية لهذا الغرض. قد تلزم الحراثة إلى أعمق من 6 بوصات لإدماج المخلّفات. والحراثة أعمق من 6 بوصات مضيعة للطاقة، حيث إنّ القوّة اللازمة لجرّ المحراث خلال التربة تزيد بزيادة عمق الحراثة.



الشكل 1.9 مخططات (أ) المحراث القلاب و(ب) أرض محروثة بالمحراث القلاب.

دمج الأسمدة، والحجر الكلسي، والأسمدة العضوية، والروث، أو محسنات التربة الأخرى عميقاً في التربة قد يضع هذه المواد بعيداً عن متناول جذور النباتات، وخصوصاً خلال بداية الموسم عندما تصبح الشتلات ناضجة. الحراثة العميقة، 15 بوصة أو نحو ذلك، لتفتيت الحوض الطبيعي نجاحها محدود. قد يتكسّر الحوض الطبيعي بنجاح من خلال الحراثة العميقة بشفرات المحراث، ويمكن فصل طين الحوض الطبيعي بواسطة الحراثة، ولكن عادةً ما تعود وتلتحم مع بعضها مرة أخرى.

يتوفّر العديد من الأدوات اللازمة للحراثة وممارسات لإدارة الأراضي بالحراثة كخيارات للمزارعين تبعاً لأنواع التربة التي تتمّ زراعتها، والتفضيلات الشخصية للمزارعين.

أدوات الحراثة

المحراث القلّاب

الأداة الأساسيّة للحراثة هي المحراث القلاّب (الشكل 1.9). هذه الأداة فعّالة في قلب التربة، بحيث يتمّ إنتاج بنية التربة المرغوب فيها، و تُقلب المخلّفات إلى

تحت [التربة] تأثير فعل هذه الآلة يشبه إلى حدّ ما قلب التربة بالمجرفة اليدوية. يلاحظ أن سطح الحقول التي تحرث بالمحراث القلّاب تكون نظيفةً، ونظيفةً جداً، في الواقع، إنّ بعض المزارعين العضويين وغيرهم اعترضوا على عدم وجود بقايا على السطح. الأسطح النظيفة قد تعرّض التربة للتعرية بفعل الرياح والمياه. ثمّة مشكلة أخرى هي أنّ الحراثة بالمحراث القلّاب وبالعمق نفسه عاماً تلو الآخر يمكن أن تؤدي إلى انضغاط التربة [تحت منطقة الحراثة] وتشكيل نعل [منطقة] حراثة بمرور أدوات الحراثة. من المستحسن استخدام المحراث القلّاب في التربة ذات المحتويات العالية من الحصى لضمان الخلط الجيّد، وهو الأداة المختارة لحراثة التربة الطينية. المحراث القلّاب يقلب التربة الطينية حيث إن أفعال القص، والرفع، واللوي تساعد على تعزيز تشكل الحبيبات. الطبقة العليا من التربة أو المخلّفات الأخرى تقلب إلى الأسفل، وتتعرّض التربة المبعثرة لتحسينات لاحقة مثل التمشيط، والتسوية بالقرص، أو السحب. إذا حرثت التربة وهي رطبة جداً، فإن الضغط الذي يطبق على التربة بتشغيل المحراث القلّاب غالباً ما يؤدّي إلى ظروف تركيب مدر ضعيف للتربة مع التربة الطينيّة. أما في التربة الرملية، فقد لا تكون هناك حاجة للمحراث القلّاب، وتسوية الأرض بالقرص [مسلفة قرصية] قد يكون كافياً أو حتى أفضل من الحراثة.

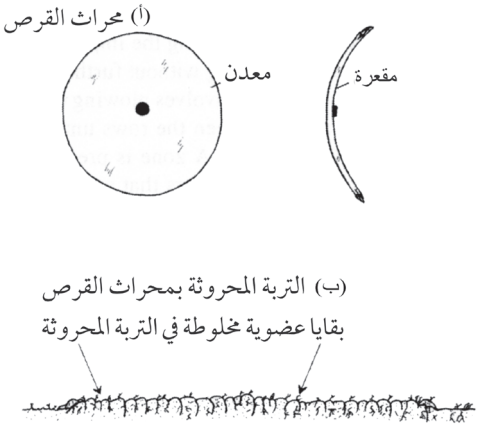
الأقراص [المسلفة القرصية]

التحسينات اللاحقة للأراضي من أجل الزراعة بعد حراثتها بالمحراث القلاب هي التمشيط أو التسوية بالقرص التربة الحراثة الجيدة. ينبغي أن تكون التسوية بالقرص معتدلة. التحريك المفرط للأرض يجفّفها و يعزز الأكسدة و نضوب المواد العضوية. يمكن أن تدمر بنية التربة الجيدة بالتقطيع والكبس. قد تستعمل أيضاً أقراص التمشيط للتجهيز الأولي للأرض، لكن إذا كان المطلوب هو حراثة أعمق ينبغي استخدام أقراص الحراثة.

محراث القرص

أقراص الحراثة (الشكل 2.9) تستخدم عادةً في حراثة الأراضي القاسية الممتلئة بالحجارة، وبنتوءات الصخور، أو بجذوع الأشجار. وقد تستخدم أيضاً

في الحراثة التقليدية للأراضي غير القاسية. أقراص الحراثة تترك الكثير من البقايا النافرة من سطح منطقة الحراثة. هذه الحالة مفضّلة من قبل بعض المزارعين بسبب تأثيرات البقايا في منع التآكل. ومع ذلك، فإن البقايا التي لا يتم إدماجها [في التربة] قد لا تموت بأقراص الحراثة وقد تستأنف النمو، مثل الأعشاب الضارة. كثيراً ما تلزم عمليات حرث لاحقة كالتمشيط بالأقراص أو غيرها من الآلات للسيطرة على هذه الأعشاب.



الشكل 2.9 مخطط **(أ)** الوجهات الأمامية والجانبية لقرص الحراثة و**(ب)** مظهر الأرض التي حرثت بقرص الحراثة.

المحراث الدوّار

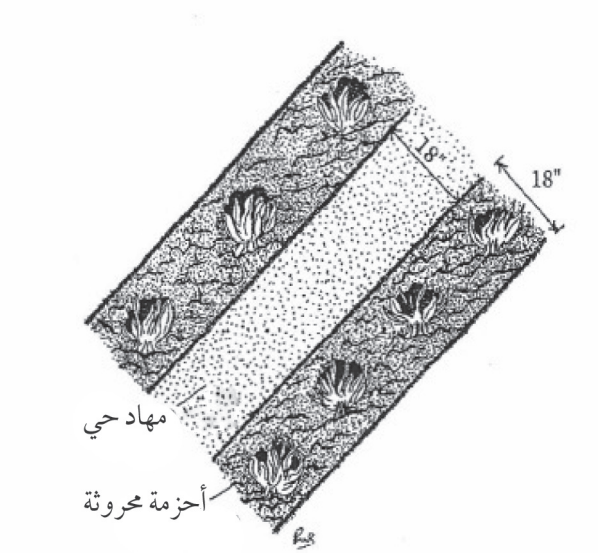
المحراث الدوّار (Rotary Tillers) هو أداة بأسنان شوكة دوّارة تقطع التربة. بحسب طبيعة التربة والبقايا فيها، قد يهيّئ المحراث الدوّار التربة بمرورٍ واحد عبر التربة. يعمل المحراث الدوّار عمل المحراث والقرص، وقد يكون لديه مشاكل عند الاستخدام في التربة الرطبة الطينية. إنّ أسنان المحراث الدوّار تقطع الطين الرطب، واللزج وترمي الشرائح الشبيهة بالتجمّعات. تجفيف هذه الشرائح من دون تفتتها إلى بنية حبيبية سيؤدي إلى حراثة ضعيفة. الزراعة بالمحراث الدوّار في التربة الرملية ستنتج مشاكل أقل. تخلط الحراثة الدوّارة للأرض المواد العضوية في المنطقة المحروثة.

الحد الأدنى من الحراثة

الحراثة التقليديّة بالمحراث القلّاب أو غيرها من الآلات، كثيراً ما تؤدي إلى انضغاط التربة وتآكل التربة المتزايد، وإلى انخفاضات في محتويات المواد العضويّة في التربة. وقد أظهرت الأبحاث أنه ليس من الضروري حراثة الأرض عميقاً فقط ولكن يجب أن لا تسوى الأرض بشكل ناعم كما يعتقد البعض. كذلك، يجب عدم تجهيز كامل سطح الأرض للزراعة. الممارسات التي تقلّل من قدر حراثة الأرض تسمّى الحد الأدنى من الحراثة، الحراثة المحافظة، أو عمليات من دون حراثة.

واحدة من ممارسات الحد الأدنى من الحراثة، هي حرث كامل الأرض تقليدياً ومن ثم إعداد أحزمة ضيقة للزراعة فقط. وتترك المنطقة المحروثة بين الصفوف خاماً، تاركة هذا المساحة مساعدة لعمليات تسرب للمياه، ومواتية للسيطرة على التآكل، وغير مواتية لنمو الأعشاب الضارة (مشاتل البذور الخشنة تكون فقيرةً في نمو الأعشاب الضارة). ويؤدي عدد أقلّ من تنقلات [المحراث] عبر الحقل أو الحديقة تحت هذا النظام من إعداد مشاتل البذور إلى تحقيق مدّخرات كبيرة في الطاقة والوقت والمال. كذلك قد تزرع صفوف المحاصيل في مسارات عجلات الأدوات، التي تسحق التربة وتترُك مشتل البذور بعد تحركها مناسباً للغرس من دون مزيد من الإعداد.

ينطوي نظام آخر لإعداد مشاتل البذور على حراثة الأحزمة التي تتمّ زراعة المحصول فيها فقط، تاركةً المناطق بين الصفوف من دون حراثة، وفي بعض الأحيان مع استمرار الغطاء النباتي في المكان (الشكل 3.9). تجهّز المنطقة بأدوات مثل المحراث الدوّار أو بمحاريث أو أدوات زراعة متباعدة لحرث أحزمة ولترك مناطق بين الصفوف من دون حراثة. المناطق بين الصفوف [المزروعة] قد تمهّد أو تغطّى بشكل تقليدي، أو قد يزرع عشب، وبرسيم، أو غيرها من النباتات كمهاد حيٍّ. باستعمال المهاد الحي، ينبغي أن تكون المنطقة المحروثة لصفّ المحصول بعرض 18 بوصة كحدّ أدنى. عموماً، يتم تطبيق بعض عمليات السيطرة مثل القص على النباتات بين الصفوف (المهاد الحيّ) لضمان أن لا تصبح أعشاباً ضارّةً وتقيّد نمو محاصيل في الصف المحروث. المنطقة المغطاة أو المقصوصة يمكن أن تجعل الحقل أو الحديقة جذّابة وتوفر طريقاً للوصول إلى المحاصيل لصيانتها وحصادها.



الشكل 3.9 حراثة أحزمة بمناطق مزروعة بعرض 18 بوصة للزراعة وللمهاد الحيّ بين المناطق المزروعة.

في الزراعة من دون حراثة، تجهّز منطقة وضع البذور أو الشتلات للزراعة فقط. يمكن أن لا تتجاوز هذه المنطقة العرض اللازم لاستيعاب وضع البذور أو الشتلات أو الحد الأدنى للعرض الذي يمكن أن يُحرث بالأدوات (معازق، وغرافات، وأزاميل، ومسالف). قد تلزم أدوات خاصة متعدّدة الأغراض لعمليات واسعة النطاق. استخدام هذه الأدوات يزيد من مقدار العمل الذي يجب القيام به في عملية واحدة؛ فالحرث والغرس يتمّان في عملية واحدة. هذا الشرط يجعل ممارسة الزراعة من دون حراثة لا تحظى بشعبية عند بعض المزارعين. يمكن أن تكون الزراعة من دون حراثة باهظة الثمن أيضاً، وقد لا يستثمر المزارعون في هذه المعدّات. المزارعون – الحارثون (الذين ينفّذون عمليات الحرث والغرس في عملية واحدة) يمكنهم أن يستأجروا المعدات للزراعة على نطاق واسع من وكالات تشجيع ممارسات حفظ التربة (مناطق الحفظ، وخدمة المحافظة على الموارد الطبيعية، والإرشاد التعاوني).

في العمليات الواسعة النطاق التقليدية، من دون حراثة، تستخدم مبيدات الأعشاب لقتل الأعشاب الضارة أو محاصيل التغطية، وتزرع المحاصيل الرئيسية عبر القش والبقايا. المزارعون العضويون لا يمكنهم استخدام معظم مبيدات

الأعشاب بهذه الطريقة، ولكن يمكنهم تطوير النظم التي يمكن أن تُستخدم للممارسات من دون حراثة. يمكن للمزارع العضوي أن يضع على الأرض غير المحروثة مهاداً عضوياً لمكافحة الأعشاب الضارة ومن ثم يزرع صفوف المحاصيل من خلال المهاد. ويمكن أن يزرع المزارع العضوي أيضاً محصولاً طريّاً للتغطية، مثل الشوفان الشتائي، الذي يزرع في الخريف، وينمو جيداً أواخر الخريف قبل أن يموت في الشتاء. تبقى بقايا المحصول الميّت في الشتاء كغطاء للأرض في الربيع. قد تزرع المحاصيل خلال هذه البقايا من دون حراثة في ما عدا النطاقات المزورعة بالمحاصيل. يشار أحياناً إلى المحاصيل التي تترُك هذه البقايا الميتة في الشتاء المحاصيل الخانقة، على الرغم من أن هذا المصطلح عادة ما يشير إلى المحاصيل الكثيفة المتنامية التي توقف نمو الأعشاب الضارة. المحاصيل كثيفة النمو، مثل الشعير والبرسيم والبيقهة، والتي تقمع نمو النباتات الأخرى، ولا سيّما الأعشاب الضارة، هي المحاصيل الخانقة. يمكن أن تستعمل هذه المحاصيل في مناطق المهاد الحيّ لعمليات الحد الأدنى للحراثة.

أنظمة عدم الحراثة ممتازة للحدّ من تآكل التربة، ولزيادة المواد العضوية والمياه في التربة، وتقليل انضغاط التربة. التحريك المحدود للأرض يقلّل من أكسدة المواد العضوية وتجفيف التربة. ويحافَظ على الماء بالتقليل من الجريان السطحي والتبخّر لزيادة عمليات التسرّب.

تقليل رحلات [أدوات الحراثة] عبر الحقل تقلّل من الفرص لضغط التربة. ومع ذلك، تحت نظام عدم الحراثة، قد تؤدي هذه الممارسة إلى قلق من أن التطبيقات السطحية للأسمدة والكلس قد لا توفّر التغذية الكافية للمحاصيل، وتزايد كميات التطبيق لضمان التغذية الكافية. في بعض الأحيان، ينصح بالحراثة لخلط الأسمدة والكلس في التربة. على أية حال، جذور المحاصيل في التربة غير المحروثة تكون أكثر سطحية منها في التربة المحروثة، بسبب رطوبة أكثر قرب السطح، ولربما يمكن لجذور السطحية الوصول إلى الفسفور والبوتاسيوم التي تتحرّك في المناطق السطحية السفلى من التربة. الأسمدة النيتروجينية ستتحرّك بسهولة إلى داخل التربة، ولكنها ستتعرض لخسائر أيضاً إذا بقيت على سطح التربة. مع مرور الوقت، سوف يخترق الكلس التربة غير المحروثة، وربما سيؤثر في حموضة التربة إلى عمق 4 بوصات بعد سنة. بصفة عامة، تطبيقلا حاجة لزيادة

كمية من الكلس لا تحتاج في النظم من دون حراثة أكثر من القدر اللازم للأرض المحروثة.

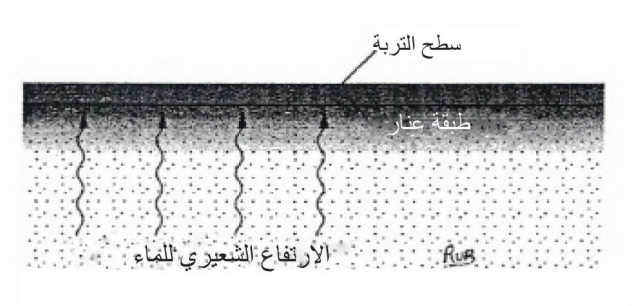
المشاكل التي قُدّمت للزراعة من دون حراثة تشمل صعوبات في السيطرة على الآفات النباتية، وإعاقة ارتفاع درجة حرارة التربة في فصل الربيع. مكافحة الأمراض والحشرات قد تشكل مشاكل أكبر في الأنظمة الزراعية بدون حراثة منها في أنظمة الحراثة، لأن البقايا على سطح التربة تعطي مواقع قد تكون جيدة لإيواء الآفات. ارتفاع درجة حرارة التربة الثقيلة (الطمي، والطين) من المحتمل أن تكون أبطأ في الممارسات من دون حراثة. في الربيع، تكون التربة أكثر برودة تحت المخلفات المجودة على السطح بقدر 6 Fº [درجة ونصف مئوية] مما في الأرض محروثة التربة. قد تَمنع درجات حرارة باردة نمو البذور وإنبات الشتلات. درجات الحرارة الباردة قد تعيق قدرة النباتات على امتصاص الفوسفور، مما يؤدي إلى توقف النمو بسبب عدم قدرة النباتات على الحصول على ما يكفي من الفوسفور من التربة الباردة. لا تحدث هذه المشاكل كما يشيع في التربة الرملية كما هو الحال في تربة الطمي والطين.

حراثة المحافظة

الحدّ الأدنى من الحراثة شكل من أشكال الحراثة المحافظة، ولكن الحراثة التقليدية يمكن أيضاً أن تُستخدم كطرق للتقليل من تآكل التربة. الزراعة على المحيط تجعل صفوف المحاصيل عبر الأرض المنحدرة مما تكون صعوداً ونزولاً من المنحدرات. الصفوف المحيطية تعترض الماء المتحرك وتخفّض سرعته إلى أسفل التلال، وبالتالي تقلّل حركة التربة إلى أسفل المنحدر مقارنة بالحركة التي تحدث مع الصفوف المزروعة صعوداً ونزولاً في التلال. على المنحدرات الحادّة المزروعة، قد تتناوب شرائط المحاصيل الأخرى أو من الأرض غير المحروثة ذات الغطاء مع محاصيل الصفوف للتقليل أكثر من التآكل. الأحزمة غير المحروثة قد تكون دائمة العشب أو الأشجار أو قد تكون من المحاصيل التي تم حصادها للعلف أو الرعي. ينبغي أن يمارس شكلٌ من أشكال الحراثة المحافظة على الأرض التي تنحدر أكثر من 4% إلى 6% (4–6 متر ارتفاع أو سقوط لكل 100 متر في المسافة الأفقية).

الحراثة بين المحاصيل

تشير الحراثة بين المحاصيل إلى الزراعة بين الصفوف أو داخل صفوف المحاصيل. الغرض الأكثر أهمية لهذا الحرث هو التحكم في الأعشاب الضارة. وتمارَس الحراثة بين المحاصيل في بعض الأحيان لإنشاء مهاد للتربة للحفاظ على المياه. وقد تتيسَّر تهوية التربة بحراثة قشرة التربة.



الشكل 4.9 طبقة الغبار التي تقطع ارتفاع الشعيري للماء وتبخر الماء من سطح التربة.

مكافحة الأعشاب الضارة

الزراعة السطحيّة هي المطلوبة لمكافحة الأعشاب الضارة. قشطُ الأرض كافٍ لقطع الأعشاب الضارة. الزراعة العميقة تجفِّف التربة بشكل غير ضروري ويمكن أن تقلّم الجذور وتقلّل من قدرة المحاصيل في الحصول على الماء. وينبغي تجنّب الزراعة الروتينية على جدول زمني ثابت. الزراعة بين الصفوف لمكافحة الأعشاب الضارة يجب أن تحدث عندما تنبت الأعشاب على سطح التربة. الحرث ضروري عادة بعد الأمطار التي تحفّز على النمو وظهور الأعشاب.

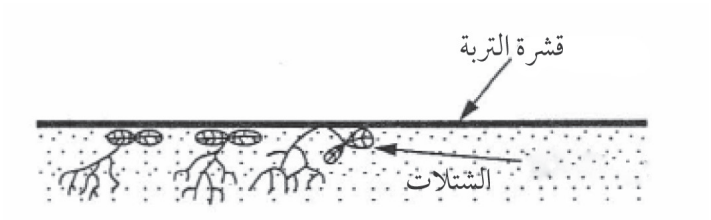
مهاد التربة

[الكلام] عن فائدة التربة أو الغبار (الشكل 4.9) لإيقاف تبخر الماء من سطح التربة قابل للنقاش. قد يكون لمهاد التربة المزيد من الفوائد في المناطق الجافة أكثر منه المناطق الرطبة. يجب أن يعاد صنع المهاد في المناطق الرطبة بعد كل هطول للمطر. قد تزداد المشكلة في المناطق الجافة، فقد يزداد تآكل المهاد الجاف القابل للتفتيت بالرياح. ربما لا يساعد تحريك التربة مباشرة بعد هطول

الأمطار في الحفاظ على المياه. في الواقع، الزراعة السطحيّة قد تعجّل التجفيف على الرغم من تحسن التهوية في التربة السطحية. الزراعة العميقة إلى 2 بوصة أو أكثر ليست ممارسة جيّدة بسبب زيادة التبخّر للماء من المنطقة المحروثة.

كسر الطبقة العليا [القشرة]

التربة الناعمة النسيج، ولا سيّما المحتوية على نسبة عالية من الطمي، وقد تشكل قشرة. تهوية التربة قد تتعرقل بالقشرة. يمكن أن تعيق القشور ظهور شتلات المحاصيل (الشكل 5.9). الحرث لكسر القشرة لتنبت الشتلات هي ممارسة جيدة، إن لم يكن إلزامياً في بعض الحالات. قد لا تكون هناك حاجة للحراثة لكسر القشور لغرض تحسين التهوية، ويجب تقييم مدى خطورة المشكلة بالفحص البصري للمنطقة قبل بدء الحراثة لهذا الغرض. إذا لم تنبت الشتلات عبر القشرة، هناك احتمال للحاجة إلى كسر القشرة. وتستخدم الأدوات الخاصة مثل المعاول الدوّارة، لكسر القشور.



الشكل 5.9 إعاقة نبت الشتلات من خلال قشرة من التربة.

عموماً لا تتعرض الرمال الطمي لتشكل القشرة، وليس من الضّروري أن تحرث لهذا الغرض. تشكل القشرة في التربة الطينية ليس مقلقاً، مثل تربة الطمي، لأن الطين يتكسّر ويضبط ويفتّت القشور، بينما لا تملك التربة الخصبة هذه الميزة.

الفصل العاشر

مكافحة الأعشاب الضارة

الأعشاب الضارة هي نوع من النبات الذي لا ينبت في مكانه الصحيح. وبشكل أكثر تحديداً، تعرف الأعشاب الضارة على أنها نباتٌ يشكل مصدر إزعاج وخطر، أو يسبّب إصابات للبشر، والماشية، والدواجن أو المحاصيل. سوف يركز هذا الفصل على السيطرة على الأعشاب الضارة كآفات في إنتاج المحاصيل. تأتي الأعشاب الضارة من الأنواع البرية التي تنمو في المناطق المزروعة، ومن الأنواع البرية التي أدخلت عمداً أو من طريق الصدفة، أو من الأنواع التي تعتبر نباتات المحاصيل. وتختلف أنواع الحشائش الضارة بحسب الممارسات التي تُستخدم في إنتاج المحاصيل.

تحرّك حراثة التربة لزراعة المحاصيل الموئل حيث تنمو النباتات البرية. ويمكن أن يدمّر الحرث الأعشاب الضارة الواضحة في حقول الزراعة غير المحروثة. ومع ذلك، يمكن أن ينشىء الحرث بيئةً مواتية لنمو الأنواع البرّية من الأعشاب ويساهم في ظهورها كأعشاب ضارة في المحاصيل. في بعض الأحيان، تحريك أو حراثة الأرض سيسمح للبذور النائمة بالنمو، وسوف تظهَر النباتات التي لا تكون موجودةً بشكل ظاهر. أيضاً، قد تؤدّي زراعة الأرض إلى نشر المزيد من الأعشاب الضارة بالمعدات أو بعمليات أخرى تتعلق بإنتاج المحاصيل. يمكن أن تنشر تطبيقات الأسمدة المخمّرة والروث والرعي من قبل الماشية بذور الأعشاب الضارة، لأن هذه الطرق يمكن أن تكون ناقلة أو حاملة لبذور قابلة للحياة. قد تنتشر بذور الأعشاب الضارة في المحاصيل من طريق الحصاد أو يتم

حصادها مع المحاصيل، ثم تزرع مع المحاصيل عند زراعة الموسم التالي. إن بذور المحاصيل التي تُترك في الحقل بعد الحصاد قد تظهر كالنباتات التلقائية، وتكون الأعشاب الضارة في المحاصيل التالية.

تضرّر المحاصيل من الأعشاب

تسبب الأعشاب الضارة من الخسائر في الإنتاج الزراعي أكثر من أي فئة أخرى من الآفات. تتراوح الخسائر في البلدان المتقدّمة النمو في المناطق المعتدلة، حيث تدابير مراقابة الأعشاب فعّالة، من 10% إلى 15% من القيمة الإجمالية للمنتجات الزراعية التي تزرع في الحقل. يحدث ضرر مباشر للمحاصيل من الأعشاب الضارة من المنافسة بين الأعشاب الضارة والمحاصيل على الضوء والمواد الغذائية والمياه والفضاء. وفي مواجهة هذه المنافسة، تكون المحاصيل غير قادرة على الوصول إلى كامل طاقتها لتنمو، ويقيد بذلك مردودها. بعض الأعشاب الضارة تمنع المحاصيل من النمو [بما يسمى] الليلوباثي (التضاد البيوكيميائي) (Allelopathy)، أي أثر كل نبتة في الأخرى. بعض الأعشاب تنضج مواداً من جذورها، أو عند تحلّلها في التربة، وتُفرز بقايا الأعشاب الضارة بعض المواد التي تعيق نمو المحاصيل بوسائل غير المنافسة. بعض المحاصيل تؤثر في بعض الأعشاب الضارة، وجذور أو مخلّفات هذه المحاصيل تقيّد نمو الأعشاب الضارة أو نمو المحاصيل الأخرى المزروعة بالتناوب. وتداخل الأعشاب مع المحاصيل يسبّب تكلفة كبيرة في الوقت والمال، لأن المزارع عليه أن ينفق الكثير من الوقت، ويكرّس الكثير من الموارد لمكافحة الأعشاب الضارة.

تحدث الخسائر غير المباشرة في المردود بتأثير الأعشاب في نوعية المحاصيل. بذور الأعشاب الضارة المختلطة مع بذور المحاصيل تُقلّل من قيمة المنتج للبذار والعلف أو الغذاء. إزالة بذور الأعشاب الضارة بعد الحصاد يزيد تكاليف التعامل مع المحاصيل، وكنتيجة لذلك، يتلقّى المزارع أسعاراً منخفضة للمنتجات التي تنتشر فيها الحشائش. يمكن أن تزيد البذور غير الناضجة محتوى الرطوبة للمحاصيل، ومرّة أخرى يؤدي هذا إلى انخفاض في الأسعار، وإلى قدرة أقل للمحاصيل لتخزن من دون تلف. وجود الأعشاب الضارة الخشنة السيقان في القش يقلّل من نوعية المحصول كعلف ويمنع استهلاكها من الماشية. قد تسبّب

الأعشاب الضارة بعض الأمراض للماشية أو حتى قتلها عند تناولها النباتات السامّة. يمكن أن تسبّب الأعشاب الضارة بعض النكهات غير المرغوبة للحليب الذي تنتجه الماشية التي تتغذى على المراعي التي تحتوي الأعشاب الضارة. ويمكن أن تمنع الأعشاب الضارة رعي النباتات العلفية التي تكون مغطاة بستائر من الأعشاب الضارة. قد تعلق بذور الأعشاب الضارة بالفراء، والذيول، والشعر، أو آذان الماشية، وتسبب مشاكل للماشية وللمزارع. تجعل الأعشاب حصاد المحاصيل صعباً، وقد تكون عائقاً لحركة الآلات الزراعية للبشر في الحقل، أو تعيق المعدّات أو قد تعذّب في الحصاد، أو تلحق الضرر بالمعدات.

قد تكون الأعشاب الضارة حاملةً لأمراض المحاصيل، فهي توفّر أماكن للجوء الحشرات والأمراض، وتوفّر الوسائل اللازمة لإدامة الأمراض والحشرات في الأراضي. الأعشاب الضارة تسبّب مشاكل هائلة في المجاري المائية والبحيرات والبرك. وتسدّ الأعشاب حركة المياه في خنادق الري. يمكن أن تقيّد الأعشاب الضارة تدفق المياه في المجاري وتؤدي إلى تراكم الرمل.

تتأثر صحة البشر والماشية والحيوانات الأليفة بالأعشاب الضارة التي هي نباتات سامة. الحيوانات قد تصاب من جرّاء ابتلاع نباتات سامة، أو قد تعاني من الطفح الجلدي أو غيرها من اضطرابات الجلد من ملامسة النباتات. حبوب اللقاح من الأعشاب الضارة سبب شائع للحساسية.

تصنيف الأعشاب الضّارة

يمكن تصنيف الأعشاب بشكل عام كحولية أو التي تنمو مرة كل سنتين أو المعمّرة. تكمِلُ الأعشاب الضارّة السنوية دورة حياتها في عام واحد؛ فتنمو نباتياً وتنتج الزهور والبذور، ثم تموت في موسم نمو واحد عادة. تكون جميع أنشطة نمو الحولية الصيفية فقط في موسم زراعة محصول واحد، وليس لها أي وسيلة للبقاء في الحياة من سنة إلى أخرى إلا بإنتاج البذور. الحولية الشتوية تنبت في الخريف، وتمرّ من خلال فصل الشتاء كشتلات، وتُنتِج معظم النمو والبذور في موسم الزراعة التالي. كثيراً ما تعتبر الحولية الشتوية أعشاباً تنمو لمدة سنتين.

الأعشاب الضارة السنوية هي الأعشاب الأكثر شيوعاً التي نصادفها.

الأعشاب الصيفيّة السنوية المعروفة هي عشب السلطعون (Crabgrass)، وذيل الثعلب (Foxtail)، والسرمق (Lambsquarters)، وأعشاب الخنزير (Pigweed) (القطيفة)، وأعشاب الطير (Chickweed) المعروفة، والسجاد (Ragweed)، والرجلة (Purslane)، ومجد الصباح (Morning Glory)، وغالينسوغا [صغيرة الأزهار] (Galinsoga). بعض الأعشاب الحولية الشتوية هي أعشاب الطير المعروفة، الخردل البري (Wild Mustard)، ومحفظة الراعي (Shepherd's Purse) والعشب الأزرق (Bluegrass) السنوي. بعض من هذه الأنواع يتصرّف كالحولية الصيفية، فضلاً عن كونها حولية شتوية.

أعشاب السنتين تكمل دورة حياتها في سنتين. في السنة الأولى، يكون النمو نباتياً فقط كالورود، وفي السنة الثانية، تنمو النباتات نباتياً ثم تزهر وتنتج البذور. الجزرة البرية (رباط الملكة آن) وآذان (Mullein) البرية هي أعشاب سنتين شائعة.

الأعشاب المعمّرة تعيش نباتياً في التربة لسنتين أو أكثر. إنها قد تزهر وتنتج البذور في السنة الأولى. الأعشاب المعمّرة غالباً ما يكون لديها بعض أجهزة التخزين الكبيرة (جذور، ودرنات، وجذور، وبصلة) التي تمكنها من العيش من سنة إلى أخرى وغالباً ما تنتشر بلا تزاوج. يصعب التحكم بالأعشاب المعمّرة بالزراعة أكثر من الأعشاب السنوية أو كل سنتين، بسبب ما لديها من أجهزة التخزين. بعض الأعشاب المعمّرة الشائعة: الهندباء (Dandelions)، والأرصفة (Docks)، والنجيلة (Quackgrass)، والشوك (Thistle)، وحشيشة اللبن (Milkweed)، وحب الزلم (Nutsedge)، وأعشاب جونسون (Johnsongrass).

مكافحة الأعشاب الضارة

في إنتاج المحاصيل، عادةً ما تلزم بعض الأساليب لمكافحة الأعشاب الضارة لحماية المحاصيل. إن غرض مكافحة الأعشاب الضارة هو إعاقة نموها أو إضعاف وضع الأعشاب الضارة بشكل لا يعرّض نمو المحاصيل للخطر. يتمثّل الهدف العام بالسيطرة على 95% من الأعشاب في المحاصيل. مستويات أعلى من التحكم مرغوب فيها أو ممكنة لكن غالباً ليست عملية. ومستويات أدنى من التحكّم لا توفّر حمايةً كافيةً للمحاصيل. من المهم مكافحة الأعشاب الضارة مبكراً في حياة المحصول. قد لا تكون المحاصيل الفتية قادرةً على المنافسة

مع الأعشاب الضارة، وسوف يطغى عليها نمو الأعشاب الضارة. من الضروري السيطرة على الأعشاب الضارة خلال أول 6 إلى 8 أسابيع من نمو المحاصيل. خلال هذا الوقت، يمكن أن تنتج المحاصيل ما يكفي من النمو في قسمها في الأعلى وتعطي المظلة التي تمنع ظلالها نمو الأعشاب الضارة. قد لا تكون الأعشاب تحت المظلة قادرة على المنافسة مع المحاصيل. مع بعض المحاصيل، يمكن أن تستمرّ هذه الأعشاب في النمو، لكن في مجموعات متفرقة، وأخيراً تسبّب هذه الأعشاب صعوبة في حصاد المحاصيل.

الأساليب العامة لمكافحة الأعشاب الضارة

الميكانيكية

يشمل التحكّم الميكانيكي لإزالة الأعشاب الضارة الحرث، والتعشب باليد، والجز، والتقليم، والحرق. هذه الممارسات تزيل الأعشاب الضارة أو تلحق الضرر بها بما فيه الكفاية، حتى يتقدّم نمو المحصول ليكون تنافسياً.

الحصاد

تناوب المحاصيل يغيّر البيئات التي تنمو فيها الأعشاب الضارة. غالباً ما تنشأ الأعشاب مع بعض المحاصيل، وتناوب المحاصيل يغيّر المشهد الذي تتنافس الأعشاب الضارة فيه. المحاصيل المبذورة بكثافة، أو تلك التي تولد ستائر كثيفة لديها قدرات قوية للتنافس مع الأعشاب. يساعد التخمير المحاصيل على منافسة الأعشاب الضارة، وسوف تختلف استجابة المحاصيل التنافسية للأسمدة، وهو ما يعطي عناصر تحكّم متغيّرة مع تناوب المحاصيل. تناوب المحاصيل كممارسة لمكافحة الأعشاب الضارة، مفصّل على وجه التحديد لاحقاً في هذا الفصل.

المكافحة البيولوجية

المكافحة البيولوجية تنطوي على إدخال كائن صغير حي لتدمير الأعشاب الضارة. الحشرات هي الكائنات الأكثر استخداماً في هذا الصدد. توجد دائماً مخاوف بشأن تحوّل الحشرات التي أُدخلت لأكل الأعشاب، إلى تناول المحاصيل بعد أن يتمّ القضاء على الأعشاب. الحشرات الآكلة للأعشاب لا

تتوافّر عادةً للمزارعين لاستخدامها في إنتاج المحاصيل. استصلاح مجموعة من الأراضي ضد الأعشاب في المناطق الموبوءة في أستراليا وفي غرب الولايات المتحدة (انظر الأجزاء الأخيرة من هذا الفصل) غالباً ما يشار إليها كأمثلة للاستخدام الناجح للمكافحة البيولوجية. كما يمكن استخدام حيوانات المزرعة في المكافحة البيولوجية. قد تُرعى الأعشاب الضارة من قبل الثروة الحيوانية في المزرعة بعد حصاد المحاصيل. وقد استُخدمت الماشية في بعض الأحيان في مكافحة الأعشاب الضارة في مزارع الأشجار. يمكن للإوزّ التحكم في الأعشاب الضارة في الفراولة.

المكافحة الكيميائية

يتمّ استخدام مبيدات أعشاب محدّدة للسيطرة على الأعشاب الضارة في المحاصيل. اختيار مبيدات الأعشاب المتوافّرة في السوق كبير جداً. ومع ذلك، لدى البستاني العضوي والمزارعين خيارات قليلة، إن وجدت، لمبيدات الأعشاب المسموح بها في الممارسات العضوية المعتمدة. بعض مبيدات الصابونية والأحماض العضوية يتم تسويقها وهي مسموحة كممارسات عضوية لمكافحة الأعشاب الضارة.

أساليب خاصة لمكافحة الأعشاب الضارة

الزراعة (الحرث)

تتحكم الحراثة التقليدية بسكة الحراثة في الأعشاب بقصها في التربة ودفن البراعم في التربة المقلوبة (شريحة الخدود). أقراص المحاريث والأمشاط تعطي تحكماً أقل من سكة المحراث بسبب دفن غير مكتمل للبراعم. تُستخدم مبيدات الأعشاب أو المهاد في كثير من الأحيان مع الحدّ الأدنى من نظم الحراثة أو من دون حراثة، عند إعداد الأرض للغرس.

الحراثة ما بين الخطوط وسيلة أساسية للسيطرة العضوية على الأعشاب الضارة في زراعة المحاصيل. يتم إزالة الحشائش ميكانيكياً بين الصفوف بالقطع على سطح التربة (جرف) أو بواسطة الحراثة الضّحلة في التربة. يجب أن تكون الحراثة ضحلة حتى لا تتلف جذور المحاصيل. جرف التربة مفيد لمعظم

المحاصيل مثل الحراثة الضحلة، بعمق 1 أو 2 بوصة. محاصيل قليلة تستفيد من مهاد الغبار الذي يتمّ إنشاؤه بواسطة الفلاحة الضحلة. في الواقع، ستجفّ منطقة الحرث في المناطق الرّطبة، وستخفّ المياه المتاحة للنباتات بتبخّر المياه من منطقة الحراثة. ينبغي أن تكون الفلاحة بين الخطوط، في أقرب وقت ممكن بعد ظهور الأعشاب بدلاً من اتباع جدول زمني ثابت. يصعب التحكم في الأعشاب الضارة داخل خطوط المحاصيل. قد تحتاج هذه الأعشاب إلى إزالتها باليد أو بواسطة الجرف. قد يتمّ استعمال آلات الزراعة الميكانيكية مع الأقراص (المحراث) لدفن هذه الأعشاب برمي التربة فوقها خلال الفلاحة. المجارف الدائرية أيضاً قد تزيل الحشائش من بين الصفوف عندما تكون المحاصيل ناضجةً ولكن ثابتة أكثر من الأعشاب الضارة الناشئة حديثاً.

يمكن أن تقلّل الحراثة التقليدية، والفلاحة بين الخطوط نسبة الأعشاب الضارة المحتملة من 10% إلى 15% كل موسم بقتل البذور المنبتة حديثاً، مما يقلّل من عدد بذور الأعشاب في التربة، ومما يقلّل أو يمنع الأعشاب من تشكيل بذور خلال موسم النمو نفسه. في بعض الأحيان، تكون نسبة الأعشاب السنوية مرتفعة لدرجة أن الحراثة التقليدية لا يمكنها التحكّم في الأعشاب الضارة بما فيه الكفاية لإنتاج المحاصيل. قد تتفشى الأعشاب المعمّرة داخل الحقل بشدّة أيضاً، بحيث يصبح إنتاج المحاصيل غير ممكن مع الحراثة التقليدية. وفي هذه الحالات، يجب أن تمارس الحراثة بدون زرع. في السيطرة على الأعشاب الضارة السنوية، ينطوي الحرث بدون زرع على فلاحة الأراضي بدون (زرع) محاصيل، عادةً من طريق محراث القرصي أو الوسائل المماثلة، للتحكم في جميع الأعشاب الضارة السنوية تقريباً بمجرد ظهورها. للتحكم في الأعشاب المعمرة، يسمح الحرث بدون زراعة بإنهاك الاحتياطيات المخزونة من هذه الأعشاب. في هذه الحالة، تكرر الحراثة غالباً كلما ظهر نمو جديد لأجهزة التخزين للأعشاب، وقبل أن يحدث نمو كافٍ لسدّ النقص في الاحتياطيات في هذه الأجهزة. الحرث يسمح أيضاً بجفاف الأرض بتعريضها للغلاف الجوي. الحرث عادةً يكون على بدورة من أسبوع أو أسبوعين مع الأعشاب الضارة المعمرة.

قد يضع الحرث بدون زرع الأراضي خارج الإنتاج لموسم زراعة كامل أو لمعظم الموسم، تبعاً لشدة الإصابة بالحشائش. في بعض الحالات، مع الأعشاب

المعمّرة، قد يكون الحرث بدون زراعة مطلوباً لسنتين أو أكثر لتحقيق سيطرة كافية. يتمّ تقليل نسبة بذور الأعشاب الحوليّة في التربة عادة من 30 إلى 50% سنوياً بالحراثة بدون زرع المقارنة مع 10% إلى 15% تخفيض بالحراثة التقليدية مع وجود المحاصيل. قد يظهر التحكم في الأعشاب المعمرة أفضل من التحكم بالأعشاب الحولية، نظراً لأن الهدف من السيطرة على المعمرة هو تدمير الشتلات الكبيرة لهذه الأعشاب بدلاً من الحدّ من عدد بذور الأعشاب في التربة. ويجب الحرص على تجنّب ترك الأعشاب المعمرة تنتج البذور، وأثناء الفلاحة، تجنب انتشار أجزاء النبات التي يمكن أن تنشأ منها نباتات جديدة.

الحرق

حرق الحدائق، والحقول، أو المراعي عادةً ما يكون له قيمة صغيرة في مكافحة الأعشاب الضارة الطويلة الأجل. الحرق يعطي نكسةً مؤقتة [للأعشاب] بإزالة الحطام والسماح للنباتات الأخرى بفرصة للتنافس. يُستخدَم حرق المراعي لتنظيف العشب الميّت الذي قد يعيق الماشية من الرعي في العلف الفتي الطري الذي بدأ ينبت. قد يمارس الحرق لتنظيف الحقل المغطّى بمدرّجات كثيفة من العلّيق أو الحشائش الميتة، ما قد يعيق الحراثة بانسداد الأدوات أو بفشل عملية دفنه على نحو كافٍ بعملية الحراثة. الحرق لا يقتل عادة أجهزة التخزين أو التيجان لوقف النمو بعد أن تُحرق البراعم الميّتة. يمكن بقاء البذور حية في التربة عادة بعد الحرق على السطح. تكون درجات حرارة من 175 إلى 212 درجة Fº لمدة 15 دقيقة على الأقل ضرورية لقتل البذور في التربة وقرب سطح التربة وقتل التيجان. لن تتحقق درجات الحرارة هذه، ما لم يكن تغطي التربة طبقة عميقة من الحطام العضوي. عموماً يتطلّب الحرق تصريحاً من الحكومات المحلية، وتكون مقتصرة على فترات محدودة خلال السنة.

الإشعال بالمشاعل هي ممارسة حرق لمكافحة الأعشاب الضارة. يمكن استخدام مشاعل اليد، ومشعل البروبان (Propane-Fired)، لقتل الأعشاب الضارة في قطع صغيرة من الأرض، وعلى طول الأرصفة والمداخل، ومناطق أخرى صغيرة يسهل الوصول إليها. ينبغي أن تستخدم النار في النبات الأخضر لتجنّب الحرائق. المشاعل المحمولة بالمعدات (Implement-Mounted

(Torches تستخدم لحرق الأعشاب الضارة داخل خطوط المحاصيل إذا كانت الأعشاب طرية وأكثر عرضة لتحترق من نباتات المحاصيل. وبصفة عامة، يحرق اللهيب، أو يذبل الجزء العلوي من الأعشاب الضارة. وسيتمّ قتل الحشائش السنوية. من المرجّح أن تعود الأعشاب المعمّرة من نفس المخزن بعد الحرق. لا تتضرّر البذور في التربة من طريق حرق الجزء العلوي، وحرق التربة له تأثير بسيط في بذور الأعشاب في التربة.

التقليم والتعشيب

التعشيب (قطع النباتات القريبة من الأرض) أو التقليم (إزالة الجزء العلوي من النباتات فقط، على سبيل المثال، الأجزاء المزهرة) يساعد على زيادة التنافسية الطبيعية للمحاصيل. هذه العمليات تتحكم في النمو الخضري للحشائش وتمنع الأعشاب من التحوّل إلى بذور. الأعشاب في المروج والعشب في المناطق الأخرى والمراعي والمساحات الشاغرة، والمساحات المفتوحة، كثيراً ما يمكن السيطرة عليها بالتقليم والتعشيب. وهذه العمليات تحسن إلى حد كبير مظهر المساحات المفتوحة.

تناوب المحاصيل

غالباً ما ترتبط بعض الأعشاب مع بعض المحاصيل، على سبيل المثال، العشب الخشن، والسرمق (lambsquarters)، وصباح المجد، والعشب السلطعون والأعشاب الأخرى الصيفية الحولية التي تنمو مع المحاصيل المزروعة في خطوط، مثل الذرة وفول الصويا والخضروات ولنمو البصل والثوم والخردل مع القمح؛ والقرطب (Burdock)، والسفون(*) (Broomsedge)، والسجاد، والأشواك، وآذان الدبّ الشائعة في المراعي. سوف يساعد مداورة المحاصيل في السيطرة على الأعشاب الضارة في هذه التجمعات. ومع ذلك أحياناً، يسمح تناوب المحاصيل بنمو الأعشاب التي لا تظهر بغير طريقة، مثل تلك التي تنشأ في المراعي عند تحريكها بالحرث، وتوضع في إنتاج محاصيل

(*) السفون هي جنس من النباتات يتبع الفصيلة النجيلية من رتبة القبئيات.

الخطوط. في هذه الحالات، يجب استخدام ممارسة أخرى لمكافحة الأعشاب الضارة أثناء إنتاج المحصول الأول أو الثاني على الأرض. ثمّ، يمكن أن يكون التناوب فاعلاً في مكافحة الأعشاب الضارة في المحاصيل اللاحقة.

المهاد

وضع المهاد (انظر الفصل 8) يساعد في السيطرة على الأعشاب الضارة بتوفير غطاء للتربة يكون سميكاً جداً وغير نفيذ لا يمكن للأعشاب الضارة أن تخترقه. وضع المهاد ممارسة جيّدة ولا سيّما عندما لا تتوافر للعمالة للسيطرة المستمرة على الأعشاب الضارة بوسائل أخرى طوال الموسم. القشّ مهاد جيّد لمكافحة الأعشاب الضارة. وينبغي أن تكون طبقة القش على الأقل بسماكة 2 بوصة. التبن يستعمل أيضاً. مع ذلك قد يزيد التبن مع البذور الناضجة نسبة بذور الأعشاب في التربة ويسبّب المشاكل في المواسم اللاحقة. رزمة واحدة من القشّ أو التبن سوف تغطي نحو 50 قدماً مربعاً من المساحة. بضعة أوراق من الصّحف تحت القش أو التبن ستزيد مستوى مكافحة الأعشاب الضارة التي تحققها هذه المهاد. تعطي طبقة بسماكة 2 بوصة أو أكثر من نشارة الخشب أو رقائق الخشب، أو اللحاء سيطرة جيدة على معظم الحشائش السنوية. عشب الطير، والحشائش، والأعشاب المعمّرة قد لا تمكن السيطرة عليها تماماً بالمهاد، ولكن سوف تكون السيطرة عليها أسهل بالوسائل الميكانيكية. ينبغي أن تستخدم نشارة الخشب، واللحاء، أو رقائق الخشب في المزروعات المعمّرة لا في المناطق التي ستحرث في نهاية الموسم الجاري. وسيؤدّي دمج المواد الخشبية في التربة إلى التثبيت، ومن ثم إلى نقص في المواد الغذائية النباتية، وخصوصاً النيتروجين. لا تسبب المهاد الخشبية فوق الأرض مشاكل تثبيت المواد الغذائية، المهاد ليست في اتصال كثيف مع التربة كما سيكون الحال عند إدماج نشارة الخشب واللحاء أو رقائق الخشب. تعطي المهاد مع السماد المخمّر أو الروث تحكماً ممتازاً في الأعشاب الضارة، وخصوصاً إذا تم وضع طبقة من الصحف تحت المهاد. ومع ذلك، يجب توخي الحذر في استخدام هذا المهاد. قد تحمل بعض الأسمدة المخمرة والروث بذور الحشائش؛ والأعشاب الضارة قد تنمو من هذه البذور مباشرة في المهاد أو في التربة. تنشأ بذور الأعشاب الضارّة في الروث من فراش الماشية، ومن بذور القش التي قد تدخل في النفايات الحيوانية وتختلط مع

الروث العضوي، أو من بذور القشّ أو الأعشاب في القش التي تمرّ عبر المواشي من دون هضمها. قد تحتوي الأسمدة المخمرة على بذور الأعشاب الضارة من المواد التي تخمرت. غالباً ما تنمو الأعشاب وتتحول إلى بذور في أكوام السماد المتخمّر المكشوفة. في بعض الحالات، إضافة التغذية بواسطة مهاد السماد أو الروث تحفّز نمو الأعشاب الضارة من البذور التي تحملها التربة، بحيث تصبح الأعشاب مشكلةً في التربة المسمّدة أكثر من التربة بدون مهاد. عادةً ما تمنع طبقة الصحف تحت المهاد ظهور الأعشاب الضارة النابتة في التربة من خلال المهاد. القشّ أو التبن الخالي من الأعشاب يمثّل غطاءً جيداً فوق الصحف. عند استخدام السماد المخمّر، والعلف، أو القش في تركيبة مع المهاد، يجب أن تكون هذه المواد سميكةً بما يكفي لتغطية الصحف للحصول على مظهر جيد أو لحفظ ورق الصحف في مكانه. ينبغي تطبيق هذه المواد من دون المهاد والصحف، على الأقل من 1.5 بوصة إلى سماكة عدة بوصات.

مهاد البلاستيك الأسود تعطي مكافحة جيّدة للأعشاب الضارة، فضلاً عن رفع درجة حرارة التربة. عجينة الورق الممزق أو قمامة الخضار تجفّ وتتحوّل إلى طبقة غير نفيذة تتحكّم في الأعشاب. يمكن صنع العجينة بوضع الأوراق أو الخضار داخل مقطِّع الحديقة. تكافح مهاد الصخور والرمال والحصى الحشائش في المناطق غير المزروعة ولكن مع بعض المشاكل. قد يكون من الصّعب التحكّم في الأعشاب الضارّة التي تنمو حول أو داخل مهاد الصخور أو داخل الرمل أو الحصى من دون انتزاع المهاد. قد تحتاج المزارع إلى تطبيق الإزالة اليدوية والحرق أو مبيدات الأعشاب للتحكّم في الأعشاب الضارة في مهاد الصخور، والرمل، أو الحصى. مهاد الغبار التي تم إنشاؤه بواسطة الحراثة الضحلة يعطي بعض السيطرة على الأعشاب الضارة حتى يدمّر هطول الأمطار هذا المهاد.

التخمير

التخمير قد يزيد القدرة التنافسية للمحاصيل ويمكّنها من تخطّي نمو الأعشاب الضارّة. سيبطّئ التظليل من مظلّة محصول قوي نمو الأعشاب الضارة. المحاصيل المسمّدة جيّداً، ولا سيما إذا أعطيت بعض المعونة بتدابير السيطرة الميكانيكية على الأعشاب خلال الفترة المبكرة من النمو، ستكون ميزتها التنافسية جيدة بالنسبة للأعشاب بعد نمو مظلة المحاصيل.

في بعض الأحيان يعطي التخمير الأعشاب دفعة، بحيث تغلب المحاصيل. قد يكون هذا التأثير ملحوظاً مع المحاصيل المعمّرة، وخصوصاً في السنة الأولى من التخمير، ولكن في السنوات اللاحقة، سوف يكون المحصول متفوّقاً.

المكافحة البيولوجية

ظهر اهتمام قليل في استخدام مكافحة الحشائش البيولوجية على نطاق واسع بسبب الخوف من المخاطر الناشئة عن الكائنات الحية المستخدمة في التحكّم. لقد تحققت معظم النجاحات في المكافحة البيولوجية للحشائش باستخدام الحشرات. استخدام الحشرات في المكافحة البيولوجية للحشائش محدود التطبيق في الزراعة التجارية في الأرض المحروثة، ومعظم النجاحات التي تحقّقت كانت في مساحاتٍ كبيرةٍ من المراعي في الأوضاع المستقرة نسبياً. تطبيقات ناجحة للغاية مع الحشرات حدثت في التحكّم في صبار الكمثرى الشائك في أستراليا (ca. 1925) والتحكّم في أعشاب الكلاماث في ولاية كاليفورنيا (ca. 1944). في كل حالة من هذه الحالات، كانت الأعشاب تنتشر في مساحات كبيرة من أراضي الرعي إلى الحدّ الذي لا يمكن للماشية فيه أن ترعى بسبب كثافة الأعشاب. وكان الصبار الكمثرى يشكل خطراً إضافياً لأن الماشية غالباً ما تصاب بأشواك الصبار في الشفاه واللسان وتموت جوعاً لعدم قدرتها على الرعي مع هذه الإصابات. أعشاب الكلاماث تشكّل خطراً لأنها سامة للثروة الحيوانية. في كلتا الحالتين، لم يكن استخدام مبيدات الأعشاب مجدياً بسبب النفقات الكبيرة التي ينطوي عليها، وقيمة الأرض المنخفضة نسبياً. تمت إزالة هذه الأعشاب تقريباً خلال السنوات العشر الماضية باستخدام الحشرات الآكلة للأعشاب التي كانت مخصّصة للصبار الكمثرى أو كلاماث الأعشاب.

على الرّغم من أنه لا يوجد نظام تجاري موضوع حتى الآن، فإن البحث جارٍ حالياً لتقييم المكافحة البيولوجية للحشائش بالحشرات، والعث، والديدان الخيطية، والقواقع [الحلزون] والأمراض الفطرية وغيرها من النباتات في البيئات الزراعية في الأراضي المزروعة والغابات.

لقد استخدمت تربية الماشية والدواجن والحيوانات البرية في المكافحة البيولوجية للحشائش. يأكل الإوز الحشائش في القطن والفراولة والنعناع

ولا تُستهلك المحاصيل. وقد استخدمت الماشية لمكافحة الأعشاب الضارة في مزارع أشجار عيد الميلاد. ويقال إن الماعز تأكل اللَبْلَاب السام. الماشية والخنازير مسموح بها في كثير من الأحيان في حقول المحاصيل المحصودة لتجمع العلف من البقايا النباتية والحبوب، وتتغذّى على الحشائش البرية وغيرها من النباتات التي تظهر بعد حصاد المحاصيل. سوف تساعد الحيوانات البرّية على مكافحة الأعشاب الضارة في المزارع، والمراعي، على الرغم من أنه في كثير من الحالات قد تكون الحيوانات البرية آفة بسبب المنافسة مع الماشية، ونظراً للضرر الذي تسبّبه الحيوانات البرية للمحاصيل.

الليلوباثي

الليلوباثي تشير إلى تأثير نمو نبات على حساب نمو نبات آخر، ويمكن أن تستخدم في المكافحة البيولوجية. أشجار الجوز الأسود تتحكم في الثمار بمادة كيميائية مشتقّة من أوراق الأشجار أو من الجذور. ينبغي أن يتجنّب الناس زراعة الشجيرات أو الفواكه الصغيرة تحت أشجار الجوز. تُنتج العديد من المحاصيل الزراعية الليلوباثي من المواد الكيميائية التي تؤثر في نمو النباتات الأخرى. بذور عباد الشمس هي من الليلوباثي، والأرض حول مغذيات الطيور قد تكون جرداء كنتيجة لآثار بذور عباد الشمس أو قشره على نمو النباتات الأخرى. بعض المحاصيل الزراعية الشائعة هي من الليلوباثي أثناء نموها، أو هي تترك مخلفات من الليلوباثي. تمنع نباتات عباد الشمس الحيّة نمو الأعشاب الضارة. مخلفات القمح والشعير والذرة وعباد الشمس وفول الصويا المتحلّلة لديها تأثير الليلوباثي تساعد على مكافحة الأعشاب الضارة. ويمكن إدماج مخلفات هذه المحاصيل من محاصيل سابقة لمكافحة الأعشاب الضارة ضمن الليلوباثي. المخلفات أيضاً قد تنمو على حدة خارج الموقع وتُجلَب وتُطبَّق كمهاد أو تدمج في التربة للاستفادة من تحكّم الليلوباثي في الأعشاب الضارة. يجب أن يعرف المزارعون أنّ هذه البقايا قد تتداخل أيضاً مع نمو المحاصيل، ويجب أن يُأخذ هذا التأثير بعين الاعتبار في حال التخطيط لتناوب المحاصيل، وفي التخمير بالسماد الأخضر. الأعشاب أيضاً لديها تأثير الليلوباثي وقد تؤثر في نمو المحاصيل. ذيل الثعلب، والسرمق، وعشبة الفناء هي أعشاب الليلوباثي، والفشل في السيطرة على هذه الأعشاب في الموسم الأول قد يعيق نمو المحاصيل في الموسم التالي.

مبيدات الأعشاب

مبيدات الأعشاب المتوافرة قليلة للإنتاج العضوي للمحاصيل. ربما يمكن أن تُصنع محلبات مائية من محاصيل الليلوباثي وتطبيقها في محاولة السيطرة على الأعشاب الضارة، أو يمكن تطبيق بقايا محاصيل الليلوباثي لعملها كمبيدات أعشاب. لم يتم اختبار هذه الإجراءات نسبياً أو هي مكلفة وخصوصاً بالنسبة للعمليات على نطاق واسع. في الماضي، كان يعتبر مذيب ستودارد (Stoddard) في (جزرة النفط) من المبيدات العضوية. كانت هذه المواد سائلاً للتنظيف الجاف وتُستخدم أيضاً في مكافحة الأعشاب الضارة في الجزر والجزر الأبيض. وهي ليست متاحة بسهولة في السوق. سيانواميد الكالسيوم (Calcium Cyanamide) وسولفامات الأمونيوم (Ammonium Sulfamate) مذكورة في بعض النصوص كمبيدات للأعشاب العضوية. هذه المواد تتحلّل في غضون 4 إلى 6 أسابيع لليوريا (من سيانواميد الكالسيوم) وإلى كبريتات الأمونيوم (من سولفامات الأمونيوم)، التي هي الأسمدة النيتروجينية. إنه من غير المعقول أن ننظر إلى سيانواميد الكالسيوم أو سولفامات الأمونيوم أنه من المبيدات العضوية للأعشاب، حيث إن اليوريا أو سولفامات الأمونيوم ليست أسمدةً عضوية.

قد استُخلصت مبيدات الأعشاب من الأحماض العضوية ومكوّنات أخرى من النباتات. أثر تحكّم هذه المواد في الأعشاب الضارة هو تجفيف الأوراق. الحشائش الصغيرة اللينة أكثر عرضة للسيطرة من الأعشاب الناضجة. المبيدات العشبية المشتقّة من الأحماض العضوية ليست انتقائية في تأثيرها، ويمكنها أن تتلِف المحاصيل أيضاً كما تقتل الأعشاب الضارة. وتشمل الاستخدامات قتل بقع الأعشاب الضارة، وتنظيف الأعشاب في الأرصفة والمداخل وفي مهاد الصخور، والحصى، والرمال. حمض الخل (الخل)، وحمض الستريك، وحمض البيلارجونك (Pelargonic) (جيرانيوم)، والليمونين (Limonene) (البرتقال)، وزيت القرنفل أو زيت القرفة (الأوجينول) هي مبيدات الأعشاب الشائعة المتاحة، يتمتّع بعضها بشهادات عضوية. بعض الصابون المنزلي الشائع والمنظفات تكون سامةً للنباتات، وقد تستعمل لمكافحة الأعشاب الضارة.

الفصل الحادي عشر

مكافحة الحشرات

تشكّل الحشرات المجموعة الأكبر من بين الحيوانات اللافقرية. تمتاز هذه المجموعة من الحيوانات بامتلاكها ستة أرجل (ثلاثة أزواج) وجسماً مجزّأً يكون عادةً بأجنحة بعد اكتمال بلوغها. مختلف الحيوانات اللافقرية المماثلة، مثل العناكب والعث القراد (Ticks) والديدان (Centipedes) والرخويات (Millipedes) لا تصنّف من فئة الحشرات ، ولكن الشائع بين معظم الناس هو أن هذه الحيوانات هي بالفعل حشرات. والسيطرة عليها غالباً ما تكون ضمن العنوان العريض لمكافحة الحشرات. تدرس الديدان الخيطية المجهرية عادة، كونها المسبّب الأول لأمراض النباتات.

يظهر التطور في دورة نمو الحشرات، أو ما يعرف بالتحوّل في الحالات (Metamorphosis)، من خلال التغيّر في أشكالها. تعدّ البيضة المرحلة الأولى لجميع الحشرات، وبعد تفقّس البيضة تخرج منها الحشرة غير الناضجة والتي تدعى باليرقة (Larva). وتُعرف اليرقات بأسماء عدة كالديدان (Worms) والدويدات (Grubs) واليسروع (Caterpillars) واليرقات (Maggots) أو الحوريات (Nymphs) تبعاً لما إذا سميت مرحلة البلوغ بالعث (Moth) أو الدبور (Wasp) أو الفراشة أو ذبابة (Fly) أو البق (Bug) أو الخنفساء (Beetle)، أو ربما

أسماء أخرى. تنمو اليرقات وتتغذّى بشكل كبير على مضيفها. لذلك تُعدّ اليرقات غالباً الأكثر خطورة وتدميراً للمحاصيل الزراعية بسبب التغذية المعزّزة التي تدعم نمو هذه الكائنات. قدرة اليرقات على التنقّل محدودة لذا تقضي مجمل مراحل حياتها على نوع واحد أو عدد قليل من النباتات. تتجدّد الطبقة الخارجية لليرقات مرات عدة خلال نموها حتى تصل اليرقة إلى الحجم الأقصى. في نهاية النمو، تمرّ حشرات عديدة بمرحلة تُغلّف بها نفسها بغشاء صلب من الخارج يعرف بالشرنقة (Pupa). حيث تخلد الحشرة في هذه المرحلة إلى نومٍ عميق وراحة طويلة داخل هذا الغشاء القاسي (الشرنقة) الذي يحميها من كل تهديدات الخارج. بعد اكتمال هذه المرحلة تصل الحشرة إلى مرحلة البلوغ، حيث تنفصل الحشرة عن الشرنقة. تعرف الحشرة البالغة بأسماء عدة منها: ذبابة وعثة وفراشة وخنفساء، أو أسماء أخرى تعرف بها الحشرات التي لديها أو ليس لديها أجنحة. تمتاز الحشرات البالغة التي لديها أجنحة بامتلاكها قدرات كبيرة على التنقل. والغذاء الذي تحصل عليه الحشرات البالغة قد يكون مشابهاً أو مختلف اختلافاً كبيراً عن غذاء اليرقات. لذلك وحتى يتسنى للمزارع مكافحة الحشرات يتطلب منه أن يدرك إذا كان من يهاجم محصوله ويتغذّى عليه يرقات أو حشرات بالغة.

الحشرات التي يحدث لها تغيّر من شكل البيضة إلى اليرقة حتى الشرنقة الناضجة، يكون لديها تحوّل كامل. بعض الحشرات لا تمرّ في مرحلة الشرنقة، حيث إنّ يرقات هذه الحشرات تبدو حشرة لم يكتمل بلوغها، ليس لديها أجنحة. وتسمّى هذه اليرقات بالحوريات. في كل مرحلة من مراحل نموها تتخلّى الحوريات عن قشرتها الخارجية وفي كل مرة تقوم فيها بعملية التقشّر تصبح أكثر قرباً من مرحلة البلوغ. مع آخر عملية تقشّر، تظهر الحورية كحشرة مكتملة البلوغ. الحشرات التي تخضع لتغيّرات من مرحلة البيضة إلى مرحلة الحورية فالبلوغ، تتعرّض إلى تحوّل ناقص. المعرفة الجيدة بمراحل حياة الحشرات مهم جداً لفهم أساليبها في التغذية والتنقل، والضرر الذي تلحقه بالمحاصيل الزراعية. وكل هذه العوامل تكون مهمّة في تطوير إجراءات مكافحتها.

تلف المحاصيل الزراعية بالحشرات

يتجلّى الضّرَر المباشر من الحشرات الآكلة للنباتات. هذه الحشرات تمضَغ،

وتمتَص، أو تسكن في البراعم، والأوراق والسيقان والجذور والزهور والثمار أو في بذور النباتات. الأضرار التي تلحق بالنباتات تظهر من تساقط أوراقها، وضعف سيقانها، أو موت جذورها؛ وهي أضرار قد تسبّب بموت النباتات وكقاعدة، كلما وقع الضرر مبكراً في حياة النبات كان أكثر تدميراً. عادة ما تحدث الأضرار التي تلحق بالزهور والفواكه والبذور نتيجة حفر اليرقات للنباتات، أو من الحشرات البالغة التي تتغذّى على البراعم أو الفواكه غير الناضجة. عادة ما تكون المنتجات المتضررة من هذه الزهور والفواكه أو البذور غير قابلة للتسويق، بسبب شكلها التالف أو لاحتوائها على اليرقات الحية، أو على الحشرات البالغة. في كثير من الأحيان يبقى البيض أو اليرقات في المحصول الذي يجني، والمخزن ثم تخرج اليرقات أو الحشرات البالغة من المنتجات المخزنة لتستقر في السلة (Crib) أو صناديق التعبئة، أو حتى في خزائن المطبخ.

يشكّل الضرر غير المباشر الذي تتسبّب به الحشرات مصدر قلق كبير في عملية إنتاج المحاصيل. حيث إن التلف الذي تسبّبه الحشرات يضعف النباتات التي قد تعاني أصلاً من بعض الأضرار التي تسببها الرياح، والأمطار، والأمراض التي تصيب هذه النباتات. غالباً ما تجتاح الأمراض المناطق الموبوءة المليئة بالحشرات لتتغذّى على فضلات الحشرات أو على الأجزاء الميتة من النبات. مثلاً حشرات المن تتغذّى على المادة السكرية أو ندى العسل الذي يتسرّب من أوراق الشجر، الأمر الذي يتسبّب بظهور نقط سوداء على هذه الأوراق فتفقد جمال منظرها. وتعدّ الحشرات، مثل المن والقفاز وخنافس الخيار من أهم الحشرات الناقلة للأمراض النباتية. وتعد الحشرات إحدى أهم الوسائل التي تسبّب انتشار الأمراض الفيروسية والأمراض المسببة لإصفرار الأوراق أو ذبولها. هذه الآفات تلحق الأذى بجودة هذه النباتات. مثلاً إنّ مرض خشب الدردار الهولندي (Dutch Elm) تنشره حشرة الخنفساء.

أساليب مكافحة الحشرات

سنسلّط الضوء في هذا الفصل، فقط، على الطرق البيولوجية العضوية المتبعة في مكافحة الحشرات. وتشمل أساليب استخدام المرشات والبخاخات، والأخذ بتدابير المكافحة البيولوجية، وتطبيق الممارسات الثقافية. مكافحة

الحشرات تتمّ إما باستخدام البخاخات التي تملء بغبار السمّ الكيميائي الذي يقتل هذه الحشرات أو يحدّ من نشاطها أو من خلال ممارسة فعل فيزيائي على هذه الكائنات الحية لدحرها. وتختلف مرشّات الغبار قليلاً عن بعضها البعض من حيث المادة المستخدمة التي من الممكن أن تكون سائلاً أو مادة جافة. تعتمد المكافحة البيولوجية على إدخال الحشرات المفترسة، والطفيليات، أو الأمراض التي تتغذّى بالحشرات أو التي قد تصيب هذه الحشرات بالأمراض فتؤدّي إلى هلاكها. وتشمل الممارسات الثقافية الإجراءات الإدارية الوقائية التي يمكن أن يستخدمها المزارعون للحدّ من وصول الحشرات إلى المحاصيل الزراعية.

تطبيق البخاخات العضوية والغبار العضوي

هذه المبيدات هي مواد كيميائية مشتقّة من الرواسب المعدنية، أو من النباتات، أو من الحيوانات أو في بعض الأحيان من تصنيع بعض المكوّنات الطبيعية. سواء كانت مستمدة عضوياً أو غير ذلك، ينبغي استخدام جميع المرشّات والبخاخات بعناية قصوى وحذر شديد، لأن سوء استخدامها يشكل مخاطر جمّة على الصحة. بعض الخصائص عادة، كفعل السمية أو الكشط، تشكّل العامل الذي يجعل من الرذاذ أو البخار مبيدات للحشرات. البخاخات العضوية والغبار كمبيدات مصنّعة كيميائياً، يمكن أن تسبّب الضرر للبشر وللحيوانات [إن استخدمت بطريقة خاطئة أو من دون وقاية]. إن التمييز بين المبيدات العضوية واللاعضوية («الكيميائية، المصنّعة») ضعيف وهامشي. ويجب التعامل مع النوعين من المبيدات الحشرية بنفس الحذر. لذا ينبغي اتباع ورقة الإرشادات المتوافّرة مع كل منتج من هذه المواد، ويجب الاحتفاظ بسجلات للطرق التي تم استخدام هذه المبيدات فيها. يجب استخدام المبيدات على المحاصيل المحدّدة في ورقة الإرشادات فقط، وبالمقدار المحدّد، وعند الوقت المحدّد أيضاً. وينبغي رشّ المبيدات في المرحلة التي تكون فيها الحشرة أكثر عرضه للتأثّر بالمبيد.

يجب أن ترشّ النباتات بالكمية الكافية من هذه المبيدات [الرذاذ أو الغبار]، بعد التأكّد من أن الحشرات ستكون على تماس مباشر مع المبيدات وسيصيبها الكمّ الوافر من المبيدات أو من غبارها. وينبغي أن ترشّ المبيدات في الطقس الهادئ للتقليل من ضياع المبيد في الهواء أو تسربه. ويفضّل رشه صباحاً أو مساءً

حيث يكون الطقس بارداً في هذه الفترات. تطبيق هذه الإرشادات يساعد على حفظ النباتات من الإصابة وكذلك الحفاظ على فعالية المواد المستعملة، ومنع تأثرها بحرارة الشمس أو الضوء الزائد أو الجفاف.

يجدر بالشخص الذي يحضر لعمليّة الرش التأكّد من أن كمية المبيدات المستعملة بالقدر الضروري لمعالجة الآفات . يجب تخفيف المواد الفائضة غير المستعملة بالماء، كذلك يجب أن يكون التخلّص منها بعيداً عن جميع مصادر المياه. كذلك ينبغي أن تظل المبيدات، والحاويات التي تخزن فيها هذه المبيدات، ومعدّات الرشّ بعيداً عن متناول الأطفال والحيوانات الأليفة، والماشية، والدواجن، والحيوانات البرية.

ينبغي تجنّب استنشاق أو ابتلاع المبيد، وكذلك تجنّب ملامسة هذه المواد للجلد. ينبغي استخدام المعدات المناسبة خلال القيام بالرشّ. فقد تكون هناك حاجة لملابس ونظارات واقية، أو أقنعة. وينبغي الحرص على تجنّب استهلاك المبيدات في المنتجات التي عولجت بالرذاذ أو الغبار منعاً للهدر. ويجب العمل على اختيار المنتجات أو المبيدات قبل استخدامها، وانتظار الوقت المناسب قبل حصاد المنتجات المرشوشة وغسلها جيداً قبل الاستهلاك إذا كان ذلك ممكناً.

يمكن تطبيق معظم المبيدات التي تستعمل بواسطة البخاخات (مبيد سائل) كبودرة أيضاً إذا كانت مادتها الأولية جافة. في غالبية الأحيان تكون سموم المبيدات الحشرية أكثر تركيزاً من الغبار. لذا يجب التحقّق من المزارعين المتعاملين مع الوكالات الموثّقة لتحديد استخدام هذه المنتجات في مجال الزراعة العضوية.

البخاخات (انظر الجدول 1.11)

المياه

يمكن للمياه أن تكون وحدها مبيداً حشرياً. حيث إنها قد تشلّ أو تحدّ من تحرّكات الحشرات على النباتات أو إلى داخلها يمكن تسهيل بلل الحشرات ذات الشعر بإضافة بعض القطرات من محلول الصابون أو المنظّفات. إذا لم تشكّل المياه فعلاً يشلّ الحشرات ويصيبها بالضرر، فإنها يمكن أن تساعد على تخفيف الضرر

اللاحق بهذه النباتات بطردها هذه الحشرات بعيداً عن النبات. تطرُد الحشرات عن نباتات المنزل وتُساق في مجاري الصرف الصحي. يمكن غسل الحشرات وأعشاشها بواسطة أنابيب المياه الموجّهة على النباتات. يكون تأثير المياه أكثر فاعلية ضدّ الحشرات غير طائرة، مثل المن، وديدان الملفوف، والعناكب الحمراء.

الصابون لمكافحة الحشرات

يقلّل الصابون أو المنظفات من التماسك السطحي للمياه، ويسمح لها بالانتشار بشكل سلِس على سطح الأوراق أو الحشرات مما يؤدي إلى تحسين فاعلية المياه كمبيد للحشرات. يعدّ الصابون والمنظفات كذلك من مبيدات للحشرات. تُعَدُّ منظفات أوعية المطبخ من المواد المبيدة للحشرات لكنها سامة للنباتات أيضاً. وعند معظم المنظمات المصدرة لشهادات الزراعة العضوية يعتبر الصابون فقط بين المنظفات كمبيدات عضوية.

جدول 1.11

الرش لمكافحة الحشرات بالوسائل العضوية

المياه	الكحول	الكبريت
صابون مبيدات	حشرات الأرض	الحليب
الأمونيا	محلول الملح	الكلس الأبيض
الزيوت المعدنية	النشاء	
النيم		

يجب الحرص على عدم استخدام أكثر من بضع قطرات من الصابون أو منظفات أدوات المطبخ لكل غالون من الماء، أي على الأكثر 20 نقطة (نحو 1 مل) كبداية، ينبغي تقييم سمية هذه المواد على النباتات باستخدامها على أجزاء من النبات قبل التطبيقات على نطاق واسع. قد يتجمّع محلول الصابون أو المنظفات على المناطق المقعرة من النباتات الأخرى، ويتركز عند تبخره إلى المستوى السام. النباتات ذات البشرة الرقيقة تعدّ أكثر حساسية من تلك التي لديها بشرة سميكة.

على سبيل المثال، فاصوليا الحديقة، والخيار، والبازلاء لديها حساسية عالية للصابون والمنظفات، بينما الطماطم والبطاطا تعد أقل حساسية، والنباتات الشمعية مثل الملفوف تتحمّل أكثر المرشّات. قد يستعمل سائل الصابون أو المنظفات كمبيدات الأعشاب إذا تمّ تركيز المواد فيه بشكل مرتفع.

الصابون المبيد للحشرات موجود في السوق. عموماً، تكون هذه الصوابين مصنوعة من الأحماض الدهنية الطبيعية. حيث إن صابون الحشرات المخفّف يمتاز بانخفاض سميته على النبات والثدييات، ويمكن استخدامه في الداخل أو في الهواء الطلق، ولا يترك بقاياه ذات آثار بيئية على المدى الطويل. يمكن رشّ النباتات بالصابون حتى موعد حصاد المنتجات. يكون الصابون أو المنظفات فعالاً ضد الحشرات اللينة، بما في ذلك المن (Aphids) وعث العنكبوت (Spider Mites)، واليرقانة (Caterpillars)، وحشرات نطاط الورق (Leafhoppers)، والذباب الأبيض (Whiteflies)، والبق المغبر (Mealybugs)، والبق الدانتيل (Lace Bugs). الصابون أقلّ فاعلية على الحشرات القرمزية والخنافس منه على الحشرات اللينة جسدياً. يمكن أن تُقتل الحشرات المفيدة كما الضارة بالصابون أو المنظفات. الفعالية من الصابون أو المنظفات تأتي من عملها على بشرة وخلايا أغشية الحشرات. الخلايا التي تلامس الصابون أو المنظفات ترشح، مما يؤدّي إلى جفاف وموت الحشرات.

المنظّفات هي مواد مصنّعة، وهي لا تعتبر من المواد العضوية. في الواقع، إضافة المنظفات إلى وسائط زراعة القدور كعوامل ترطيب يُحظَّر استخدام هذه الوسائط في الزراعة العضوية. ومن ثم، فمن غير المحتمل الحصول على شهادة العضوية لاستخدام المنظفات كمبيدات حشرية.

الأمونيا

الأمونيا المنزلية، التي ترغي أو لا ترغي هي مبيد حشري. الأمونيا سامة للحشرات والنباتات. ويجب تخفيف الأمونيا المنزلية بنسبة 4 أونصات للجالون

من الماء ليتم تطبيقها كرذاذ. وينبغي اختبار هذا الخليط على بضعة أوراق من النباتات المصابة قبل استخدامها على النباتات كلّها.

الزيوت المعدنية

يتمّ تطبيق الزيوت المعدنية العالِية المكرّرة كمستحلب (Emulsion) في المياه، وهي عناصر تحكّم كيميائية عضوية مقبولة. وهي تغلّف الحشرات وتخنقها. ليس من حشرة معروفة لمقاومة الزيوت. الزيوت تقتل البيض وهي فعالة جداً ضد الصدف التي تصعب مهاجمتها بالمبيدات الحشرية الأخرى. ومع ذلك، قد تجرح الزيوت أوراق الشجر. ينبغي أن تُستخدم الزيوت النائمة (Dormant Oil) على الشجيرات العارية أو الأشجار أو على بعض الصنوبريات، نظراً لأنها قد تعري أوراق الأشجار عريضة الأوراق أو الشجيرات. ومن المعروف أيضاً أن الزيوت النائمة هي كزيت الشعب (Volck's Oil). في بعض الأحيان يتمّ تسويق زيت مختلط مع الكبريت. يزيد الكبريت من فاعلية الزيت كمبيد للحشرات ويعطي أيضاً خصائص ضد فطريات للخليط. الزيت الصيفي أو الزيت الأبيض ألطف وأخف وزناً من الزيت النائم. يمكن استخدام الزيت الصيفي على الأشجار التي سقطت أوراقها على الشجيرات البرية ولكن ينبغي تقييمه لضمان عدم إضفاء أي تسمّم للنبات من طريق الرش.

الكحول

يتم تسويق كحول الحك (Rubbing Alcohol) باعتباره محلولاً مائعاً من الكحول الإيزوبروبيل (Isopropyl) بنسبة ٪70. يمكن أن تُزال الحشرات الصدفية عن النباتات بقطعة قماش أو كرة قطن مبلّلة بالكحول غير المخففة. يمكن مسح الحشرات مثل البقّ الدقيقي بالكحول غير المخفّفة بتطبيقها على القطن المثبّت على عودة. يمكن تحضير بخاخ الكحول من 8–16 أونصات من السائل المخفّف في ربع لتر من الماء، مثل هذا التخفيف جزء واحد من الكحول إلى 2–4 أجزاء من الماء من حيث الحجم. عند استخدام مناديل الكحول في أيّ من هذه الحالتين: الكحول غير المخففة بالمسح أو بخاخات الكحول المخفّفة،

ينبغي اتخاذ احتياطات كي لا تتضرر أوراق الشجر. وينبغي اختبار الكحول على منطقة صغيرة أو على بضعة أوراق قبل أن يتمّ التعامل مع النبات الكامل. وتستخدم الكحول ضدّ الآفات مثل المنّ، والحشرات الصدفية (Scales)، والذباب الأبيض.

التربة الدياتومية

التربة الدياتومية (Diatomaceous Earth) هي السليكا المشتقّة من الطحالب البحرية الأحفورية التي تسمّى الدياتومات. هذه الطحالب هي كائنات وحيدة الخليّة يحتوي غلافها الخارجي على السيليكا. التربة الدياتومية لها العديد من التطبيقات الصناعية والمنزلية، ومن استخداماتها الشائعة حالياً، التلميع ومرشحات حوض السباحة. ليس لهذه التربة كمبيد حشري، إمكانية الانتقاء ولها فعالية خاصة ضد الزواحف والحشرات رخوة الأجسام، واليرقات، والقواقع، والرخويات. وتكون جزيئات السيليكا مجهريّة تشبه الإبرة تخترق الجسيمات وتكشط طلاء الحشرات الشمعي (بشرة)، مما يسبّب لها فقدان الماء. تعتبر تربة دياتومات غير سامة للثدييات، ولكن إذا تمّ استنشاقها، يمكن أن تكون خطيرة جداً في تهييج الأغشية المخاطية. يجب ارتداء أقنعة الغبار بينما يجري التعامل معها. ويمكن استخدام غبار المواد حول قاعدة النباتات للسيطرة على الديدان والحشرات الجذرية التي تعيش في التربة. يمكن استخدام غبار هذه التربة أيضاً على الأوراق لمكافحة حشرات التي تقرض الأوراق (Chewing). يساعد استخدام ماء الندى أو الري على أوراق الشجر في الاحتفاظ بالتربة الدياتومية في النباتات. ويمكن تطبيقها كرذاذ في المياه بدلاً من الغبار. بضع قطرات من الصابون أو المنظفات ستحسن عمل الرذاذ كمرطّب.

محلول الملح

يمكن أن يكون ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) الذائب في الماء مبيداً فاعلاً ضد آفات الحشرات، مثل ديدان الملفوف والمن والعنكبوت والعث. تتمّ إبادة الحشرات بواسطة رذاذ الملح الذي يجفّف هذه الحشرات. وتتم إذابة الملح في غالون من الماء لتحضير الرذاذ. ينبغي أن لا تصيب كمية الملح في المحلول

النباتات بأذى خلال الرشّ، لذا يجب القيام باختبار على بعض أوراق النباتات قبل رشّ النباتات بالكامل.

النشاء

يتم رشّ النشاء من طريق الطلاء المطاطي لأوراق الشجر بحيث تحبس الحشرات في أماكنها [على الأوراق]، أو بطلاء المطاط على الحشرات بشكل مباشر. يمكن تحضير (2–4) ملاعق طعام من دقيق الخبز أو نشاء البطاطا، [أي المواد النشوية]، للغالون الواحد من الماء.

الكبريت

يمتاز الكبريت المعدني الذي يوجد في الطبيعة بخصائص فعاليته كمبيد للفطريات. يمكن رشّ الكبريت المطحون بشكل ناعم ومرطب. يعتبر الكبريت من المنتجات التجارية المتاحة بسهولة. يمكن تطبيق غبار الكبريت وكذلك رشّه. يتمّ تطبيق الكبريت في الأماكن المغلقة بتبخيره عن وحدات التسخين، ولكن تبقى سلامة وكفاءة هذه الممارسة موضع تساؤل. قد يضاف إلى الغبار الطين أو البودرة لتحسين خصائص الغبار للكبريت. ولكن لا يمكن استخدام هذه المواد الكبريتية المعدّة خصيصاً كغبار مفيدة كبودرة مرطبة [كطلاء]. يعدّ الكبريت مبيداً حشرياً غير انتقائي لكنه فعّال بشكل خاص ضد العثّ. كذلك يُعدّ الكبريت متوسط السّمية للثدييات والأسماك والحيوانات الأخرى. ينبغي ارتداء أقنعة وملابس واقية عند تطبيق الكبريت على النباتات. ويجب تجنّب استخدام الكبريت في الطقس الحار، حيث قد يتسبّب بتلف المحاصيل. كذلك يسبّب الكبريت تآكل المعدات المستخدمة في الرشّ بسبب إمكانية تأكسده وتفاعله مع الماء والأكسجين لتكوين حمض الكبريتيك.

الحليب

الحليب بكل أنواعه له خصائص المبيدات بسبب احتوائه على بروتيناته الخاصة (الغلوبولين (Globulins)) كل أنواع الحليب مفيدة في هذا المجال. وهو فعال ضدّ الحشرات الرخوة مثل ديدان الملفوف. وقد يكون للحليب كذلك بعض التأثير [السام] ضدّ الفطريات والفيروسات.

الكلس الأبيض

الكلس الأبيض هو ما يعرف بالجير (هيدروكسيد الكالسيوم) الذي يحضر على شكل الطين الأبيض الممزوج مع الماء. يتم تطبيقه كطلاء على جذوع الأشجار لحمايتها ضدّ الحشرات الحافزة (Boring Insects). عموماً، يجب ألّا يطبّق الجير على أوراق الشجر مباشرة، ما لم يتم إعداده كرذاذ مخفّف حتى لا يترك رواسب على النباتات. الكلس مبيد للفطريات ويوفر الحماية ضدّ أمراض النبات عندما يتمّ تطبيقه على النباتات. غالباً ما يتمّ تنظيف غرف وسراديب التخزين للتحكم في الأمراض التي تنمو على المواد المخزّنة.

النيكوتين

النيكوتين مشتق من التبغ ومبيد حشري قوي، ويعدّ من أكثر المبيدات الحشرية النباتية سميّة. وهو فاعل ضدّ معظم الحشرات. ويمكن تطبيقه على التربة أو على أوراق الشجر مباشرة. وعامل الرطوبة (الصابون أو المنظّفات) في الرذاذ يساعد على إطالة عمر الأوراق لأنه يشكّل غلافاً عازلاً لهذه الأوراق. الأدخنة التي تحتوي على النيكوتين فاعلة في السيطرة على الحشرات مثل المن والذباب الأبيض والتّربْس (Thrips) التي قد تكون على الجوانب السفلى من الأوراق حيث من المحتمل أن لا يصل الرش السائل إليها. يتبدّد النيكوتين بسرعة أيضاً لأنه يتبخّر بسرعة، ولكن يوصى باستخدام غبار النيكوتين فقط على النباتات الفتية لضمان عدم وجود مخلّفات سامة عند الحصاد. يمتاز رذاذ النيكوتين أو غباره أو ما يباع ككبريتات النيكوتين، بتأثير سمّي أقل من النيكوتين الخام على الثدييات. يجب على من يستعمل هذه المشتقات التحقّق من الملصق الموجود عليها كمبيدات والتأكّد إذا ما كان مسموحاً استخدام هذا النيكوتين. لا ينبغي للذي يطبّق هذا النوع من المبيدات أن يبقى في المنطقة التي يتم تطبيق النيكوتين فيها وخصوصاً في المناطق المغلقة. يعدّ النيكوتين أو الكبريتات النيكوتين التي هي صيغته كمبيد، شديد السمية، وينبغي تجنّب استخدامه في الحدائق المنزلية. ولا ينبغي أن يستخدم النيكوتين على الحيوانات الأليفة أو حيوانات المزرعة. يجب أن يكون النيكوتين الذي يُقطّر لإعداد الرذاذ خالياً من فيروس التبغ (Mosaic Virus)، ولكن، مرة أخرى، يجب على المستخدمين العودة إلى الوصفة لتحديد الآثار المترتبة على بعض المحاصيل، مثل الطماطم

والفلفل والباذنجان والبطاطا. غبار النيكوتين الذي يعد من سيقان وأوراق التبغ ومن شاي النيكوتين والشاي. ومن المحتمل أن يحتوي على فيروس التبغ. يتم إعداد الشاي النيكوتيني من تقطير مائي لمنتجات التبغ، على سبيل المثال، توضع علبة من السجائر أو السيجار في غالون من الماء.

تركيبات النيكوتين في الولايات المتحدة محصورة في المنتجات المستوردة، حيث لم يعد يسمح بتسجيله تجارياً لمكافحة الحشرات. يحظر استخدام كبريتات النيكوتين في الزراعة العضوية من قِبل وزارة الزراعة الأميركية (USDA) «البرنامج الوطني للعضوية».

النيم

يتمّ استخراج النيم (Neem) أو زيت النيم من بذور شجرة النيم Azadirachta) (Indica، وهو أمر شائع في أفريقيا والهند. يرتبط النيم بشجرة الأزدرخت (ميليا) أو التمر الأخرس (Melia Azadarach)، التي تنمو في جنوب الولايات المتحدة. الخُلاصات المستخرجة من البذور من النوعين لها خصائص مكافحة الحشرات. تمتلك هذه المستخلصات تأثيرات منفرة وهرمونية وسامة ضد طيف واسع من الحشرات في مراحل اليرقات أو البالغة منها. النباتات التي ترشّ بمستخلصات النيم غير مستساغة من الحشرات. يباع النيم تجارياً. وتمّ الإبلاغ بأن النيم له خصائص ضد الفطريات وكذلك خصائص المبيدات. يُعدّ النيم سُمّاً مخفّضاً على الثدييات. ويعرض تجارياً كبديل من كبريتات النيكوتين.

الليمونين

يتمّ تكرير الليمونين من زيوت الحمضيات التي تستخرج من قشور البرتقال والحمضيات الأخرى. يُعتبر آمناً بشكل عام من قِبَلِ إدارة الغذاء والدواء الأميركية، ويستخدم على نطاق واسع كمواد منكِّهة وروائح في الأطعمة ومستحضرات التجميل والعطور والصابون ومواد إزالة الدهون. لليمونين سمية منخفضة على الثدييات إذا أُخذ من طريق الفم أو الجلد، ويتبدّد بسرعة من على الأسطح دون ترك آثار متبقية. الليمونين هو سُمّ بالتماس المباشر مع الحشرات ولكن قد يكون نشاطه أيضاً بالتبخير. يستخدم الليمونين، كما هو شائع، ضد الآفات على الحيوانات الأليفة للسيطرة على البراغيث والقمل والقراد والعث.

ويتوفّر كمنتجات تجارية بصيغة رذاذ وغاز ودهان وشامبو. الليمونين له تأثير سام على الأعشاب الضارة لأنه يؤثر في بشرة النباتات ويؤدي إلى جفافها. لكن استخداماته ضدّ الحشرات على النباتات قد تكون محدودة بسبب هذه الخاصية. على الرغم من ذلك، فإن سمّيته النباتية منخفضة.

الرذاذ المحضّر من النباتات

تحتوي العديد من النباتات على مواد تُستخدم لإبادة الحشرات ويمكن استخراجها بواسطة الماء. يتم إعداد هذه المواد بتقطيع الأوراق في الخلّاط أو باليد، وتنقع هذه الأوراق المقطعة أو المطحونة في الماء خلال فترة الليل كلها. يُستخدَم عادة نحو كوب واحد من الأوراق الطازجة لكل كوب من الماء حيث تضاف الأوراق المقطعة أو المنقوعة. وتُصفّى التركيبة بواسطة القماش القطنيّ أو شاشة صنع الجبنة لخلق الرذاذ. يمكن التخلّص من اللّبّ أو استخدامه حول النباتات كمبيد حشري. تحتوي العديد من النباتات على مركّبات تُعَدّ مبيدات ضعيفة للحشرات. مثلاً، تحتوي أوراق الطماطم على تركيبة مماثلة للنيكوتين. تحتوي أوراق البصل والثوم واللّفت على مركّبات الكبريت المختلفة، كما تحتوي أوراق الراوند (Rhubarb) على حمض الأكساليك (Oxalic Acid). من النباتات الأخرى التي تحتوي على المركبات الكيميائية التي توفّر التحكم في الحشرات، فواكه الفلفل الحار، وأوراق الجوز وأوراق جوز الخروع، وبذور العايّق (Larkspur). إن معظم الرذاذ الذي يعد كما هو موضح من هذه القائمة من النباتات ذات سمية معتدلة. وكلّ هذه النباتات لديها مواد ذات آثار ضارة محتملة للثدييّات من خلال السم المباشر، وتهيّج الجلد، أو إثارة الحساسية.

الجدول 2.11

بعض الغبار المشتق من النباتات لمكافحة الحشرات

بيريثرين	ريانودين	كواسيه
الروتينون	سباديلّة	

الغبار (انظر الجدول 2.11)

يجوز تطبيق هذه المواد المشتقّة من النباتات، أو مبيدات الحشرات النباتية، كرذاذ حيث تكون معلقة في المياه، أو كغبار. هذه المبيدات هي مواد واسعة الطّيف، بمعنى أنّه لديها تأثيرات ضدّ الحشرات النافعة فضلاً عن الضارة منها. وكلّ منها له نشاط قصير الأجل على المحاصيل، ولكنها كلها تعدّ سامة على الثدييات. وينبغي توخي الحذر عند اختيار مبيدات الحشرات النباتية.

بيريثرين

بيريثرين (Pyrethrin)، ويسمّى أيضاً بيريثرينس أو بيريثروم، يأتي من واحدة أو أكثر من النباتات من جنس زهرة الأقحوان (Chrysanthemum)، وأقحوانات البيريثروم (Pyrethrum). هي مبيدات نباتية للحشرات، وهي متاحة كمسحوق من أزهار هذه النباتات أو مستخرجة من الزهور، ويشار إليها عموماً بيريثروم. بيريثروم هو الأكثر استخداماً من بين مبيدات الحشرات النباتية في الولايات المتحدة. من بين الأشكال المركبة صناعياً للبيريثرين هناك ما هو معروف باسم بيريثينويدس (Pyrethenoids) وهو من المكونات الموجودة في العديد من بخاخات رذاذ المنازل والحدائق وفي بعض المرشّات المعروفة باسم رذاذ الذبابة البيضاء. يصعق البيريثروم الطبيعي فقط الحشرات ويقتلها. الحشرات في كثير من الأحيان تستقلب البيريثروم وتعود للحياة. والمركبات الصناعية منه توضّب في علب معدّة للرش وتقوى بمركبات متفاعلة مثل بوتوكسيد البيبرونيل (Piperonyl Butoxide) الذي يقتل الحشرات أيضاً. وهذا المبيد له له تأثير على الجهاز العصبي للحشرات وله نسبة سمية منخفضة على الثدييات. ربما هو الأقل سمية بين المبيدات النباتية. وتباع التحضيرات التجارية من البيريثروم الطبيعي ممزوجة مع سائل غالباً ما يكون الروتينون (Rotenone) أو الصابون الذي يُعدّ عموماً مبيداً للحشرات. بيلا (Pyola) هو رذاذ مبيدات الحشرات واسع الطيف ومعدّ من البيريثروم وزيت الكانولا (Canola) ويُستخدم ضد الحشرات المكتملة واليرقات والبيض.

يُمكِنُ استخراج غبار البيريثروم في المنزل من زهور الأقحوان المجفّفة

الناضجة. ويمكن صنع محلوله عن طريق نقع أونصتين من الزهور المعبّأة في كوب من سائل الفرك الكحولي (70٪ الإيزوبروبيل). يمكن أن يخفّف السائل الكحولي المستخرج منها بواسطة الماء لصنع الرذاذ. كما يبدو أنّ البيريثرين يفقد بعض فاعليته على درجات الحرارة التي فوق 80 درجة فهرنهايت [30 درجة مئوية].

الروتينون

الروتينون منتج نباتي مكرّر من جذور نباتات آسيا المدارية ماليزيا ديريس(*) (Malaysian Derris)، وديريس النيابة (Derris Spp.) وأميركا الجنوبية كوبي بيرو (Peruvian Cubé) وتمبو البرازيلي (Brazilian Tembo)، وسنانية الثمر النيابة (Lonchocarpus Spp.) البقوليات. الروتينون هو مبيد واسع الطّيف ذو سمّية عالية لقمع الحشرات العلاكة (مثل الخنافس)، ولكنّ فعاليته تكون أقلّ عند الحشرات الماصّة (مثل المن) واليرقات والرخويات. الروتينون سام للجهاز التنفّسي يؤثر في سلسلة نقل الإلكترونات في الميتوكوندريا (Mitochondria). وهو سام جداً للثدييات والطيور والأسماك. استخدم «الهنود الحمر» الروتينون لتسميم الأسماك. وهو يدخل بسهولة في مجرى دم الأسماك من خلال الخياشيم، وتصعد الأسماك المسمّمة إلى السطح ويتم صيدها بسهولة. يمكن أن تُؤكل الأسماك بأمان لأنها لا تمتصّ الروتينون بسهولة عبر جهازها الهضمي. ويُستخدم الروتينون اليوم عادة في إدارة الأسماك للقضاء على الأسماك غير المرغوب فيها أو الأسماك الغريبة الآتية من المسطحات المائية غير الأصلية. وينبغي الحرص على عدم استخدام روتينون حيث يكون من المرجّح دخوله إلى البرك وغيرها من المسطحات المائية. تستمرّ آثار الروتينون في المحاصيل نحو أسبوع، لهذا ينبغي إجراء حصاد المواسم بعد أسبوع على الأقل من تطبيقات الروتينون. تحضيرات المساحيق التجارية هي 1 ٪ أو 5٪ روتينون وباقي هذه المواد غير سامة وهي التي تباع لتفادي السمية العالية. تكون المستحضرات المستخدمة تكون 1% كغبار عموماً، بينما تستعمل 5% منها كرذاذ. المستحضرات التي من المفترض أن تستخدم كرذاذ يجب أن تكون من المسحوق القابل للبلل وإلا قد يكون تذويب

(*) بصورة عامة هو نبات متسلق وتطلق هذه التسمية حتى على البقوليات المتسلقة (المراجع).

المسحوق لاستخدامه صعباً. الروتينون لديه صلاحية على الرفوف لمدة عام أو أقل، حيث من المحتمل أن تكون موادُهُ التي تخزّن أكثر من سنة غير فاعلة. ولذلك، ينبغي أن يتمّ شراء المواد الجديدة سنوياً، وعلى المزارع شراء ما يكفي من المواد للموسم الجاري فقط، ولتجنّب الخسارة بالتخلص من البقايا. يمكن أن تباع منتجات الروتينون، بالإضافة إلى تلك المواد التي تحتوي على مكون الروتينون فقط، على شكل مسحوق خلطة الروتينون وبيريثرين وريانودين(*) (Ryanodine). ويتوافر الروتينون كمسحوق بنسبة (1%) من غبار الروتينون المركّز مع (0.8%) تمزج مع الماء كرذاذ. يعدّ الروتينون مبيداً حشرياً اعلاً جداً واسع الطيف، ولكن بسبب سمّية هذا المبيد العالية ولأنّ بعض الأدلة تشير إلى أنه يسبّب تشوهات في النمو عند استخدامه على حيوانات التجارب، قد يرغب المزارع في اختيار المبيدات الحشرية العضوية الأخرى الأكثر أماناً للاستخدام. الروتينون أكثر سمّية على الثدييات إذا تمّ تنشّقه منه إذا تم هضمه. لذا ينبغي ارتداء ملابس واقية وأقنعةً واتّباع جميع التعليمات المكتوبة على ملصق هذه المادة.

استُخدم الروتينون للسيطرة على البراغيث والقمّل والعثّ ويرقات الحشرات التي تعيش على الماشية والحيوانات الأليفة والدواجن. سُمِحَ باستخدام الروتينون سابقاً في الزراعة العضوية ولكن تمّت إزالته من قائمة المواد المعتمدة من قبل «برنامج وزارة الزراعة العضوية الوطنية» نحو عام 2005 بسبب الأمور المتعلّقة بالسلامة، ويجري التخلّص التدريجي من استخدامه في الولايات المتحدة، ما عدا استخدامه كسمّ للأسماك.

ريانيا

بالعودة إلى نشرة المنتج للتأكد من الاستخدامات المسموح بها. من الصعب العثور على الريانيا في مخازن أدوات الحدائق والمزارع ولكنه متاح بطلبه بالبريد وبكتالوجات تُعرض فيها تجهيزات الحديقة. منتج الريانيا متوافّر لوحده أو على شكل مزيج مع بيريثروم والروتينون. ويمكن تطبيقه على شكل

(*) مادة تستخرج من جذور نبات ريانيا سبيسيوسا وتستخدم كمبيد للحشرات (المراجع).

رذاذ أو غبار. قد تكون هناك حاجة لتطبيقات متكررة على فترات ما يقرب من 10 إلى 14 يوماً لتوفير القدرة على التحكّم في الآفة لكامل موسم. ينبغي توقيف التطبيقات قبل عدة أسابيع من حصاد المنتجات. ريانيا فعّال في الطقس الحار وله صلاحية لعدة سنوات إذا تمّ حفظه في مكان بارد وجاف. وهو أكثر أماناً من الروتينون وسميته على الثدييات ومماثلة للبيريثروم على المستخدمين ارتداء الملابس الواقية والأقنعة عند استخدامه.

سباديلّة(*)

السباديلّة مادة مصنوعة من بذور الزنبقية المكسيكية (شونوكولون أوفيشينال) (Schoenocaulon Officinale)، وهو نبات مثل الزنبق، من فنزويلا. تحتوي هذه البذور على قلوبات سامّة غير موجودة في باقي أجزاء النبات. وهو مبيد واسع الطيف يوفّر الحماية ضد اليرقات والحشرات المكتملة. غبار السباديلّة هو الأكثر شيوعاً في الاستخدام، على الرغم من إمكانية رشّ مسحوقه بعد خلطه بالماء. ينبغي أن تكون تطبيقات السباديلّة على النباتات أسبوعياً لضمان السيطرة على الآفات. تساعد الرطوبة على أوراق النباتات هذه الغبارَ في التمسك بالنباتات. يتحلّل السباديلّة بسرعة في ضوء الشمس والرطوبة والهواء بحيث نضمن عدم بقائه في البيئة. ومع ذلك، فإنّ لديه صلاحية تخزين طويلة، تزيد إن تمّ حفظه في الظلام، وفي مكان جاف. السباديلّة منخفض السمية على الثدييات إذا هضم، ولكن ينبغي تطبيقها مع تجنّب استنشاق الغبار، لأنها يمكن أن تكون مزعجة للأغشية المخاطية. وتُعَدّ نبتة السباديلّة سامّة جداً للنحل المنتج للعسل. لذا يوصى باستخدامها في ساعات المساء بعد إرجاع النحل الى خلاياه.

الكواسية

الكواسية (Quassia) (نبات طبي)، تأتي من لحاء وخشب شجرة تعيش في أميركا الاستوائية كواسية أمارا (Quassia Amara) ذات الخشب الحامض.

(*) بذور نباتية تحوي مواد قلوانية دوائية (المراجع).

هذا النوع هو من نفس عائلة شجرة السماء الإيلنطس ألتيسيما (Ailanthus Altissima). يتم نشر نشارة هذا الخشب أو رقائق منه على التربة عند قاعدة النباتات لمكافحة الحشرات. يصنع مستخرج الكواسية بعد نقع الخشب المطحون بالماء الساخن ويبدو أن مستخرج كواسية أقل سمية من الخشب أو اللحاء المباشر. تباع الكواسية وتشترى كونها إحدى الأعشاب الطبية في بعض محلات الأغذية الطبيعية.

كلس الكبريت

يمكن تطبيق غبار أتربة كلس الكبريت بعد مزجها مع نسب متباينة من حمض الليمون (الكلس الزراعي، والكلس الحي، أو الكلس الرطب) والكبريت. يمكن أن تستخدم المكوّنات أيضاً بشكل فردي من دون الكلس الحي أو الرطب أكثر فاعلية من الكلس الزراعي وحده أو مع الكبريت نظراً للطبيعة الهلامية لهذه المواد وقابليتها للتفاعل. المواد الجافة منها لا تحرق أوراق الشجر. على المزارعين توخّي الحذر عند تطبيق هذه المواد على أوراق الشجر الرطبة. ويمكن استخدام الكلس الرطب المخلوط مع المياه لمكافحة الحشرات بوضعه على جذوع أو سيقان النباتات الخشبية.

المكافحة البيولوجية (انظر الجدول 3.11)

المكافحة البيولوجية في السياق المذكور هنا، يشير إلى الإدخال المتعمّد للطفيليات، والحشرات المفترسة، أو إدخال بعض الأمراض ضدّ الحشرات. تعزيز فاعلية الكائنات الصغيرة النافعة أو استخدام خصائص موجودة سابقاً في الطبيعة ستناقش ضمن موضوع المكافحة الطبيعية. إجراءات المكافحة البيولوجية أو الطبيعية تفضل في كثير من الأحيان على رشّ الغبار أو الرذاذ بالمواد الكيميائية. يزعزع رشّ المبيدات الحشرية واسعة نطاق التأثير، إن كانت عضوية أم غير ذلك، توازنَ الحشرات المفيدة بعلاقتها بفريستها. الرذاذات العضوية النباتية أو الغبار العضوي مبيدات حشريّة واسعة الطيف تقتل حيزاً واسعاً من الحشرات بما في ذلك الحشرات النافعة التي تعتبر فاعلة في المكافحة البيولوجية.

الجدول 3.11

العوامل البيولوجية بما في ذلك الحشرات المفترسة، والطفيليات، والأمراض للسيطرة على الحشرات

الحشرات المفترسة والطفيليات	
الخنافس	الزنابير الطفيلية
فرس النبي	العث والعناكب
أسد المن	الديدان الخيطية
أمراض الحشرات	
البكتيريا	الفطريات
البروتوزوا	

في بعض الحالات، تخرج الآفات التي تنجو من الرشّ عن السيطرة إذا تمّ قتل الكائنات الحيّة المفيدة. غالباً ما يحدث تفشّي الآفات بعد تطبيق مبيد حشري واسع النطاق، وذلك بسبب عدم وجود منافسة بين الآفات وأعدائها. استخدام المكافحة البيولوجية والمكافحة الطبيعية يساعد في الحفاظ على التوازن بين المفترس والفريسة، مثلاً بحيث تحدث زيادة في الكائنات الحية المفيدة عند ارتفاع أعداد الحشرات الضارة في المحيط لضمان السيطرة على الآفات المضرة.

يمكن للمزارعين استخدام الكائنات الصغيرة النافعة في المكافحة البيولوجية وتشمل: مختلف الحشرات والعث المفترس والديدان الخيطية والبكتيريا والفطريات، والبروتوزوا، والفيروسات. كتالوجات تجهيزات الحدائق تقدّم مجموعة واسعة من هذه الكائنات الصغيرة. وتبيع المختبرات الخاصة هذه الكائنات الصغيرة مباشرةً للعملاء. معظم هذه الكائنات الصغيرة المفيدة التي يتم شراؤها بحاجة إلى رعاية خاصة. ينبغي على المزارعين معرفة المزيد عن دورة الحياة لديها وأساليب التغذية لهذه الكائنات الحية الصغيرة. قد تموت الكائنات النافعة أو تغادر أرضَ المنطقة إذا لم يكن للكائنات الحية فريسة موجودة عند تطبيقها. لا تعيش العديد من الكائنات الحية خلال فصل الشتاء القارص لذا ينبغي تجديد العديد من الكائنات الحية سنوياً في المناخات الباردة. لا تتوافّر معظم هذه الكائنات الحية الصغيرة إلا بكمية محدودة من المختبرات الخاصة وبعضها غالي الثمن. على المزارع أن يكون على علم بأن

المكافحة البيولوجية قد لا تكون بالسرعة التي يرغبها، ويجب أن يتم تخفيف الإغراءات باستخدام الرذاذ والغبار.

أساليب المكافحة البيولوجية

الحشرات ضد الحشرات

الخنافس

تشمل هذه الحشرات عدة أنواع من الخنافس أو ما يشبهها إلى حدّ ما. أجسام هذه الحشرات تكون إما برتقالية ببقع سوداء أو سوداء مع بقع برتقالية، تتراوح بين اثنين إلى اثنتي عشرة بقعة تبعاً للأنواع. عموماً يتم تجميع الخنافس المعروضة للبيع من منطقة ريد-وود (Redwood) في كاليفورنيا، وهي برتقالية مع اثني عشرة بقعة سوداء. تستخدم الخنافس ضد البيض واليرقات والحشرات المكتملة ذات الأجسام الصغيرة اللينة، مثل المن وبعض العث والعنكبوت. الخنافس المكتملة ويرقاتها هي حشرات مفترسة نشطة. الخنافس فعّالة في مكافحة الحشرات الضارة التي تكون في الجهة السفلى من الأوراق والبراعم والجذوع الجديدة حيث يكون الرذاذ والغبار غير فعال بسبب صعوبة وصول هذه المبيدات الى تماس مع هذه الحشرات. استخدام الخنافس كمبيد يبقى أمراً مثيراً للجدل، ويرجع ذلك جزئياً بسبب صعوبة تجميعها ولكن أيضاً لأنه من الصعب حصر هذه الخنافس في الأرض المنوي معالجتها حيث تطلق [من دون أن تطال الحقول المجاورة]. وللخنافس ميل للتحليق بعيداً، وخصوصاً إذا لم تكن هناك فريسة متاحة لها لتناول الطعام عند إطلاقها. وبالتالي، تنصح التوصيات باستخدامها في بيوت الدفيئة [المحمية] فقط. قد يتمّ تخزين الخنافس النائمة في الثلاجة لمدة تقدّر بأسبوعين إذا كانت الظروف في الخارج لا تشجع على إطلاقها. بعض التجّار المحليين يعمدون إلى بيع الخنافس التي جرى كسر فترة نومها في ظروف المختبر، وتكون هذه الخنافس المكيفة أقل قدرة على الطيران عن تلك التي لم تكيف. يجب أن يكون طعام الخنافس المكيفة جاهزاً عند إطلاق سراحها للحفاظ عليها قريبة من المكان. بعض كتالوجات البيع تعرض البروتين كطعام للخنافس يتمّ رشه على أوراق الشجر تزامناً مع الإفراج عن الحشرات. يساعد هذا الطعم على إبقاء الخنافس أو الحشرات الأخرى المفرج عنها، مثل

أسد المن، في المكان المقصود. نحو 500 بقة (0.5) (Bugs باينت (Pint)) ستغطي نحو 1000 قدم مربع من الأرضي الخارجية أو أراضي بيوت الدفيئة.

فرس النبي

يأكل فرس النبي (Praying Mantids) الحشرات التي يمكن صيدها، كبيرة كانت أم صغيرة، بما في ذلك المن ونطاط الورق (Leafhoppers) والذباب والعناكب والديدان، وغيرها. يأكل فرس النبي الحشرات المفيدة والضارة أيضاً، لذلك تعدّ فعاليته في المكافحة البيولوجية منخفضة بسبب هذا الشيء. يتم شراء بيض فرس النبي عن طريق البريد. ستوفّر ثلاث علب ما يكفي من فرس النبي البالغ لتغطية 5000 قدم مربع من المساحة الخارجية. يعيش فرس النبي عادة ويتضاعف في نفس المكان ما يجعله مستمراً زمنياً. يتم شحن البيض عادة بين شهر تشرين الثاني/ نوفمبر وأيار/ مايو. يمكن للبيض الذي يتمّ شحنه بعد شهر أيار/ مايو أن يفقّس في البريد، وفي هذه الحالة يتغذّى فرس النبي على بعضه البعض.

أسد المن

أسد المن (لايسوينغ) (Lacewing) الأخضر هو من أفضل بين الحشرات النافعة للبيع. تكمن مشكلته في تفقيس بيضه خلال الشحن، ومعدل بقاء اليرقات على قيد الحياة المنخفض نسبياً. لدى الباقي من هذه اليرقات على قيد الحياة فعالية كبيرة في مكافحة الحشرات. تُستعمل أسد المن لمكافحة المن والبق المغبر والذباب الأبيض والعديد من بيض ويرقات الحشرات الأخرى. أسد المن المكتملة تعيش على الرحيق، لهذا لا تُستخدم لمكافحة الحشرات. قد تكون هناك حاجة إلى إطلاق عدة مجموعات من المكتملة أسد المن للحصول على مجموعات متكاثرة. يجب أن تكون كل مجموعة تطلق نحو 1000–5000 من البيض لكل 1000 قدم مربع من الأراضي الخارجية أو أراضي بيوت الدفيئة.

الدبابير الطفيلية

الدبابير صغيرة ويقدر مدى طيرانها بنحو 1116 بوصة أو أقل، وهي غير مؤذية للبشر. يأكل دبور الترايكو غراما (Trichogramma) الطفيلي بيض بعض

الدود (اليرقات)، مثل دودة الطماطم ودودة الملفوف الملتفة، ودودة الذرة (دودة فاكهة الطماطم؛ ودودة القطن)، وحفار الذرة، والعث. تتمثّل فاعلية الدبور بفاعلية يرقاته الطفيلية التي تتغذى من بيض اليرقات التي تدخلها. ينبغي إطلاق الدبابير بأعداد كبيرة في وقت واحد، أو على ثلاث دفعات خلال أسبوعين. تكون الدفعات من 5000 بيضة لكل شجرة فاكهة أو لكل 100 متر مربع كل أسبوعين. يباع البيض عبر البريد، ويتم شحنه في الوقت المناسب من السنة. ينبغي تجنّب تفقيس الدبابير خلال الشحن لأن هناك خسارة تتمثل بهروب الدبابير عندما يتم فتح الصناديق المشحونة بها. الصقر الرتيلاء الفورموزا (Formosa) هو دبور آخر مفيد لمكافحة الذباب الأبيض في بيوت الدفيئة. الصقر الرتيلاء فاعلة إذا تمّ إطلاقها عندما تكون أعداد الذباب الأبيض قليلة لأن هذه الدبابير لا تستطيع التغلب على الذباب الأبيض الموجود بأعداد أكبر من أعدادها. فاعلية الدبابير تكون أعلى في الأشهر التي يكون فيها الطقس حاراً مشمساً ودافئاً أكثر من أشهر الشتاء. من الصعب على الدبور مكافحة ذبابة البطاطا الحلوة. يجب إطلاق الدبابير على عدة دفعات للسيطرة على أي نوع من الذباب في بيوت الدفيئة. يتوافر الدبور في مختبرات تربية الحشرات وكتالوجات البيع. تنتمي بعض الدبابير الأخرى في البرية إلى مجموعة الدبابير مثل دبور دودة قرن (Hornworm) الطماطم.تكون الكتل البيضاء التي تُرى بيوض الدبور. اليرقات التي تفقس من هذا البيض تدخل في جسم دودة القرن. ينبغي على المزارعين السماح لهذه الطفيليات أن تأخذ مجراها الطبيعي بغية عدم إفشال دورة حياتها، على الرّغم من أن تطبيق هذا الشيء صعب جداً لأن دودة القرن تستمر في أكل [المحصول] مع وجود بيوض الدبور.

العث المفترس والعناكب

العث هو من العناكب وله ثمانية أرجل. العث المفترس هو أقل من 1 مم (1/ 25 إنشاً). فريسته أيضاً من العث ومن يرقات الحشرات والفطريات وبعض الحشرات الأخرى. قد لا يكون لدى العث قدرة السيطرة على الحشرات البالغة. يمكن استخدام العث المفترس للمساعدة في مكافحة الحشرات في بيوت الدفيئة أو في الحدائق والمزارع والكروم والبساتين. قد يكون العث المفترس موجوداً طبيعياً في البيئة. وقد يقتل الرشّ الفئات الموجودة في الطبيعة، مما يؤدي إلى انتشار الحشرات التي كانت تسيطر عليها الحشرات المفترسة. العث المفترس

متوافّر للبيع في مختبرات تربية الحشرات. ويتوافر العديد من الأجناس المفترسة. فصائل العث المفترس المعروفة هي عث العنكبوت الأحمر المفترس الأكاروسي (الفيتوسيولوس) (Phytoseiulus) (عث العنكبوت للسيطرة على حقول الفراولة وفي حدائق الدفيئة) وحشرة المن أو الذبابة البيضاء (Amblyseius) (تستخدم في بيوت الدفيئة) والعنكبوت الأصفر (Metaseiulus) (يستخدم في بساتين التوت). وينبغي أن تكون مجموع أعداد العث المطلقة من المختبرات بين 2000 و5000 عثة لكل 1000 قدم مربع من بيوت الدفيئة أو 100 إلى 1000 عثّة لكل شجرة فاكهة في الحدائق. ينبغي إطلاق أعداد أكبر من المذكور من هذه الحشرات للسيطرة على تفشّي الحشرات خلال الموسم الجاري. ويمكن إطلاق أقل عدد من العث، إذا كان المقصود تنمية فصيلتها في البيئة.

العناكب لها ثمانية أرجل، وهي أكبر عموماً من العث. العناكب تأخذ عدة ألوان وأشكال وأحجام مختلفة. وتشكّل الحشرات وجباتها الرئيسية. تحبس الحشرات عادة في شبكات العناكب؛ والعناكب الكبيرة والسريعة بما فيه الكفاية لملاحقة فرائسها قليلة الوجود. معظم العناكب غير سامة للبشر. العناكب السوداء والبنّية هي العناكب المعروفة التي تكون سامة للبشر. الامتناع عن الرشّ بالمبيدات الحشرية هو السبيل الأفضل المشجع للعناكب حتى تنتشر في الحديقة.

الديدان الخيطية المفيدة

الديدان المسبّبة للأمراض هي حشرات مجهرية وترتبط بها أمراض النباتات الطفيلية في أغلب الأحيان (ديدان عقدة الجذر الأسطوانية، على سبيل المثال). الديدان الخيطية النافعة هي كائنات طفيلية كبيرة تهاجم مراحل نمو اليرقات التي توجد في التربة، مثل الخنفساء اليابانية (Japanese Beetle Grubs)، ودودة الجيش (Army Worm)، ويرقة جذر الكرنب (Cabbage Root Maggot)، والدودة القارضة (Cutworm)، وسوسة الجذر (Root Weevil). تعيش يرقات هذه الطفيلات إما داخل التربة أو تزحف على سطحها مما يوفر لها اتصالاً مع الديدان الخيطية المفيدة، التي توجد أيضاً إما داخل التربة أو على سطحها. أنواع الديدان الخيطية المفيدة المتطفلة هي ستينيرنيما كاربوكابساي (Steinernema Carpocapsae) وهيتيرورهابدتيس هليوتيديس

(Heterorhabditis Heliothidis). تتنقل الديدان الخيطيّة المفيدة بسرعة في التربة. لأنها تقوم بالبحث عن الحشرات التي تستضيفها، ولكنّ حركتها محدودة في التربة الزراعية غير المحروثة. تدخل الديدان الخيطية في فتحات مثل فم اليرقات داخل اليرقات تفرز الديدان بكتيريا (Xenorhabdus) فتقتلها. وتأكل الديدان الخيطية قسماً من اليرقات الميتة ثم تتركها وتذهب لليرقات الأخرى الحية. لدى الديدان الخيطية بشرة واقية لذا يمكنها البقاء على قيد الحياة لمدة عام داخل التربة إذا كانت رطوبة ودرجة حرارة التربة ملائمة لبقائها. تزيد فعالية الديدان الخيطية في التربة الدافئة والرطبة. الهواء الطلق يحدّ من فعاليتها في مكافحة الحشرات. في فصل الشتاء، تحفر الديدان الخيطية في التربة وتنام في سبات عميق. في فصل الربيع، تقترب من السطح، ولكن تكون حركتها داخل التربة أبطأ من باقي الحشرات. لمكافحة الحشرات مبكراً في الربيع بواسطة الديدان الخيطية، يجب على المزارعين إعادة هذه الديدان إلى التربة أو استخدام وسائل أخرى لمراقبتها حتى تستعيد فعاليتها مرة أخرى.

الحشرات المفترسة الأخرى

هناك العديد من الحشرات المفترسة الأخرى المستخدمة في المكافحة البيولوجية للحشرات. بعض المفترسات والطفيليات التي لم تُناقش هنا هي كما يلي: (حشرات السيطرة موضوعة بين قوسين) البراغيث وطفيليات المن، بقة الجندي (Soldier Bug) (يرقات خنفساء الفول، وخنفساء البطاطا، والذبابة المنشارية، وبقة الجيش، ويرقات الخيمة، واليرقات الأخرى)، والبق و(مختلف يرقات الحشرات والبيض)، يرقة المفترس (بقة شاحب) والخنافس المفترسة الصدفية.

أمراض الحشرات

تتوافر العديد من المبيدات الميكروبية لمكافحة الحشرات. هذه المبيدات لها خاصية عالية في اختيار الحشرة المضيفة، ويجب على المستخدمين أن يكون لديهم معرفة كبيرة بالمبيدات والحشرات المستهدفة. الكائنات الحية الدقيقة التي تعمل على تأمين السيطرة هي انتقائية في أنواع ومراحل نمو الحشرات [المستهدفة].

البكتيريا الثورنجية

هو ربما من المبيدات المكروبية الأكثر استخداماً، Bt هو الاسم الشائع له. وهو مختصّ بمكافحة اليرقات، مثل دودة الملفوف [الملتفة] (Cabbage Looper)، ويرقات العث الغجرية (Gypsy Moth Larvae)، دودة التفاح (Codling Moth Larvae)، ودودة الطماطم القرنية (Tomato Hornworm)، ودودة براعم شجرة التنوب [البيسية] (Spruce Budworm)، ودودة براعم الطماطم (Tomato Budworm)، وحفار الذرة (Corn Borer)، ويرقات العث (Larvae)، والفراشات الأخرى. بعض الحشرات الضارة، مثل الرخويات، لا تتأثر بها. وقد عرفت عدة أنواع من بكتيريا Bt. ب. ت. كورستاكي (B. t. kurstaki) هو مبيد شائع جداً يستخدم لحشرات متنوعة، ويسمّى في بعض الأحيان ب Btk. يطبق Btk مباشرةً على أوراق النباتات. وهناك أصناف أخرى مثل ب. ت. إيسرائلينسيس (B. t. israelensis) (Bti)، الذي يتم استخدامه لمكافحة البعوض والذباب الأسود ولمواجهة الناموس والفطريات. يتم تطبيق Bti ب. ت. سان دييغو (Bt. Sandiego) على المياه الراكدة أو من خلال سقي التربة. تتوافر قوالب عائمة من Bti يتم تسويقها للسيطرة على مختلف الخنافس التي تأكل أوراق النبات، حيث يتم تطبيقها مباشرة على أوراق الشجر. كل هذه الأصناف تباع تحت أسماء تجارية عديدة، ويجب على المستخدم أن يكون مطلعاً على كيفية استخدامها بعد قراءة كل التعليمات المرافقة للمنتج قبل شرائها، وأن يكون مطلعاً على كل العلامات التجارية. يدوم بكتيريا ب.ت. لمدة ما بين 1 إلى 4 أيام بعد الرش ويجب أن تعاد عملية رشه لضمان المكافحة لمدة أطول بعض الأنواع تنتج على شكل حبوب للسيطرة طويلة المدى. ينتج الـ «Bt» مادة سامة بلورية بروتينية تسمّم مختلف اليرقات. بعد أن يتم تطبيق Bt على النباتات، تبلعه اليرقات لأنها تتغذّى على أوراق النباتات، وسرعان ما تتوقّف اليرقات عن الغذاء بعد ابتلاع المبيدات على الرغم من أنها قد تعيش لعدة أيام أخرى. في نهاية المطاف تموت اليرقات وتسقط في أرض البستان، وصباغ الـ «Bt» موجود أيضاً في حبيبات وغبار المُبيد، ومساحيق قابلة للبلل وسوائل مركزة. الأشكال الجافة من Bt لديها صلاحية لعدة سنوات إذا كانت أماكن تخزينها باردة ومظلمة وجافة. أما فترة حفظ السائل المركّز قبل البيع فهي سنة واحدة. التحضيرات المختلفة لمكافحة الحشرات يجب أن تستخدم في غضون أيام قليلة. وتستخدم

منشّطات الشهيّة التجارية المتاحة لتشجيع اليرقات على أكل المزيد من أوراق النباتات وبالتالي تستهلك اليرقة «Bt» أكثر. ولكن هذه المنشطات قد تؤدي إلى مزيد من الأضرار على الأوراق قبل الإصابة الجارية أو التالية لليرقات. وقد تمّ توثيق عدد قليل من الحالات المؤكدة لفعالية الـ «Bt».

مرض بوغ البني

بكتيريا البوبيليا (Bacillus popilliae) وبكتيريا لينتيموربوس (Lentimorbus) هما من المبيدات البكتيرية المستخدمة في السيطرة على اليرقات الموجودة في التربة ليرقات الخنافس اليابانية وخنافس حزيران/ يونيو. هذه اليرقات تتغذى على جذور العشب وتعتبر غذاءً لحيوانات الخلد وعندما تحفر في التربة وتأكل جذور العشب، تبتلع اليرقات بذور جراثيم الـ "Bacillus" البكتيرية. تتكاثر البكتيريا وتملء اليرقات بمركز وتقضي على اليرقات وتبقى البكتيريا على قيد الحياة بعد أن تموت اليرقات في التربة. ديدان الأرض لا تتضرّر من المركز الحليبي للبكتيريا. والمركز الحليبي للبكتيريا متاح كغبار أو كمسحوق حبيبي على حد سواء، ويجب أن يكون تطبيق أي منهما على أرض غير متجلدة. يتم تطبيق غبار البكتيريا بمعدل ملعقة لكل 3 الى 5 أقدام كما ينشر النوع الحبيبي في جميع أنحاء الحديقة. وقد تكون السيطرة دائمة. في المناخات الحارة، تتكاثر كائنات البكتيريا وتتغذّى على الأوساخ ويساعد الحفر في الأوساخ على تلطيخ التربة. قد يلزم تطبيقات سنوية للبكتيريا في مناخات الشمال [الباردة]. الخنافس المكتملة لا تخضع للسيطرة، وتقتصر السيطرة على اليرقات على المناطق المعالجة.

الفطريات

يمكن السيطرة على الحشرات التي تقضي جزءاً من حياتها في التربة باستعمال فطر بوفاريا بسيانا (Beauvaria Bassiana)، الذي ينمو بشكل طبيعي في التربة. هذا الكائن الحي يقتل حشرات قليلة كل سنة في معظم الحدائق والحقول. لا تقتصر السيطرة على الحشرات الموجودة في التربة. بعض الحشرات التي تتأثر بهذه الفطريات هي: خنافس البطاطا في كولورادو، والتّربْس، والذبابة البيضاء، والبق الدقيقي والحنادب. وتتكاثر الفطريات كرد فعل لتفشّي انتشار الحشرات الضارة، ولكن غالباً ما يكون الضرر الذي تتسبب به الحشرات شديداً قبل تكاثر

الفطريات الموجودة محلياً. ولا تتوافر منه منتجات تجارية في الولايات المتحدة الآن. هذه المواد هي بيوض بذرية يتمّ رشها على المحاصيل. فطريات الكبكوبية (الفرتيسيليوم) ليكاني (Verticillium Lecanii) وهي من عوامل المكافحة الحيوية المستخدمة في أوروبا ضد الحشرات والعناكب، والبق المغبّر في بيوت الدفيئة. وإحدى الفطريات الممرضة هي قيد البحث حالياً للاستخدام في الولايات المتحدة. وحتى توافّر هذه الكائنات الدقيقة تجارياً، ينبغي تشجيع المزارعين على استخدام الفطريات الطبيعية في الحدائق بالحد من استخدام المبيدات الفطرية.

البروتوزوا(*)

البروتوزوا (Protozoa) هي كائنات دقيقة حية ذات خلية آحادية، تصنّف على أنها حيوانات في علم التصنيف الذي يقسّم الكائنات الحية إلى حيوان ونبات. طفيليات مسقمة(**) الجندب (نوسيما) (Nosema Locustae) تصيب الجنادب وصراصير الليل. عند بلعها، وعادة بواسطة طعم، تتكاثر في أحشاء الحشرات وتقتلها ببطء أو تجعلها مريضة جداً وغير نشطة. تصاب الأجيال المتعاقبة من الجنادب من الجيل السابق المصاب. السيطرة على الحشرات المصابة عادةً بطيئة، وأحياناً قد تتطلّب ساعات فقط، ولكن الأكثر شيوعاً هي تلك التي تتطلّب أياماً أو أسابيع. ومن محددات استخدام مسقمة الجندب هي أن الجنادب من الحشرات المتنقلة، لذا قد يرحل البالغ غير المصاب منها من المناطق التي تعالج إلى المناطق غير المعالجة. لهذا تكون السيطرة غير واضحة. هذا المنتج غير مكلف لذا يمكن بواسطته علاج مناطق كبيرة بشكل اقتصادي، ولكن قد يلزم الأمر جهداً مجتمعاً لضمان سيطرة فعالة. تطبيق هذا المنتج عدة مرات على المحاصيل أمر ضروري على الأرجح. هذا المنتج الميكروبي موجود تحت علامة تجارية مسجلة ومتوافرة تجارياً لمراقبة الجنادب في المراعي.

(*) الأوليات أو الحيوانات الأولية أو الأوالي (المراجع).

(**) جنس من الحيوانات الأولية أو الأوالي تعتبر من شعبة الفطريات البويغية (المراجع).

السيطرة المعرفية [الثقافية المجتمعية]

السيطرة الثقافية المجتمعية تنطوي على الممارسات التي يقوم بها المزارعون أثناء إنتاج المحاصيل لحماية النباتات من الحشرات (الجدول 4.11). تشمل هذه الممارسات أي شيء يمكن القيام به لتطوير الزراعة الصحية، جنباً إلى جنب مع استخدام الحواجز والأفخاخ والتوقيت والمكان المناسب لزراعة المحاصيل، وغيرها من الإجراءات التي تُجنّب أو تعيق نمو الحشرات. وتنقسم الممارسات في هذا القسم، بين تلك التي تنطوي على إدارة المحاصيل وتلك التي تنطوي على العناصر المادية.

الجدول 4.11

الإجراءات الثقافية المجتمعية للسيطرة على الحشرات

إدارة المحاصيل		
الصرف الصحي	التوقيت	مداورة المحاصيل
الحرث	تشكيلة المحاصيل	
الضوابط المادية		
الحواجز		
الأغطية المصفوفة	الرسم	
الأقراص والأطواق	الخنادق	بخ النباتات
الأفخاخ		
القواد اللاصقة	رش المياه	النشارة
البيوت البلاستيكية	الخنادق	الأضواء
المكافحة اليدوية		
التنقية اليدوية	الشفط	التشذيب
الغسيل		
متفرقات		
أصناف مقاومة للحشرات	تغذية النباتات	

إدارة المحاصيل

العناية الصحية

قد تعيش الحشرات، مثل سوس البازلاء، وخنافس الخيار والبق والعث، في مخلّفات المحاصيل والقمامة التي تم تركها في جميع أنحاء المناطق التي تمّ جمع محاصيلها. لذا يجب تقليب وطمر هذه المخلّفات بالتربة أو نقلها من خارج المكان. ويجب أن يبقى الموقع نظيفاً من هذا البقايا. يجب أن تكون المساحة المحصودة خاليةً من السلال القديمة والحقائب ومخلفات المحاصيل والفواكه والخضروات المتساقطة وغير ذلك من القمامة. ينبغي سحب النباتات التي فيها تفشٍّ كبير للحشرات، والتخلّص منها.

الحرث

يساعد الحرث على كسر دورة حياة الحشرات. لا يجوز أن تكون الحشرات التي ولدت في مخلّفات المحاصيل قادرةً على البقاء على قيد الحياة في المخلّفات التي تمّ طمرها في الأرض. يدمّر الحرث أيضاً بقايا المحاصيل مادياً ويدمر الملاجئ التي تقيم بها الحشرات في التربة. الحرث لإعداد مواقع الشتلات عمليّة تزعج الحشرات في مرحلتها الأكثر ضعفاً، حيث تتعرّض اليرقات والحشرات المكتملة إلى مناخ وعوامل طبيعية قاسية، حيث إنها قد تتجمّد أو تسخن أو تجف أو تأكلها الطيور. قد تفصل الحراثة الحشرات عن مصادر غذائها بتدمير وتوزيع البقايا في التربة. يقضي الحرث على الأعشاب الضارة حيث تعيش الحشرات قبل الغرس. يساعد الحرث بعد الحصاد في لقضاء على حفار الذرة وسوس البازلاء وبق الكوسى والحشرات الأخرى التي تعيش في مخلفات المحاصيل. الحرث بواسطة المحراث القلّاب يدفن الحشرات بعمق في الأرض. الحراثة الدوارة هي الأكثر تدميراً للمخلّفات العضوية ولكنها تحقق تدميراً سطحياً فقط. استخدام الأدوات اليدوية هو ألطف بكثير على الحشرات والبقايا من استخدام الأدوات التي تعمل بالطاقة. الزراعة من دون حراثة لا تقدّم أية فوائد في السيطرة على الحشرات التي تتأتى من خلال الحرث. ومع ذلك، تقليل الحراثة يؤدّي إلى تكاثر الكائنات والحشرات داخل التربة، بما في ذلك الحشرات المفترسة، وديدان الأرض.

قد تظهر الحشرات التي تعيش في التربة في الأرض المحروثة قبل الأرض غير المحروثة، لأن الحرث يدفئ الأرض بشكلٍ أسرع. توقيت الغرس في ما يتعلق بظهور الحشرات هو المهم. يمكن أن يؤديّ الظهور المبكّر للحشرات في المساحة المزروعة حديثاً إلى خسائر فادحة في المحاصيل، في حين أن الظهور المبكّر للحشرات قبل غرس المحصول قد يجبر الآفات على ترك المكان أو الموت جوعاً.

التوقيت

توقيت الغرس والحصاد يمكن أن يكون فاعلاً في تجنّب الضرر من الحشرات. غرس المحاصيل المبكر قد يجنب تفشي الحشرات التي قد تأتي بعد أن ينمو المحصول إلى حجم مقدرة ما يخفف من الأضرار التي تصيب المحاصيل التي يتأخر غرسها. الغرس المبكر للبصل يجعله أكثر قدرة على مقاومة يرقة البصل من النباتات الفتية. وتظهر يرقة البصل لأول مرة في الوقت الذي تزهر فيه الهندباء، ونبات الكوسى الكبير لديه مقاومة أكبر ضد حفار الشتلات أكثر من الشتلات الصغيرة عندما يظهر الحفار.

مع ذلك، قد يكون التأخير في غرس المحصول مفيداً لمنع تعرّضه للحشرات. تعتبر اليرقات آفةً خطيرة على نباتات البراسيكا (الملفوف أو الكرنب) (Brassicas) في الشمال. الملفوف وغيره من نبات البراسيكا المزروعة بعد أن يكون الذباب البياض قد أتى وذهب- أي في أوائل شهر حزيران/ يونيو- لن تصاب. إذا كان التوقيت في حزيران/ يونيو لا يسمح بزراعتها، يمكن غرس هذه المحاصيل في أوائل شهر تموز/ يوليو لموسم الخريف من يحميها بالتأكيد من الديدان. غرس الفجل تكون قبل 1 نيسان/ أبريل أو 1 أيار/ مايو لتجنّب الإصابة بالديدان. يحدّد الجدول الزمني للتواريخ التي لا يطير فيها الذباب لتحديد موعد زراعة القمح في السهول الكبرى لحمايته من الذباب. ويمكن استخدام درجة الحرارة اليومية (الوقت التراكمي فوق درجة حرارة معيّنة مثل 50 F°) لجدولة الزراعة والحصاد، أو في تدابير الرقابة. الإشارات النباتية لتغير الطقس، مثل إزهار الأشجار، والشجيرات، والأعشاب الضارة هي العلامة لبدء ظهور الحشرات، ويمكن الرّبط بين ظهور هذه الحشرات وتوقيت الغرس، والحصاد

وتدابير السيطرة. يساهم زرع البذور، خاصة بذور الفول والذرة في التربة الدافئة في إنباتها بشكل سريع، ويساعد على منع تدميرها من قِبل ديدان البذور.

مداورة المحاصيل

يمكن أن يكون تناوب المحاصيل وسيلة فاعلة لمكافحة الحشرات. غالباً ما تكون الحشرات متخصصة في المحصول المستهدف، وتبدّل المحاصيل يتسبب بموت بعض الحشرات أو يحدّ من أعدادها بسبب الجوع. قد تظهر مشاكل عندما تهاجم بعض أنواع الحشرات طيفاً واسعاً من النباتات. يشكل برغوث الخنافس مشاكل للطماطم والبطاطا. ودودة فاكهة الطماطم، ودودة برعم الطماطم، ودودة أذن الذرة، ودودة القطن كلها نفس الحشرة، ولكن تعرف بأسماء مختلفة تبعاً لعضو النبات المصاب أو نوع النبات. تناوب المحاصيل يصبح معقداً إذا كانت مجموعة النباتات المزروعة كبيرةً ومتنوعةً ومزروعةً في مساحة محدودة مثل الحديقة المنزلية. يجب أن يكون البستاني على دراية تامة بتصنيف المحاصيل والحشرات. أيضاً كذلك يجب إيلاء الاعتبار للأمور المانعة أو التأثيرات الأخرى التي تحدّ من نمو المحاصيل اللاحقة من مخلفات المحاصيل. في معظم الحالات، تكون التأثيرات محدودة على نمو المحاصيل من الآثار المانعة. ويتمّ التغلّب بالتسميد على الآثار التي قد تسببها المخلفات الخشنة ذات النيتروجين القليل.

تركيبات النباتات المتنوعة

استخدام تركيبات النباتات في الزراعة العضوية يعرف بالزرع مع الرفيق. إن مفهوم السيطرة على الآفات في الزرع الرفيق هو أن المجموعة المتنوّعة من النباتات تقلّل من مشاكل الحشرات مقارنة بتلك التي تكون في مجموعة نباتات من نوع واحد فقط. يمكن التعبير بعدة طرق عن العلاقة بين النباتات والحشرات المتنوّعة في طرائق الورع المختلفة. إن فكرة أن الزرع المتنوّع يزعزع ويحبط الحشرات لم يدعم بعد بالإثبات. غالباً ما يتدنّى مردود محاصيل المزروعات الفردية في المزروعات عندما تناوبت المحاصيل فيها بين اثنين أو أكثر من النباتات في صفوف أو تلال مقارنة بالزراعات غير المتداخلة، ومع ذلك لا تظهر فيها أية أدلة على مكافحة الآفات. لكن، بعض النباتات تعمل كعناصر جلب للحشرات المفيدة إلى الحديقة. ويمكن زرع هذه النباتات متباعدة بين

بعضها أو تزرع على أطراف الحديقة كي لا تتداخل مع التباعد العادي لنباتات المحصول. مثلاً نباتات من عائلة الجزر وعائلة زهرة النجمة وعائلة النعناع قد تجذب الحشرات المفيدة إلى الحديقة.

يمكن استخدام نباتات أخرى (راجع الجزء الموجود بعنوان «النباتات المستخدمة كفخّ») لإبعاد الحشرات عن الحديقة إلى حيث يمكن أن تدمّر. يشير بعض المزارعين إلى استخدام نبات الباذنجانية (السولاناسيوس) (Solanaceous) (من عائلة الباذنجان) لجذب خنفساء بطاطا كولورادو بعيداً عن المحاصيل؛ وآخرون يشيرون إلى الذرة لجذب دودة الأذن في الذرة بعيداً عن الطماطم (دودة لفاكهة الطماطم هي نفس دودة البراعم). ممارسة استخدام النباتات لإبعاد الحشرات عن الحديقة أو الحقل لم تُختبَر بعد نسبياً، والتجارب الكثيرة من جانب المزارع قد تكون مطلوبة. كذلك، فإن الأدلة العلمية المدعومة في استخدام النباتات لإبعاد الحشرات ما زالت قليلة. والآثار المفيدة للقطّيفة تنسب إلى دور جذورها في السيطرة على الديدان الخيطية الموجودة في التربة. ربما لا عمل للقطيفة في مكافحة الحشرات فوق الأرض. ربما لا يكون للبصل والثوم، التي تملك مركبات مبيدات الحشرات في أنسجتها، أي تأثير في ردع الحشرات القريبة من هذه النباتات. الآثار المفيدة في مواجهة الأمراض غير التي تقدّمها معامل السيطرة على الحشرات هي ما يتعلق بالزرع مع الرفيق.

المكافحة المادية

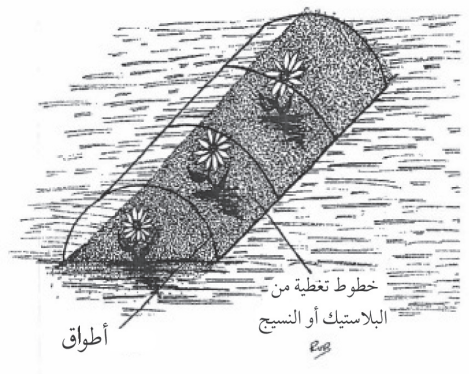
تعتمد التدابير السيطرة هنا على الحواجز والأفخاخ لإبقاء الحشرات بعيداً عن المحاصيل. سيتم سرد بعض الطرق هنا، ويمكن للمزارعين أن يكونوا قادرين على توسيع هذه القائمة.

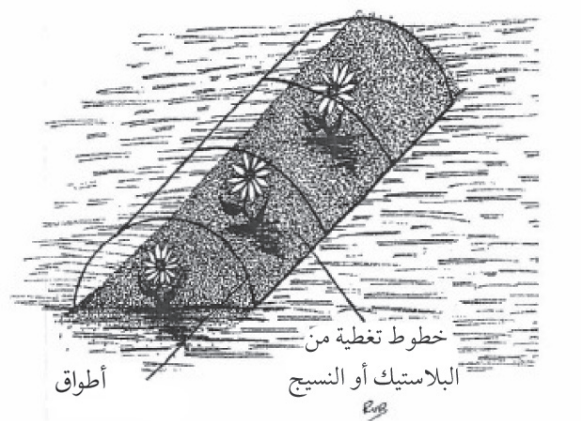
الحواجز

تساعد الحواجز في إبقاء الحشرات بعيدة عن النباتات. ويجب أن تكون الحواجز في المكان قبل وصول الحشرات إلى المحاصيل، وإلا، يجب توظيف تدابير السيطرة على المحصول مباشرة بعض الحواجز للسيطرة على الحشرات متضمنة في ما يلي.

تغطية الصفوف

توفر تغطية الصفوف (Row Covers) (الشكل 1.11) التي يتمّ وضعها على المحاصيل الحماية من الجليد. كما توفر أيضاً الحواجز ضد الحشرات التي تطير أو تزحف نحوها .وتقدّم حماية ضدّ الحشرات والخنافس المختلفة، مثل الديدان واليرقات. لكنها لا توفّر الحماية من الحشرات الموجودة في التربة وبعض المهاد قد تكون ضرورية لذلك. يؤمّن البلاستيك البولي إثيلين الشفاف الهدف المزدوج فيعطي أفضل تدفئة بين أغطية الصفوف. يجب أن يُحمَل البولي إثيلين بأطواق وعوارض كي لا تُسحق النباتات، ويجب أن تكون التهوية فيها جيدةً لتجنّب درجات الحرارة المرتفعة جداً في الأيام الحارة .عادةً ما يتم إزالة الغطاء البلاستيكي من فوق الخطوط بعد مرور خطر الجليد، وعندما تكون درجات الحرارة في النهار خارج البلاستيك مرتفعة، وذلك لتفادي خطر الإفراط في التدفئة تحت البلاستيك .أغطية الصفوف الحرة مصنوعة من النسيج، مثل نسيج البوليستر (Polyester) ونسيج البولي بروبلين (Polypropylene). وهذا النسيج خفيف الوزن لا يحتاج لدعائم فوق النباتات. تدخل المياه من خلال النسيج حيث يمكن أن تصل مياه الأمطار والري إلى المحاصيل. على الرغم من استخدام أغطية الصفوف العائمة لتمديد مواسم النمو في الربيع أو الخريف، إلا أنها توفّر أيضاً حماية جيدة ضدّ الحشرات. وتوفّر الأغطية العائمة تهويةً جيدة حول المحاصيل، ولكن الحماية من الجليد قد لا تكون جيدة كتلك التي توفرها أغطية البولي إثيلين.





الشكل 1.11 وضع الأغطية فوق صفوف المحاصيل

مكافحة الأعشاب الضارة أمر ضروري تحت أغطية الصفوف، وربما يجب أن تزال هذه الأغطية لهذا الغرض، إلا إذا وضعت المهاد للسيطرة على الأعشاب، مثل البلاستيك الأسود، في مكانها على الأرض قبل وضع الأغطية. ولا بد من رفع الأغطية عندما تزهر النباتات لتسهيل اللقاح مع النباتات خارج الأغطية. يمكن تنظيف أغطية القماش بالغسيل، واستخدامها مرة أخرى لتوفير الكثير من الأموال إذا لم تتدمر كثيراً. ويمكن رقع الثقوب بشريط لاصق بالخياطة. أغطية نسيج البوليستر المربوطة بالخيوط رخيصة بما فيه الكفاية، بحيث إن إعادة التدوير لا تمارس عموماً. من المواد الأخرى التي تغلّف الأغطية الواقية ضد الحشرات، القماش القطني المستعمل لتصفية الأجبان وقماش الظّلّ (Shade Cloth)، وأقفاص السلك، وشبكة الأسلاك المعدنية أو البلاستيكية، وقبعات الحرارة (Hotcaps).

المهاد

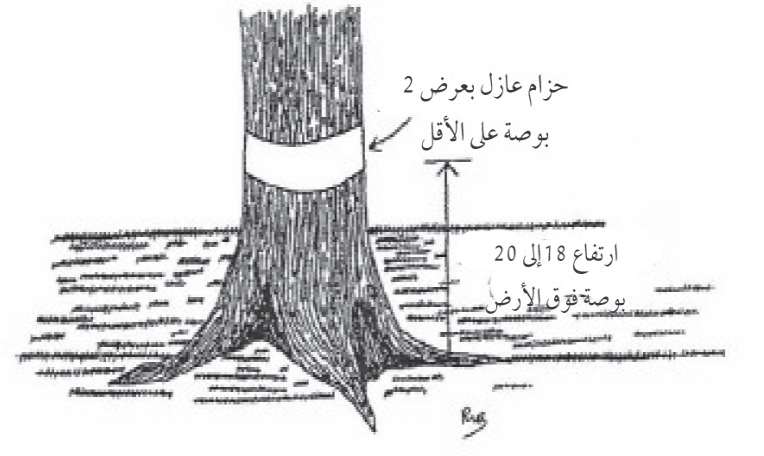
توفر المهاد حاجزاً بين التربة وبراعم النباتات، وتحمي النباتات من الحشرات التي تهبط إلى الأرض من مواقع خارجية. مهاد الألمنيوم العاكسة أو البيضاء تساعد على ردع الحشرات الطائرة من الهبوط في الحديقة أو الحقل. وحرارة المهاد البلاستيكية قد تبعد الحشرات التي لا تتحل الحرارة.

الأشرطة اللاصقة

يتمّ الطلاء اللاصق أو المواد الصوفية (الشكل 2.11) على جذوع الأشجار كحواجز ضد الحشرات التي تزحف على هذه الجذوع والشجيرات والكروم. يقوم النمل، والعث، والفراشات، وبعض الخنافس، والرخويات بتنقلات يومية صعوداً وهبوطاً على جذوع الأشجار .يتمّ تطبيق الأشرطة اللاصقة مباشرة على النباتات طالما أن الطلاء ليس ساماً للنبات، ولكن عادة ما تكون التطبيقات بأشرطة يمكن إزالتها أفضل من الطلاء في نفس المكان. الشريط اللاصق الملتف يمنع تلف قشرة الجذع من المادة اللاصقة أو من الفطريات التي قد تنمو في هذه المادة. يجب أن لا يقلّ عرض الشريط اللاصق عن 2 بوصة وتوضع على نحو 18 إلى 24 بوصة فوق الأرض. يجب إزالة الأشرطة مرة واحدة في الأسبوع للتخلّص من الحشرات التي تراكمت عليها. الأشرطة اللاصقة المليئة بالحشرات يمكن إزالتها بسهولة أكبر من الطلاء على قشرة الجذع. هذه الأشرطة القابلة للإزالة متاحة تجارياً أيضاً. بعض الأشرطة اللاصقة التجارية تكون زلقةً ومغلّفةً بالسيليكون فتمنع عبور الحشرات منها. قد تكون الأشرطة القابلة للإزالة مصنوعةً من الورق المقوّى المموّج أو الكرتون المثبّت في نفس المكان المعالج. قد تمرّ بعض الحشرات بداخل الكرتون المموّج، حيث يتمّ حينها إزالتها وتدميرها. يمكن استخدام رقائق الألمنيوم لصنع الأشرطة وتكون زلقة تمنع مرور اليُسْروع (يرقة) أو يمكن طلاؤها بمواد لاصقة. الخيش، والقماش، والفانيلا، أو شرائح أخرى من القماش يمكن أن تكون مربوطةً بحبال حول جذوع الأشجار لإنشاء منطقة عائقة أو فخٍّ أمام الحشرات. وتتطلّب بعض هذه الأشرطة أن تحاط بمادة لزجة لاصقة عند أطرافها لمنع الحشرات من الزّحف من تحتها. وقد تكون مشرّبةً بحشرات مفترسة أو بمبيدات الحشرات (انظر البخاخات والغبار أعلاه) لإعطاء مزيد من السيطرة ضد الحشرات الزاحفة.

لا ينبغي أن تكون المادة اللزجة اللاصقة مصنوعة من الشحوم المشتقة من النفط. لأن هذه الشحوم قد تذوب في الطقس الحار، أو تتفتت تحت الأحزمة اللاصقة، فتتخلل لحاء الجذوع وتزنر الشجر. وتتكون هذه المواد اللاصقة

التجارية من الراتنجات (Gum Resins) الطبيعية، والشمع، والزيوت المستخرجة من النباتات. وتستخدم كمراهم ولسدّ الشقوق في خراطيش البنادق، والأنابيب، وأحواض المياه.



الشكل 2.11 استخدام الأشرطة اللاصقة للسيطرة على الحشرات الزاحفة على جذوع الأشجار.

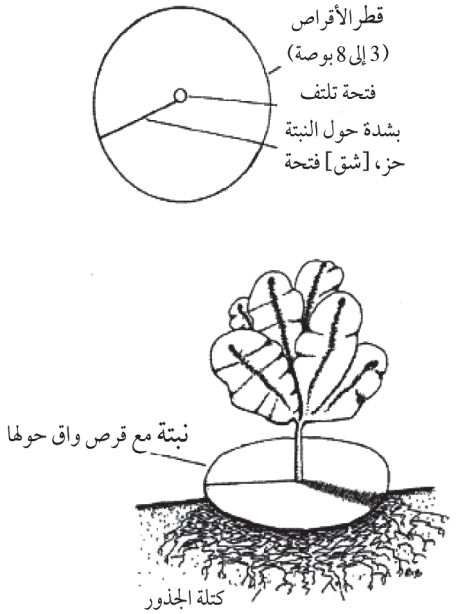
الطلاء/ الدهان

يمكن رسم حاجز وقائي ضدّ الحشرات أمام الجذوع للتمويه، ويكون مصنوعاً من (هيدروكسيد الجير المخلوط في الماء) أو من طلاء اللاتكس (المخفّف بالماء الذي يتمّ اختباره قبل الاستخدام). وينبغي أن يثبّت الحاجز على نحو 1 بوصة تحت سطح التربة مع ارتفاع من 2–3 قدم فوق سطح الأرض. يحمي هذا الحاجز أيضاً الأشجار من حروق الشمس أو التكسير ومن الفطريات. يوفر التغليف بالأشرطة نفس الحماية للأشجار كالرسم تماماً.

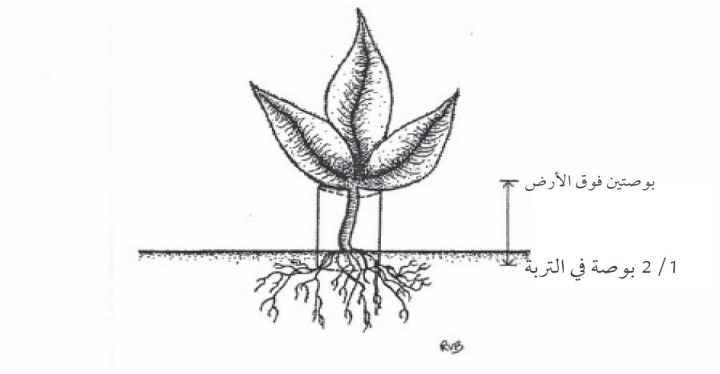
حماة الشتلات

يضع الذباب البياض، مثل ذبابة الملفوف، بيوضه على التربة عند أسفل سيقان الشتلات الخضرية. لذا يتم وضع أقراص من ورقة القطران أو الورق المقوى، كحاجز لحماية الملفوف والقرنبيط والبروكلي، والمحاصيل الأخرى

المعرّضة للذباب (الشكل 3.11). يمكن تقطيع هذه الأقراص بقطر من 3 أو 4 بوصة أو أكبر من ذلك يصل إلى 8 بوصات، وتوضع فوق قاعدة النباتات الصغيرة .يمكن للأقراص أن تكون مستديرةً أو مربعةً، ولكن الأقراص الصغيرة جداً قد تلتف ولا تعطي أية حماية. توفّر الأقراص حاجزاً لإبعاد الذّباب عن التربة التي تغطّي قاعدة النبات. أفضل الأقراص هي المصنوعة من ورقة القطران، وتمّ تدوين نتائج حول فاعلية ورقة القطران في طرد الذباب، لكن ميزتها في متانتها. الكرافت هي ورقة رقيقة جداً لتستخدم. يجب أن تبقى الأقراص نظيفةً من التراب والمهاد لضمان فعاليتها. ويجب أن تجمع الأقراص بشكل محكم حول الشتلات، وإلا ستبقى هناك مساحة كافية أمام الذباب لتضع بيضها. سيدفع نمو الجذع حز الفراغ بين الأمراض عنه ولكن الأمر لا يشكّل أي ضرر على نمو النباتات. لا تستخدم الأقراص البلاستيكية القاسية مثل أغطية علب الزبدة، حتى لا تقطع الجذع. ويجب عدم استخدام التربة لتثبيت الأقراص، لأنها يمكن أن تكون كافيةً ليضع الذباب بيضه عليها وتتطفل على النباتات.



الشكل 3.11 تصميم الأقراص الوقائية لمكافحة الحشرات ووضعها على (الملفوف، والقرنبيط، والبروكلي، والمحاصيل الأخرى).



الشكل 4.11 وضع حول الشتلات.

الأطواق (Collars) (الشكل 4.11)، والتي تُسمّى أطواقاً مانعةً للدود، يمكن وضعها حول قاعدة الشتلات لحمايتها من الديدان القارضة أو غيرها من الحشرات الزاحفة. يمكن استعمال أشرطة ورقية تتراوح بين 2 و3 بوصة ولفّها حول قاعدة الجذع. يجب أن يمتد الشريط الورقي في الأرض على الأقل لنصف بوصة. تستخدم أيضاً أنابيب من الورق المقوّى من المناشف الورقية أو ورق التواليت أو العلب المعدنية بعد إزالة سقفها وقعرها لتشكيل الحلقات ضد الديدان القارضة. تم اقتراح حواجز أخرى ضد الدودة وهي عيدان تنظيف الأسنان، وعيدان الثقاب، أو المسامير الموضوعة عند قاعدة النبات لمنع الدودة القارضة من الالتفاف حول الشتلات.

الأفخاخ

شريطة الصمغ

يمكن رشّ الورق والخشب أو غيرها من المواد بمواد لاصقة مثل تلك الموضّحة في قسم «الأشرطة اللاصقة». هذه الأفخاخ، متركّزة في مناطق صغيرة، يمكن استخدامها للحدّ من عدد الحشرات في موضع وجود النباتات أو قد تستخدم كأدوات لتعداد مجموعات الشحرات في المنطقة. يمكن أن تكون الأفخاخ مختلفة الأحجام والأشكال، لأنه تبيّن أنه لا توجد أفضلية لشكل على آخر. لون الفخّ قد يكون مهماً في كثير من الأحيان، وألوانه هي الأصفر والأزرق والأبيض والأحمر أي الألوان التي تجذب الحشرات الطائرة. الأصفر هو اللون

الأكثر استخداماً لجذب الحشرات المختلفة ولصيد الذباب الأبيض وغيرها من الآفات في بيوت الدفيئة.

يمكن استخدام اللون الأزرق لاعتراض التَربْس، ويُنصح بالأبيض لجذب الخنافس، والبراغيث، والبق. يستخدم الأحمر لتقليد لون الفاكهة ولجذب ذباب التفاح. ويستخدم اللّون الأصفر أيضاً في البساتين لاعتراض ذباب فاكهة الكرز .في بساتين الفاكهة، شكل الفخّ قد يكون مهماً، مثل الأشكال التي تشبه شكل الفاكهة وتكون مصنوعة من مواد كرات مطاطية أو قيعان زجاجات المشروبات الغازية البلاستيكية. يتم وضع الأشرطة اللاصقة على علو النبات أو تعلق في الأشجار. ربط الفخّ بأسلاك لإدخاله بين النباتات هو وسيلة مريحة. يجب أن تبقى الأفخاخ بعيدة عن أوراق الشجر وعن مسالك العمّال .يمكن اتخاذ قرارات لممارسات سيطرة أخرى تبعاً للأعداد المقدّرة للحشرات أو التي أمسكت على الشرائط اللاصقة على مدى فترة زمنية معيّنة.

الأفخاخ المعطّرة أو المزودة بطعم

يُستخدَم الفخّ بطعم في المناطق الصغيرة، لإبعاد الحشرات عن المحاصيل التي تكون عرضة للإصابة. هذا الفخّ يمكن أن يكون مصنوعاً من الخضار أو الفواكه، مثل الخس والجزر والبطاطا والبصل والبرتقال والجريب فروت [الزنباع] (Grapefruit)، والتفاح. يمكن وضع هذه الفواكه أو الخضروات في حاويات لاقتناص الحشرات، أو ربما قد تكون أفخاخاً دون حاويات. تنجذب الحشرات إلى الفخ، ثم يتمّ التخلّص من هذه الأفخاخ وما يحتويه من حشرات. يعطي فخّ الخضار والفاكهة نتائج أفضل ضد الحشرات التي توجد في الليل أكثر من تلك التي تتغذّى خلال النهار .قد تكون زراعة البصل قرب أو قبل نباتات المحصول الرئيسي مهمة لردع الحشرات. تجذب نبتة البصل الناضجة حشرات مثل يرقة البصل. يمكن سحب النباتات المصابة والتخلص منها. وقد استخدمت البيرة كفخّ للرخويات؛ يتم وضع بعض البيرة في وعاء حيث تجذب الرخويات إليها فتغرق في الوعاء.

ويمكن استخدام الطُّعم بالتزامن مع الأشرطة اللاصقة أو أي شكل آخر

من أنواع الفخاخ. تستخدم الأطعمة المختلفة (دبس السكر، واالسكر، وزلال البيض، والخميرة، والكازين (Casein)) أو الروائح (مثل تلك المستخرجة من الفواكه والزهور والأمونيا وأنثى الحشرات) في كثير من الأحيان. هناك العديد من الأفخاخ المتاحة تجارياً المستخدمة في الحدائق المنزلية ورحلات الكشافة لجذب الحشرات إلى الفخاخ. المصائد الفرمونية (Pheromones) هي نوع من الفخاخ التي تفرز مواد كيميائية لاصطياد ذكور الحشرات. وتساعد هذه الفخاخ [لذكور الحشرات أو إناثها] على تقييد انتشار الأجيال المستقبلية لبعض الحشرات. وتستخدم الفيرومونات لجذب الحشرات مثل العث ودودة التفاح، ودودة الملفوف الملتفة، وذباب فاكهة الكرز، والذرة، والخنافس اليابانية. هذه الأفخاخ متوافّرة للبيع في متاجر وكتالوجات مكافحة الحشرات .قد يحتاج المزارع الى استخدام الأفخاخ المعطّرة عدة مرات خلال الموسم، بسبب انتهاء تأثير الرائحة مع مرور الوقت. تعمل الأفخاخ بشكل أفضل إذا كانت المنطقة حيث يتم وضعها معزولة عن مصادر أخرى للحشرات. عندما يصبح الفخّ مليئاً بالحشرات، يتم التخلّص منه أو تنظيفه.

فخ النباتات

قد تُزرع بعض النباتات على حدود أو حول المحاصيل أو بين هذه المحاصيل، لجذب بعض الحشرات. هذا المفهوم يعبّر عن استخدام بعض النباتات كفخّ لجذب الحشرات الضارة بشكل انتقائي والحفاظ على باقي نباتات المحاصيل. ثمّ يتم سحب هذه النباتات من بين نباتات المحصول وتدميرها مع الحشرات. هذا النوع من التحكّم يعطي نتائج أفضل مع الحشرات التي تنتج بضعة أجيال أو جيلاً واحداً خلال موسم النمو فقط.

الجدول 5.11

بعض النباتات التي يمكن استخدامها لجذب واعتراض بعض الحشرات

نباتات الفخ	الحشرات المحتجزة
نبتة الشبت	الكبوسين أبو خنجر

غاز الخردل	دودة الملفوف الملتفة
هورنوورم الطماطم	المن، خنافس الخيار، الخنافس، البرغوث، بق الاسكواش
فجل	يرقة الملفوف
فول الصويا	خنافس فول
نبات القراص الميت	خنافس البطاطا

تكمن السلبيات في أنّ هذه النباتات الجاذبة تأخذ مساحة من درب المحاصيل الأساسية، وأنّ نباتات الأفخاخ يمكن أن تجذب الحشرات إلى المكان وما قد يساهم في ازدياد عدد الحشرات في المنطقة، ولا سيّما إذا لم يتم توخي الحذر في إدارة فخّ النباتات. وينبغي الحرص على ضمان بقاء الحشرات محبوسة على نباتات الفخ عندما يتم سحبها. وقد يكون من الضروري تغطية نباتات الفخّ أثناء إزالتها لإبقاء الحشرات محبوسة عليها. ينبغي أن تتمّ زراعة نباتات الفخّ قبل المحاصيل الرئيسية لضمان أنّ نباتات الفخّ تنمو وأنها أكثر جاذبية للحشرات من المحاصيل الرئيسية. يمكن استخدام نباتات الفخّ في بيوت الدفيئة أو خارجها. تجدر الإشارة إلى أنه في بعض التقارير، تُقترح نباتات الفخّ لإبعاد نفس الحشرات التي تشير تقارير أخرى إلى أنها تجذبها. ينبغي أن لا تُؤخذ هذه الاقتراحات كحقيقة من دون بعض التجارب والرصد عن كثب لفعاليتها. وقد اقتُرِح استخدام بعض نباتات الفخّ المذكورة في الجدول 5.11.

وينبغي أن ينتبه المزارعون إلى وجود الأعشاب البرية الضارة قرب المحاصيل المزروعة. قد تكون الأعشاب الضارة أو النباتات البرية بمنزلة نباتات الفخ وقد تكون بمنزلة النباتات المضيفة التي تجذب الحشرات إلى الحديقة. وفي الحالة الأخيرة، يجب إزالة النباتات البرّية.

فخ المياه

يمكن وضع المياه كفخ في أحواض تصبغ صفراء لجذب المن المجنّح،

وذباب يرقة الملفوف. الصابون أو المنظّفات الصناعية التي تضاف إلى الماء تخفّف من ضغط التماسك السطحي للمياه، وتساعد على غرق الحشرات. ينبغي أن تكون الأحواض مفتوحةً للحشرات ويجب أن تكون مرتفعةً إذا كانت المحاصيل التي تنمو طويلة القامة.

فخّ الخندق

يمكن إيقاف العديد من الحشرات الزّاحفة بحفر خنادق أو مسارات مائية حول الحديقة. وقد تمنع الخنادق المغبرة في التربة هجرة بق الفراش ودودة الجيش، ولكن هذه الخنادق يجب أن تكون بوسع 10 أقدام. ويمكن اعتماد خنادق أضيق مغطاة بمادة لزجة لها نفس التأثير. يمكن أن تترك الحشرات المحاصرة لتجف [وتموت] أو تدفن في الخنادق.

أفخاخ الضوء

تنجذب الحشرات الطائرة ليلاً إلى الأضواء. الأشعة فوق البنفسجية (الأضواء السوداء) والزرقاء والخضراء والصفراء العادية للمصابيح المتوهّجة تجذب الحشرات. عادةً الأضواء الحمراء ليست جاذبةً للحشرات. الحشرات تنجذب لمصابيح الأشعة فوق البنفسجية والزرقاء، والخضراء أكثر من انجذابها إلى الأضواء الصفراء. والكثافة العالية للضوء أكثر جاذبيةً من الكثافة المنخفضة. يمكن استخدام المصابيح بطرق مختلفة كفخاخ للحشرات. قد تكون المصابيح معلّقةً على دلاء أو أحواض المياه أو أحواض الأسماك التي تغرق فيها الحشرات وتأكلها الأسماك. ويمكن استخدامها لجذب الحشرات إلى مناطق وجود الطيور الداجنة التي تأكل الحشرات. ويتوافر العديد من الأشكال الميكانيكية في تركيبات أفخاخ الأضواء. تعمل بعض الأجهزة على شفط الحشرات إلى حاوية حيث يتم جمعها وتدميرها. ويمكن استخدام الطعم مع هذه الأفخاخ مع أضواء أو من دون أضواء. كما يجوز قتل الحشرات بإسقاطها على الأرض أو في المياه حيث تأكلها الطيور أو الأسماك. وتستخدم شبكات الأسلاك الكهربائية المتوازية كأفخاخ لكهربة الحشرات. وتستخدم مصابيح الأشعة فوق البنفسجية أو الطُّعم لجذب الحشرات إلى الأسلاك. يمكن استخدام هذه الأجهزة في الداخل أو الخارج لحماية المحاصيل والماشية أو الناس من الحشرات. كما أنه يمكن

جذب الحشرات بالضوء أو الطُّعم من قمع لإدخالها في زجاجات وحصرها فيها، حيث تجد صعوبة في العثور على طريقها للخروج من الطرف الصغير للقمع من الزجاجة فتموت في الأَسر أو تجمع لمن يرغب فيها. يمكن جذب جميع أنواع الحشرات الطائرة ليلاً بالمصابيح. ويشمل هذا الجذب الحشرات الضارة مثل ذباب المنزل والبعوض والجنتس (Gnats)، ومنها المهمة اقتصادياً مثل دودة التفاح، والعث، وفراشات دودة أذن الذرة، وحفار الذرة.... تكمن مزايا هذه الفخاخ في قدرتها على أن تكون أوتوماتيكية وآثارها غير ضارة على الكائنات الحية الأكبر من الحشرات. تتمثّل العيوب بضرورة تنظيف المصابيح والتخلّص من الحشرات الميتة وتكاليف شراء وتشغيل الأضواء. تعرّضت هذه الطريقة للانتقادات لأن الفخاخ الضوئية تجذب من الحشرات أكثر مما تقتل، وتزيد في الواقع من عدد الحشرات؛ الانتقادات الأخرى هي أنها تقتل جزءاً صغيراً من الحشرات، وأن الفخاخ تقتل الحشرات المفيدة أيضاً. العديد من الحشرات المفيدة، بما في ذلك النحل والدبابير التي لا تطير ليلاً، ولكنها تتضرر من الفخاخ المجهزة بالضوء، ولكن الحشرات المفيدة الأخرى، مثل أسد المن والبراغيث تجذب إلى الأضواء وتقتل.

الأفخاخ الأخرى

على الرغم من أن الممارسات الصحية تشجع على إبقاء الحديقة نظيفة من الأكياس والورق والثمار والخضروات والفواكه المتساقطة، لكن ترك هذه المواد في الحديقة قد يشكّل فخاخاً ضد حشرة أبو مقص (Earwigs)، والرخويات والقواقع.

التحكم اليدوي والميكانيكي

تنطوي عناصر التحكّم هذه على بعض الوسائل التي تعمل باليد لتقليل عدد الحشرات وإزالتها من المحاصيل.

التنقية اليدوية

إزالة الحشرات بطيئة التنقل يدوياً أمر ممكن إذا كان عددها قليلاً. الكثير من

الصبر والرصد ضروريان لجعل هذه العملية ناجحة. وينبغي الحرص على ضمان أن تكون الحشرات غير سامة أو لادغة قبل التقاطها باليد. قد يفضّل بعض الناس ارتداء قفازات أو استخدام الملقط. ويمكن أن تكون هذه الحشرات المقصودة هي دودة الطماطم، وخنفساء البطاطا، والقواقع، والرخويات، وبعض اليرقات. يمكن أن تقتل الحشرات التي تتمّ إزالتها بوضعها في عبوات أو حاويات لتموت؛ أو وضعها في الكحول والنفط أو الحمض؛ أو بحرقها أو تجميدها، أو غليها أو إطعامها للطيور؛ أو إزالتها برميها في المجارير. ويمكن كشط التلوث الشديد عن النباتات أو باستخدام الكحول، على الرغم من أن هذه العملية شاقة.

التشذيب

يمكن إزالة الأجزاء المصابة من النباتات بالتشذيب. ويمكن إزالة المن واليرقات ودودة اليبورمس (Webworms) ومرض صانعات الأنفاق (Leafminers) ويرقة حفارات الساق (Bagworms)، ومختلف بيوض الحشرات، مع تجنب امتدادها إلى الأجزاء غير المصابة. ويجب تدمير الأجزاء المصابة بالحشرات أو بالبيض التي يتم تشذيبها بعدة طرق. يجب الحرص على أن لا تنتقل الحشرات عن طريق أدوات التقليم أثناء التقليم لاستأصال الأمراض. ينبغي أن تطهّر الأدوات بالتبييض والكحول، أو المنظفات بعد كل عملية تقليم، وفي بعض الحالات بين التقليم الواحد للنباتات.

الشفط

تُستخدم الشافطات المحمولة أو الموضوعة على جرّار لشفط الحشرات عن النباتات. الشفط ينبغي أن يوجّه إلى المواقع التي لوحظت فيها الإصابة أو إلى أعالي النباتات. تمّ تصميم بعض الماكينات لشفط خنافس البطاطا في الحقول. ويمكن أن تُجمّع كميات كبيرة من الحشرات. بعد قتلها، قد تضاف الحشرات الميّتة إلى أكوام السماد العضوي المخمّر أو استخدامها كسماد. قد تكون بعض الأجهزة مجهّزة بشفرات دوارة الى جانب الشفط. وتفرم الشفرات الحشرات مع لبّ المواد النباتية.

رشّ المياه

على الرغم من ذكرها سابقاً في هذا الفصل، فإن العمل البدني بتطبيق رذاذ قوي من الماء يغسل الحشرات ويزيلها عن النباتات والشقوق ويرميها على الأرض. عملية إزالة الحشرات، بالماء تؤدّي الى بتر الأرجل والأجنحة والشعر، وقرون الاستشعار للحشرات، الأمر الذي يجعلها غير قادرة على استئناف التغذية.

النباتات المقاومة للحشرات وأصنافها

لم يكن التقدّم الحاصل في تطوير أصناف المحاصيل المقاومة للحشرات دراماتيكياً كالتقدّم في استنباط أصناف مقاومة للأمراض، ولكن الأمر يبقى موضع أمل كبير. فقد تطوّرت هذه المقاومة عن طريق تطعيم النباتات ويتم الانتقاء بشكل كبير بالتغيير المادي للنباتات. الشعيرات التي تنمو على أوراق النباتات تعطي النباتات بعض المقاومة للحشرات. وينمو شعر الأوراق من نمو خلايا متعددة على نقيض الشعيرات في الجذور التي تنمو من خلية آحادية من خلايا الجلد، هذه الشعيرات في الأوراق تشكّل عائقاً أمام مرور الحشرات على أوراق النباتات، وتعدّ مكاناً غير محبّب للحشرة لتتغذى ولتضع فيه بيوضها إضافة إلى تأثيرها السام في هذه الحشرات. غالباً ما تصبح الحشرات على شعيرات الأوراق في سبات وتتوقف عن الطعام. تفرز الشعيرات الموجودة على الطماطم قطرات من سائل سام أو مزعج للحشرات بالإضافة لما يمثّله بنيان هذه النبتة من عائق أمام نمو وتكاثر الحشرات. مثلاً لقد أضيفت مقاومة أوراق الشعير لحشرة الخنفساء بتطعيمها بأوراق مشعرة. وهناك إمكانية دمج مقاومة الطماطم للذباب الأبيض بتطعيمها بأوراق الطماطم البرية. تمثّل قشور الذرة الطويلة حاجزاً ضد دخول دودة الأذن إلى الذرة. وتفشل بعض القشور في منع شامل لدخول الحشرات، والذرة التي تمتدّ قشورها إلى فوق ثمرة الذرة لديها مقاومة عالية ضد دخول الحشرات، على الرغم من أن الجني والوصول إلى قمم هذه النباتات قد يكون مهمةً صعبةً.

تؤثر زوايا أوراق البصل وزنبق النهار في مقاومة النبتة للمن. فالنباتات ذات الأوراق العريضة الزوايا وتشكل فضفاض تعطي مقاومة أقل من النباتات ذات الزوايا الضيقة وتشكل مضموم. أغلفة الأوراق المضمومة يظن أنها تعطي نبات

السورغوم مقاومة ضد حشرة الحنطة (Chinch) الفول والبازلاء ذات الخدود القاسية قد تكون أصعب على خنافس الفاكهة اختراقها. بعض النباتات تتضمن سموماً في أوراقها أو بعض أعضائها الأخرى مما يعطيها مقاومة للحشرات. لكن، عادة، تتكيف بعض الحشرات لهذه المكونات الكيميائية وتصبح ضارة للنبات. ويجب أن تعطى النباتات دائماً الظروف البيئية المناسبة للاستفادة من مقاومتها. فضغط الجفاف على النباتات أو التربة المبتلة أو التسميد غير المناسب هي عوامل قد تسبب حرمان النبتة من مقاومتها وتجعل المحاصيل أكثر عرضةً للحشرات حتى لو كانت هذه المحاصيل عادة أكثر مقاومةً في ظروف طبيعية مساعدة وتحت ظروف نمو جيدة.

التغذية النباتية

تُعدّ التغذية النباتية عاملاً مهماً في مقاومة النباتات للحشرات. حيث إن النباتات التي تحصل على تغذية جيّدة تكون أقوى وأعرض وأكثر حيوية وتمتلك قدرة أكثر على تحمّل أضرار الحشرات أكثر من النباتات الضعيفة التي تفتقر إلى المواد الغذائية. قد تنجذب الحشرات أحياناً إلى ألوان النباتات المصابة بسوء التغذية. وغالباً تتغذّى الحشرات على النباتات التي تعطى تسميداً مفرطاً، حيث تمتلك النضرة والنعومة الملمس، وخصوصاً تلك التي تتلقّى تسميد النيتروجين الحر بشكل مفرط.

الفصل الثاني عشر

الأمراض النباتية

أسباب الأمراض

التعريف العام للأمراض النباتية هو الاضطرابات التي تؤثّر في الوظيفة الطبيعية للنبات. تنقسم هذه الاضطرابات عادةً إلى الأمراض غير الطفيلية والأمراض الطفيلية. ويشار إلى الأمراض غير الطفيلية بالأمراض غير المعدية أيضاً وسببها القصور البيئي أو الاضطرابات البيئية. نقص المواد الغذائية وتكسر الفواكه والأضرار الناجمة عن الملوحة وتلوث الهواء والأضرار الميكانيكية المتكررة والضوء أو درجة الحرارة غير المواتيين أمثلة عن الأمراض غير الطفيلية. الأمراض الطفيلية المعدية سببها الكائنات الحية الرقيقة أو الفيروسات. والأمراض المعدية هي تلك التي يتصوّرها معظم الناس عندما يتمّ ذكر الأمراض النباتية. الكائنات الطفيلية الرئيسية التي تسبب الأمراض المعدية هي الفطريات والبكتيريا المختلفة. والفطريات هي الكائنات الحية غير الخضراء المنتشرة والمتعددة الخلايا. هناك عدة آلاف من أنواع الفطريات، التي تسبّب أمراض النباتات نحو 100.000 مجموع أنواع الفطريات. تُعرف الأمراض الفطرية بالقابلة للتخميد (Damping-off)، والاهتراء (Rots)، والولتس (Wilts)، والفساد (Blights)، والصدأ (Rusts)، والعفن الفطري (Mildews)، والتفحم (Smuts)، والجرب (Scab)، والتعفن (Molds)، وأسماء أخرى. البكتيريا موجودة في كل مكان تقريباً. بضع مئات من أنواعها تسبّب الأمراض النباتية. بعض الأسماء الشائعة لبعض الأمراض البكتيرية هي البقع (Spots)، والولتس، والاهتراء، العفص

(Galls)، وداء الآكلة (Cankers). ميكوبلازما (Mycoplasmas) هي كائنات حية أحادية الخلية، تصنّف كالبكتيريا ولكن قد لا يكون لديها جدران خلية وهي أصغر من البكتيريا الشائعة. وهي كتل من البروتوبلازما محاطة بغشاء خارجي. تسبّب الميكوبلازما العديد من الأمراض المعروفة باسم الصفراء (أصفر الجزرة وأصفر زهرة النجمة). أمراض الاصفرار نُسِبَت في وقت ما إلى الفيروسات. أحياناً، وعادة في المناطق الاستوائية، تسبّب الطحالب والبروتوزوا الأمراض النباتية. تُصنَّف بعض الطحالب التي قد تتسبب بأمراض النباتات كنباتات أحادية الخلية، تحت النّظم التصنيفية التي تقسّم الكائنات الحية إلى ممالك نباتية وحيوانية، ولديها أصباغ لأنواع مختلفة من الكلوروفيل. بموجب هذا النظام التصنيفي، تصنف البروتوزوا كحيوانات أحاديّة الخليّة. الدبق [الهدال] (Mistletoe) والحامول [كشوث] (Dodder) هي نباتات مزهرة تعيش كطفيليات على نباتات أخرى، وبهذا يمكن أن تُصنّف كأمراض. الديدان الخيطية (Nematodes) المعدية هي الديدان التي تُنتج الأمراض على الجذور والأوراق والساق والبصلة والزهور. الديدان الخيطية التي تعيش في التربة هي الأنواع المنتجة للأمراض والأكثر شيوعاً. الفيروسات هي مواد غير حيّة غير خلويّة تتألف من مجموعة أساسية من الأحماض النووية وغلاف من البروتين. الفيروسات هي 1/ 100 إلى 1/ 1000 فقط من حجم البكتيريا قد تصيب البكتيريا. أمراض النبات الفيروسية تسبّب التشوهات المعروفة بالفسيفساء (Mosaics)، البقع الدائرية (Ring Spots)، والتورّد (Rosetting)، والتجعّد (Curling)، والتغضّن (Puckering)، وأسماء أخرى.

من الصعب تحديد الأمراض النباتية. وقد لا يكون المزارع قادراً على التمييز بين المرض غير الطفيلي والطفيلي. الإصابة بالكائنات الطفيلية قد تلحق إضعاف النباتات باضطراب غير طفيلي. يصعُب تمييز الأمراض البكتيرية والفطرية من قِبل أشخاص غير مدرّبين. لذلك، من الضروري التماس مشورة الخبراء إذا كان هناك مرض ما يصيب المحصول. وعادة ما يكون هناك مقيم في الكليات الزراعية ومراكز الخدمات الملحقة ووكلاء خبراء في تشخيص الأمراض النباتية. ينبغي على المزارعين الاتصال بهؤلاء الأفراد للحصول على معلومات بشأن المعالجة وشحن العيّنات النباتية إلى الخبراء المدربين للتشخيص.

انتشار الأمراض
وسائل الانتشار

تحدث الإصابة عندما يكون لقاح الكائنات الحية المسبّبة للأمراض أو الفيروسات في اتصال مع النباتات. قد تشمل العدوى (القيح) جسيمات الفيروس أو البكتيريا أو الغزل الفطري (Mycelium) أو البيوض الغبارية البكتيرية أو الفطرية أو الديدان الخيطية، أو البذور أو جزءاً من نبات طفيلي. قد يحدث التلقيح بطرق عديدة، ولكن يمكن تصنيف وسائل انتشار الأمراض، أو التطعيم، إلى: وسائل النقل بالتربة، والنقل بالرياح، والنقل بالبذور، والنقل بناقلات الأمراض. ويمكن تعلّم الكثير حول السّيطرة على الأمراض بمعرفة ما هي الآليات التي تنتشر بها مختلف الأمراض. قد تنتشر بعض الأمراض بأكثر من وسيلة واحدة.

الأمراض المنقولة في التربة

يجب أن تكون الأمراض المنقولة في التربة قد أدخلت التربة بطريقة ما؛ لا تظهر الأمراض في التربة إلا إذا تمّ تلقيح التربة. قد يحدث تلقيح التربة بالرياح أو بزرع البذور المصابة أو المزروعات المصابة أو أجزاء النباتات الأخرى المصابة، أو الأدوات الملوّثة أو المياه، أو غيرها من الوسائل التي تجعل التربة على اتصال بالكائنات الحية المسبّبة للمرض. تعيش الكائنات الحيّة وتتكاثر في التربة وتصيب المحاصيل التي تُزرع في التربة المصابة. تعطي مخلّفات المحاصيل في التربة الغذاء الممتاز الذي يمكن للأمراض أن تعيش عليه. قد تؤثر الأمراض المنقولة في التربة في الجذور أو الأعضاء تحت الأرض أو أي جزء من النبات في حالة انتقال الأمراض من التربة إلى أوراق الشجر، أو انتشارها داخل النبات. بعض الأمراض الشائعة التي تنقلها التربة هي [التفحم] (Smut)، والذبول البكتيري (Bacterial Wilt)، وذبول الفوزاريوم(*) (Fusarium Wilt)، وذبول الكبكوبية (Verticillium Wilt)، وضرب الجذر (Club Root)، والتعفن

(*) المغزلاوية (باللاتينية: Fusarium) جنس من الفطريات الخيطية تنتشر في التربة (المراجع).

الليّن (Soft Rot)، وتعفن الساق (Stalk Rot)، وتعفن الجذور (Root Rot)، التخميد (Damping-off)، وجرب البطاطا (Potato Scab).

الأمراض المنقولة في الهواء

يمكن أن تنقل الرياح الأمراض عبر مسافات كبيرة، أساساً من طريق نقل البيوض الغبارية للبكتيريا والفطريات. تنقل الرياح الأمراض التي تصيب مباشرةً أجزاء النباتات العليا أو تطعِّم وتصيب التربة. بعض الأمراض المنقولة في الهواء مختلف أنواع الصدأ، والعفن الناعم (Powdery Mildew)، والعفن الأملس (Downy Mildew)، وجرب التفاح (Apple Scab)، والمتلفة المتأخّرة والمبكرة (Late and Early Blight) للطماطم والبطاطا، وآفة الذرة (الظرير) (Helminthosporium).

الأمراض المنقولة في البذور

بسبب احتمالات نقل الأمراض في البذور، لا يشجع المزارعون على الاحتفاظ بالبذور الخاصة بهم ويشجعون على شراء بذور مضمونة خالية من المرض. استثناءات حفظ البذور قد تكون في الحالات التي تكون فيها البذور المحفوظة هي المصدر المعروف فقط أو المتاح بسهولة لمحصول معيّن، أو حين يكون للمحتفظ بهذه البذور وسائل تعقيم سهلة وآمنة لها. كذلك، يمكن لحفظ البذور أن يكون بهدف التوفير في بعض الحالات. تنتشر بقع الجراب والآفات البكتيرية وأنثراكنوز (Anthracnose) البازلاء أو الفاصوليا بالبذور. ينتشر العديد من أمراض البطاطا في أجزاء البذور (أجزاء من الدرنات لنشر النباتات). قد تنتشر بعض الأمراض الفيروسية في البذور بتطعيم التربة بناقلات الأمراض التي بدورها تؤدي إلى الإصابة.

الأمراض التي تنقلها ناقلات الأمراض

الحشرات هي ناقلة للعديد من الأمراض، وخصوصاً الأمراض الفيروسية. ينتقل العديد من الفيروسات من إحدى النباتات إلى أخرى في أجزاء فم الحشرات. ويمكن أن تنتشر الأمراض من خلال الناس الذين يسيرون [على الأقدام] عبر

الحقول أو الحدائق ويلمسون النباتات المصابة وغير المصابة. التقليم يمكن أن ينقل الفيروسات والكائنات المسببة للأمراض. والديدان الخيطية والفطريات المنقولة بالتربة هي أيضاً ناقلات لنشر الفيروسات والبكتيريا، وبيوض البكتيريا والفطريات. أمراض الميكوبلازميك (Mycoplasmic) يمكن أن تنتقل بالحشرات. ووضع البذور في اليد عند زرع البذور قد ينقل الأمراض إلى البذور، ولاحقاً إلى المحصول.

العدوى بالأمراض

العدوى هي اختراق ناجح لأحد العوامل المسببة للأمراض وتوطيده في النبات. يجب أن يكون اللقاح والنباتات الملائمة لحدوث العدوى موجودة كما هو موضّح أعلاه، تحت «انتشار الأمراض». قابلية النبات للإصابة بالعدوى تعني أن تكون هذه الأنواع الخاصة موجودةً في مرحلة النمو المناسبة. تختلف قابليةً النباتات مع الظروف البيئية. وقد تصبح النباتات الضعيفة قابلة للإصابة من جرّاء سوء التغذية، أو ضعف الإضاءة، أو الحرارة الساخنة أو الباردة، أو التربة الرطبة أو الجافة، بشكل يتخطّى المقاومة الموجودة لدى النباتات. قد تحفّز الظروف البيئية انتشار المرض وحدوث الإصابة. يمكن أن تسهل العدوى الظروف الدافئة والرطبة في التربة أو في أوراق الشجر. إذا كانت الظروف البيئية غير ملائمة للإصابة، يمكن أن تكون النباتات على اتصال باللقاح طيلة الموسم من دون حصول العدوى.

إذا كانت البيئة مواتية، قد تحدث العدوى بمجرّد أن يتصل النبات باللقاح. وبصفة عامة، تخترق البكتيريا والفيروسات والميكوبلازما النباتات عن طريق الجروح أو الفتحات الطبيعية في أجزاء النبات. يسبب التطعيم والتشذيب والأضرار الميكانيكية الناجمة عن المعدات والمعالجة الخشنة والكدمات، والثقوب، والرياح والمطر، وتغذية الحشرات أو الحيوانات جروحاً يمكن أن تدخل من خلالها أمراض النباتات. الفتحات الطبيعية تشمل المسام [الثغور] (Stomata) في أسطح النبات والفتحات على أطراف الأوراق (هيداتودس) (Hydathodes)، وندوب من أوراق قد قصت، والعديسات (Lenticels) في الجذع والفواكه. للزهور عدة فتحات قد تدخل من طريقها العدوى. الفطريات

والديدان الخيطية والنباتات الطفيلية لها القدرة على دخول النباتات مباشرةً عبر الأسطح غير المفتوحة أو من خلال الفتحات الطبيعية أو بالجرح. قد تحدث العدوى في كل النبتة، أو في جانب واحد من النبات، أو في بعض أجزاء النبات فقط. وقد يكون معظم المرض خارج النبات مع هياكل تدخل النبات للحصول على التغذية للمرض. أمراض أخرى قد تعيش داخل الخلايا أو بين الخلايا. في حالة الأمراض الأخرى، قد تكون الخيوط الفطرية للكائن الحي في الخلايا، وجسم الإثمار خارج النبات.

الوقت بين الإصابة الناجحة وظهور الأعراض يسمّى الحضانة. يمكن أن تكون فترة الحضانة أياماً، كما هو الحال مع البكتيريا أو الفطريات، أو سنوات كما هو الحال مع بعض الفيروسات في النباتات الخشبية. في الوقت الذي تظهر أعراض الأمراض فيه، يكون قد حدث الكثير من الأضرار للنباتات. وقد تُقتل الأمراض، ولكن قد تستمر الآفات الناجمة عن الأضرار من هذا المرض.

السيطرة على الأمراض

تشمل السيطرة على الأمراض العديد من الإجراءات، مجمّعة في الأنشطة التي تنطوي على انتقاء النباتات المقاومة للمرض، واستخدام ممارسات التطعيم لزيادة مقاومة النباتات أو الحفاظ عليها، وحفظ الكائنات المسببة للأمراض بعيداً عن النباتات، واستخدام مبيدات الآفات.

انتقاء النباتات المقاومة للأمراض

ينبغي إيلاء استخدام النباتات المقاومة للأمراض الاعتبار الرئيسي في اختيار الأنواع والأصناف المزروعة من المحاصيل للنمو. بعض النباتات لديها السمات الهيكلية التي تحمل المقاومة لبعض الأمراض. تعرقِل الطبقة الشمعية السميكة على الأوراق دخول مسببات الأمراض، ولا سيّما من الفطريات، إلى النباتات. يوفّر العدد المحدود والأحجام الصغيرة للفتحات ستوما (Stoma)، لينتيسيلس بعض المقاومة لدخول البكتيريا إلى النباتات. يحدّ الشعر على الأوراق من ترطيب الأوراق ويردع العدوى. بعض النباتات لديها مقاومة للأمراض التي توفرها لها كيمياء النبات الحيوية. قد تفرز خلايا بعض النباتات المقاومة طبيعياً

سموماً تقتل مسببات المرض. وتحتوي بعض النباتات داخل أنسجتها على بعض المواد الكيميائية التي تقتل، أو تبطّئ نمو، أو توقف عمل الأمراض التي تخترق الأنسجة. قد تمتلك بعض النباتات الأخرى ردة فعل بإفراز مواد كيميائية تخمد المرض عندما تجرحاتة. ردود فعل الاسمرار (Browning) على الإصابة أمثلة على هذه الاستجابة. قد تؤثّر المواد الكيميائية في النباتات مباشرة على الكائن الحي الدقيق، في حين أنّ مواد أخرى قد تعرقل عمل الإنزيمات أو السموم التي تفرزها الأمراض. بعض النباتات لها القدرة على استقلاب السموم التي تفرزها الأمراض، وتمنع أو تحدّ من انتشار المرض في النبات. وقد تكون مقاومة الفيروسات متصلةً بعدم قدرة الفيروس على أن ينتقل من خلية إلى خلية.

طوّر علماء المحاصيل من خلال تطعيم النباتات فيما بينها [الاستيلاد] واختيار النباتات العديد من أصناف النباتات المقاومة لأمراض المحاصيل. ينبَغي أن يصبح جميع المزارعين على دراية بخصائص مقاومة للمرض في أنواع المحاصيل والأصناف، وإذا أمكن عملياً، إجراء اختيار المحاصيل على أساس هذه الخصائص. بصفة عامة، الأنواع المهجنة الحديثة لديها مقاومة للعديد من الأمراض الطفيلية وغير الطفيلية أو الاضطرابات التي تعيق الأصناف ذات التلقيح المفتوح. يُمكِنُ للمزارعين الحصول على معلومات حول خصائص الأصناف المقاومة للأمراض من أسماء النباتات ومن أوصافها في كتالوجات البذور. على سبيل المثال وجود علامة VF في اسم ما، يشير إلى أن أصناف الطماطم هذه مقاومة لأمراض الذبول الكبكوبي والفوزاريوم؛ وإشارة VFN تشير إلى مقاومة هذا الذبول بالإضافة إلى مقاومة الديدان الخيطية. يمكن ملاحظة الأوصاف الهجينة الجديدة المقاومة إلى أعراق مختلفة من ذبول الفوزاريوم (F_1, F_2)، وفيروس الفسيفساء، والتكسر، وحروق الأطراف (Tipburn)، أو غيرها من الأمراض والاضطرابات.

الممارسات الثقافية لزيادة مقاومة النباتات أو الحفاظ عليها

انتقاء وعلاج النباتات والبذور

ينبغي على المزارعين دائماً البدء بمواد خالية من الأمراض. ويجب على المزارعين شراء البذور حاملة شهادة [خلوها من الأمراض]. يتمّ إنتاج هذه

البذور في ظل الظروف التي يتمّ فيها التحقّق من قبل الحكومة بأن تكون خالية من الأمراض. قد يرغب المزارعون في النظر إلى البذور المعالجة. وتتلقّى بعض البذور العلاج بالمياه الساخنة (مثلاً، 120 درجة Fº لمدة 15 إلى 30 دقيقةً) لقتل العدوى على سطوح البذور. قد يحتاج المزارعون الذين يحفظون البذور الخاصة بهم إلى اتباع هذه الممارسة. وقد تتلقى بصلة النبات أيضاً المعالجة بالماء الساخن. أيضاً يمكن أن توضع بصلات النباتات في مسحوق التبييض المنزلي المخفّف لقتل الأمراض التي تنقلها على سطحها. التخفيف من 1 إلى 5 أو من 1 إلى 10 (جزء 1 من المسحوق مقابل 5 أو 10 أجزاء من المياه من حيث الحجم) مناسب لهذا العلاج. بالنسبة للعديد من المحاصيل، فإن البذور التي تباع في مجموعات بكميات أكبر من تلك الحزم المتجزئة الصغيرة تعالج بمبيد الفطريات، مثل كابتان (Captan) أو الثيرام (Thiram). قد لا تُعتَبَر هذه البذور عضوية، وقد يرغب المزارعون أن يتحقّقوا من تصديق منظمتهم على سمة العضوية في ما يتعلّق بالسماح بالبذور المعالَجة بمبيد الفطريات في نظام إنتاج معتمد. بعض البائعين متخصصون في تسويق البذور من دون مبيدات الفطريات.

يجب على المزارعين تدقيق النباتات للتأكّد من عدم وجود الأمراض. ينبغي أن يشتبه في النباتات ذات الجذور المنتفخة أو المعقّدة بأنها تحمل مرض مضرب جذر أو الدودة الخيطية. وقد تكون الأمراض الأخرى، مثل العفن، واضحة على أوراق الغرسات المزدرعة. قد تحتوي النباتات المصابة بطقطقات الفسيفساء أو تجعّد الأوراق، على الأمراض الفيروسية. يجب على المزارعين الحصول على نباتات بشهادة (مفهرسة) خالية من الفيروسات. في حالة النباتات المعرضة للفيروس (على سبيل المثال الفراولة، والتوت). وينبغي على المزارعين اتخاذ الكثير من الحذر عند الحصول على النباتات ممن هم ليسوا من مزارعي البذور المعتمدة. وينبغي فهرسة بذور الخس باعتبارها خاليةً من الفيروس. مصطلحات (MT zero) (MTO) على حزمة من الخس تشير إلى اختبار فسيفساء صفر، أي عدم وجود فيروس على البذور. ينبغي على المزارعين تجنّب معالجة البذور بأيديهم. تنتقل العديد من الأمراض بالأيدي وتعدي البذور. تجنّب التعامل مع البذور يقلّل أيضاً التعرّض للفطريات في البذور المعالجة.

اختيار المواقع

تنبت الجراثيم الفطرية والبكتيرية جيداً في ظروف دافئة ورطبة. على الرغم من أن المزارعين لا يملكون الكثير لضبط درجة حرارة الحدائق والحقول، ولكن يمكنهم تحديد المواقع التي نزحت [جففت]، والجيدة التهوية، والمشمسة. وينبغي تجنّب المناطق المنخفضة والرطبة. يمكن أن يساعد استخدام الأسرّة المرتفعة في هذه المناطق الرطبة على ردع العدوى بتوفير منطقة مجففة جيداً للزراعة. يساعد التقليم على دوران الهواء في مظلات النباتات. ويجب أن لا تكون المسافات بين النباتات قريبة جداً كي لا تتداخل مع بعضها البعض، أو خلاف ذلك قد ينقطع دوران الهواء وتجفّف أوراق الشجر، أو يصبح المشي من خلال الزرع معوقاً بالمظلة النباتية.

تناوب المحاصيل

يمكن أن يساعد تغيير المحاصيل في قطعة من الأرض على الحدّ من الإصابة بالمرض. وبصفة عامّة، سوف يزيد تفشّي الأمراض في التربة مع زراعة ممتدّة لنفس المحصول في نفس قطعة الأرض على سنوات عدة، كما تزيد عدوى الأمراض. يسمح تناوب المحاصيل المعرّضة وغير المعرّضة بخفض الإصابة وبتقليل كثافة اللقاح المعدي. تناوب المحاصيل يزيل المحصول المعرّض من الأرض ويعطي الوقت لبقايا المحصول لتتحلّل. في نهاية المطاف، تموت مسببات الأمراض جوعاً أو لكبر السن. إضعاف العوامل الممرضة تساعد على موتها، لأنها غذاء للكائنات الدقيقة الأخرى في التربة. تناوب المحاصيل هو واحد من أفضل الطرق للسيطرة على الأمراض في الزراعات الكبيرة، ولا سيما في محاصيل الحبوب (الذرة، والقمح، الجاودار، والشوفان، والشعير).

الأمراض المنقولة من طريق التربة تكون غير متحركة نسبياً مقارنة بالأمراض المنقولة بالهواء أو الناقلات. يمكن أن يكون تناوب المحاصيل ناجحاً في المزروعات الصغيرة مثل الحدائق. لكن، قدر كبير من الفصل المادي للمحاصيل، أو ربما القضاء على المحصول المعرض من الحديقة لموسم واحد أو أكثر، قد يكون ضرورياً لنجاح التناوب. كذلك، على المزارعين أن يكونوا متأكّدين من أن لا علاقة للمحاصيل في التناوب ببعضها البعض بما فيه الكفاية

حتى لا يدوم المرض. تناوب المحاصيل قليل الأهمية في مكافحة الأمراض التي تصيب العديد من النباتات (مثل الفوزاريوم والذبول الكبكوبي).

الامتناع عن زراعة المحاصيل الأكثر عرضة في الأرض لمدة سنتين أو 3 سنوات يسمح بتحلل فضلات المحاصيل (الجذور، والسيقان، والأوراق، والبذور) التي تحتوي على مسببات الأمراض. قد يلزم امتناع أطول [عن زراعة نفس المحاصيل] من 4 إلى 6 سنوات للسيطرة على بعض أمراض الملفوف والبطاطا والقطن. وقد يتم تضمين فترة من عدم الزراعة أيضاً ضمن التناوب، لضمان إضافة القليل أو عدم إضافة أية مواد عضوية من أي مصدر، وأنه ليس هناك أي نبتة في التربة لإدامة هذا المرض. وعلاوة على ذلك، الحراثة المتكرّرة للأراضي غير المحروثة بالمحراث الدوار تجفّف التربة وتساعد على التقليل من مسببات الأمراض.

التناوب غير مطلوب دائماً للتقليل من مستويات العوامل المسببة للمرض في التربة. ومصطلح الزراعة الآحادية الطويلة الأمد، 4 سنوات أو أكثر من نفس المحصول، يمكن أن يكون شكلًا من أشكال المكافحة البيولوجية للأمراض، حيث إن نسبة الأمراض تنخفض مع استمرار الزراعة الآحادية في بعض الحالات. في هذه الزراعات الآحادية، تنشأ مسبّبات المرض بعد سنوات قليلة من زراعة نفس المحصول وتسبب خسائر شديدة، لكن مع استمرار الزراعات الآحادية، تنخفض شدة المرض، وغالباً ما تختفي. يبدو أن الزراعة الآحادية تطوّر كائنات مجهرية محدّدة مضادة للمرض. الكائنات الحية المضادة تكون بأعداد أعلى في تربة الزراعة الآحادية مما هي عليه في التربة التي يمارس فيها تناوب المحاصيل. أنماط من انخفاض الأمراض بالزراعة الآحادية قد ظهرت على نطاق واسع مع القمح المعرض لكل الأمراض وجرب البطاطا.

مكافحة الأعشاب الضارة

قد تحتوي الحشائش المحيطة بالحديقة أو الحقل، على لقاح العدوى لمجموعة متنوّعة من الأمراض النباتية. العديد من النباتات المزروعة لديها أقارب برّية التي كأعشاب ضارة في الحقل قد تُتّخذ مضيفة مديمة الأمراض في التناوب.

يمكن أن يجد مرض مضرب الجذر مضيفاً له في النبتة الصليبية (Crucifer) وفي الخردل البري والرشاد ونبتة محفظة الراعي (Shepherd's Purse). وتكون أعشاب جيمسون الضارة (Jimson) والباذنجان مضيفة لأمراض محاصيل العائلة الباذنجانية، مثل الطماطم والبطاطا والفلفل والباذنجان. يحمل الجرب الشائع على نبات سالف العروس (Amaranthus Pigweed). الكرز البرّي لديه أمراض فطرية قد تصيب المحاصيل المزروعة في البساتين. ونبتة عنب الذئب غالباً ما تكون مصابة بالفيروسات.

تحتاج بعض الأمراض إلى مضيفين اثنين، أو إلى البديل، حيث تقضي جزءاً من دورة حياتها عند مضيف واحد وجزءاً عند المضيف الآخر. المضيف البديل لصدأ أرز – التفاح هو أشجار الأرز وأشجار التفاح؛ المضيف البديل لصدأ الصنوبر الأبيض هو الكشمش الأسود (Black Currant) أو عنب الثعلب (GooseBerry)؛ ولصدأ القمح، هو شجرة البرباريس (Barberry) الشائعة. يمكن أن تتمّ السيطرة على هذه الأمراض بالقضاء على المضيف أو المضيف البديل.

السيطرة على الحشرات

إصابة المحاصيل بالحشرات يمكنها زيادة قابلية النباتات للأمراض بطرق عدّة، على سبيل المثال، بتوفير مسارات لحدوث العدوى، أو بإضعاف النباتات بحيث تقلّ مقاومتها، أو بالمساعدة على انتشار الأمراض. قد تثقُب الحشرات الثمار أو أعضاء النبات الأخرى وتوفّر المسارات التي يمكن دخول أمراض النباتات من طريقها. غالباً ما تولِّد فسيلة النباتات التي أضعفها هجوم الحشرات، نظم جذور ضعيفة ما يزيد من تعرّضِها للأمراض المنقولة في التربة ويُلاحَظ هذا التأثير خصوصاً في الأشجار التي أضعفَتها أضرار الورق بالعث الغجري Gypsy) (Moths، وليفروليرز (Leafrollers) أو المنّ، أو التي أضعفتها الحشرات الثاقبة للجذع. إصابة الجذور بالحشرات أو غيرها من الأضرار يمكن أن تضعف الجذور والفسائل مما يزيد قابلية كلا الجزأين للأمراض.

الحشرات ناقلة للعديد من الأمراض النباتية وخصوصاً الفيروسات وجراثيم الذبول. ينشر المن، وجندب الأوراق وخنافس الخيار وحشرات أخرى

هذه الأمراض. يتطلّب هذا الانتشار نسبة منخفضة من الحشرات. وهناك حاجة لعدد قليل من الحشرات لنشر الأمراض، أو توفير مسارات العدوى مقارنة بعدد الحشرات القادرة على إضعاف النباتات أو التسبب بالضرر المباشر.

إن أية طريقة من الطرق المذكورة في الفصل 11، «مراقبة الحشرات»، يجب أن يكون لها قيمة في خفض انتشار الأمراض بالحشرات. ومع ذلك، للسيطرة على انتشار الأمراض بالحشرات، يجب أن يكون أسلوب التحكم فاعلاً جداً. قد يجد المزارعون أنّ استخدام تغطية الصفوف، والمهاد العاكس والبخاخ والغبار الوسائل الأنجح للحدّ من انتشار الأمراض بالحشرات. [اختيار] التوقيت المناسب للزراعة مهمّ لتجنّب انتشار الأمراض بالحشرات. ويمكن للزراعة المبكرة، أو حتى زراعة الخريف للمحاصيل التي ستتخطّى الشتاء أن تقلل من نشر الأمراض. تظلّ النباتات المصابة في مرحلة الشباب مريضةً وصغيرةً، وتوفّر الظروف الملائمة لتغذية المزيد من الحشرات، مما يؤدي إلى زيادة حالات الأمراض. ومع ذلك، توفر النباتات الناضجة مبكراً، تغطية أكبر للتربة، وبالتالي بعض ناقلات الأمراض، مثل جندب الأوراق تكون أقل احتمالاً بأن تستقر على حقل مغطى بشكل كامل بمحصول من حقل مغطى جزئياً. كذلك، من المحتمل أن تكون النباتات الكبيرة أقل تعرضاً للعدوى من النباتات الصغيرة، الحشرات المتغذية على النبات قد تكون أقل عرضة لأوراق الأشجار المصابة، وبالتالي لنشر المرض إلى نبتة أخرى.

الحفاظ على خصوبة التربة

النباتات الضعيفة من جرّاء نقص المواد الغذائية والتربة الحمضية وسوء تجفيف التربة أو الشروط الأخرى لخصوبة التربة الفقيرة هي أكثر عرضة للإصابة بالأمراض النباتية من النباتات الصحيّة. قد يمرّ نقص المواد الغذائية على نطاق واسع دون تأثير كبير حتى يُحدِثَ ضرراً بمسببات المرض. يساعد التخمير بالنيتروجين النباتات على مقاومة الفوزاريوم والذبول البكتيري. ويتيح تحسُّن نمو الفسيلة والجذور، نتيجةً لتحسين توافر مغذيات النباتات، بقاءها على قيد الحياة على الرغم من وجود لقاح العدوى. لقد ثبت أن تسميد النباتات التي تفتقر إلى الفوسفور يزيد نمو النبات على الرغم من وجود الأمراض المنقولة في

التربة، مثل اللفحة، على الرغم من أنه لا يتمّ تخفيض مسببات المرض بالتسميد. لقد اقتُرح تعزيز تجمّعات المايكورهيزال (Mycorrhizal) في الجذور بعد التخمير بالفوسفور لتزويد النباتات بالحماية ضد العدوى. في بعض الحالات، تبين أن الفسيلة النامية والنمو الكبير بعد التخمير يؤديان إلى تحسين إزالة المياه من التربة، وبالتالي تجفيف التربة، مما يجعلها أقل ملاءمة لمسببات الأمراض.

مع ذلك، يمكن أن يقلّل إمداد كافٍ من المياه للتربة عدوى المحاصيل. الري مفيد في ردع جرب البطاطا. ويمكن أن تضعف أوراق النباتات بالجفاف، وتجعل النباتات أكثر عرضة للأمراض، مثل العفن الدقيقي.

يساعد التكليس (pH 7.2) على مراقبة مرض مضرب الجذر في نبتة الصليبية ومرض الذبول الجرثومي. ومن الصعب المحافظة المؤشر الحمضي pH 7.2 في تربة المناطق المعتدلة الرطبة. ستلزم تطبيقات كبيرة أو سنوية من الكلس لكي تكون هذه الممارسة فاعلة. مع ذلك، يمكن تجنّب جرب البطاطا في التربة الحمضية (pH 5.3)، التي قد تحدّ من نمو الكائنات الحية الممرضة. ومن السّهل الحفاظ على التربة عند هذا المؤشر الحمضي، إذا لم تكن التربة كلسية إذا كانت إضافات حرة من الكلس موجودة. إضافة المواد العضوية (مثل، خث الطحالب)، والكبريت أو أسمدة الأمونياكال أو كبريتات الألمنيوم ستسبب تحمّض التربة.

ظروف البزل الجيدة تساعد على تفادي التعفّن اللين، وتعفّن الخس السفلي، ومرض مضرب الجذور الصليبية والتخميد وغيرها من الأمراض المنقولة في التربة. دوران الهواء (الأكسجين) وتجفيف التربة يساعدان على منع نمو الكائنات الممرضة.

طرق الزراعة و الري

زراعة [النباتات] المتقاربة التي تتسبب بكدمات للنباتات توفّر وسيلة لدخول لقاح العدوى إلى النباتات. قد يقلّل تباعد النباتات المناسب، وتجنّب الدخول إلى الحديقة أو الحقول عندما تكون أوراق الشجر رطبة، من الأضرار التي تنتقل خلال الزراعة. تحدّ الزراعة العميقة بالإضافة إلى تشذيب الجذور، من قدرة النباتات على امتصاص المياه مما يوفّر وسيلةً لدخول لقاح العدوى عن

طريق الجذور المكسورة والضعيفة. تكون هذه النباتات الضعيفة معرّضةً بشدة للإصابة من [أمراض] التربة أو من لقاح العدوى فوق سطح الأرض. إرهاق الجفاف للنباتات الذابلة الضعيفة، يمكن أن يتسبب بالإصابة بسهولة بالأمراض المحمولة في الهواء، ولا سيّما العفن الدقيقي. يمكن استعادة بعض من مقاومة المرض لهذه النباتات بالري.

ينبغي الحرص على تجنب الري المفرط للنباتات. هذا تنبيه مهمّ جداً في زراعة النباتات التي تنمو في حاويات وفي تمدّد النباتات من البذور. ينبغي الحرص على عدم رشّ التربة على الأوراق أو الثمار. كذلك، قد يشكّل ترطيب الأوراق ثقلاً على النباتات ويتسبّب بسقوطها لتلامس التربة. وتوحي بعض التوصيات بتجنّب سقي النباتات في وقت متأخّر أو في الليل حتى لا تبقى أوراق النباتات رطبةً لفترات طويلة، حيث يمكن أن تحدث العدوى بسبب الرطوبة. ينبغي أن تُعدَّل هذه التوصية تبعاً للحس السليم. وينبغي أن تُسقى النباتات التي يلاحظ في وقت متأخر من النهار أو في الليل بأنها تعاني من نقص في المياه. في بعض الحالات، تحقيق الكفاءة في استخدام مياه الري هو بالري في الليل عندما تكون معدّلات التبخّر منخفضة.

ينبغي على المزارعين – هو ممكن أو ما هو عملي – تجنّب ري النباتات بالمياه بنظم الرشّ أو عبر فوهة الخرطوم، لأن ترطيب أوراق الشجر يمكن أن يزيد من عدوى النباتات. ترطيب أوراق الشجر يمكن أن يكسر السيقان الضعيفة أو يجبر النباتات المستقيمة على الانحناء. توفر أوراق الشجر المرطّبة بيئة ملائمة للإصابة بالمرض. لذا يجب على المزارعين محاولة توفير مياه الري مباشرة على التربة. في الحالات التي يكون فيها الري المباشر على التربة غير عملي أو غير مجدٍ، كما هو الحال في بعض الزراعات الكثيفة، أو في المروج، ينبغي على المزارعين أن يستخدموا الممارسات التي تمكّن من تجفيف أوراق الشجر بعد الري بوقت قصير.

استخدام مبيدات الفطريات الواقية

تساعد مبيدات الفطريات على حماية النباتات بتوفير حاجز وقائي لمنع العدوى، بقتل البيوض أو البيوض المتفتحة، أو بقتل المرض بعد الإصابة. العلاج

المبكّر بمبيدات الفطريات أمر بالغ الأهمية للسيطرة على الأمراض وتعافي المحاصيل. يمتلك المزارع العضوي مبيدات فطرية واقية قليلة للاستخدام في منع عدوى المرض أو الحدّ منها. الحجر الكلسي الزراعي والكلس المخفّف، والكلس الحي هي مبيدات فطرية. يقدّم عمل المادّة الكاوية الناتجة من قلوية هذه المنتجات بعض الحماية ضد البيوض المتفتحة والأجسام الفطرية. رماد الخشب هو أيضا من المواد القلوية، التي يمكن أن تكون فاعلة في السيطرة على المرض. البروتينات في الحليب تجعل منه مبيد فطريات خفيف. الكبريت هو مبيد فطريات عضوي. تأثيره هو في منع تفتح البيوض الغبارية. الكلس (أو رماد الخشب) والكبريت قد تخلط لفاعليتها في منع تفتح البيوض أو قتل البيوض المتفتحة أو منع الإصابة بالعدوى. إنه متفق على هيدروكسيد النحاس لإنتاج المحاصيل العضوية. تسمح بعض المنظمات باستخدام أملاح النحاس (كبريتات النحاس) أو خلائط ملح النحاس والكلس. وتسمى خلائط النحاس - الكلس مزيج بوردو (Bordeaux). لا يتمّ تطبيق الجير - الكبريت ومزيج بوردو بنسب دقيقة، ويمكن إجراؤها في عدة لنشرها كغبار أو رذاذ أو الرش على النباتات. أي نوع من المزيجين يمكن أن يكون له بعض السمية النباتية، وخصوصاً خلال الطقس الحار، وقد يؤثّر أيضاً في الكائنات الحية الأخرى غير المستهدفة في البيئة. قد يكون هناك قيد على استعمال الفطريات التي تحتوي على النحاس. وقد تشمل هذه القيود حمايةً ملائمةً للأشخاص الذين يقومون بالتطبيق والإجراءات التي تقلّل من تراكم النحاس في التربة.

لقد اقترح استخدام المشروبات الكحولية وغسولات الفم ودبس السكر وبيروكسيد الهيدروجين كل على حدة أو في تركيبة كمواد مبيدات فطرية. يجب على المزارعين اختبار فاعلية هذه المواد في مكافحة الأمراض، وينبغي التأكّد من أن هذه المواد ليست سامةً للنباتات التي تعالج. وقد تكون فاعلية هذه المواد ذات صلة بالتعقيم السطحي لأوراق الشجر، وبتعزيز تنافسية النمو الميكروبي في أوراق الشجر، أو بالتأثيرات القمعية الأخرى في نمو الكائنات المرضية. بعضٌ من هذه المواد، مثل بيروكسيد الهيدروجين، تقتل بالاحتكاك فقط ، وليس لها تأثير متبقٍّ أو علاجي.

النظافة الصحية

ينبغي إزالة النباتات المريضة وتدميرها فور ظهور المرض. قد يكون تشذيب الأجزاء المريضة مُرضٍ إذا لم تكن إزالة النبتة الكاملة عملية. إزالة أوراق الشجر والفواكه الساقطة مفيدة في كسر دورة حياة الأمراض. بصفة عامة، ليس من الحكمة تخمير النباتات المريضة أو أجزاء من النباتات [لتحويلها إلى سماد]. تصبح درجات الحرارة في أكوام السماد المتخمّر مرتفعة بما يكفي في المناطق الداخلية من الأكوام لقتل الفطريات والبكتيريا. درجة حرارة من نحو 140 Fº تقتل بسرعة الأمراض الفطرية والبكتيرية. درجة حرارة من 105 Fº سوف تقتل هذه الأمراض في غضون عدة أسابيع. قد تقتل السموم التي تتكون أثناء التحويل إلى سماد هذه الأمراض أيضاً. ومع ذلك، قد لا تتعرض كل المواد المريضة للبيئة المعادية ذات درجات الحرارة المرتفعة والسموم، وقد تعيش الأمراض في الأجزاء الخارجية من الأكوام. لا تُقتل بالتخمير فيروس فسيفساء التبغ TMV وبعض الأمراض الفيروسية الأخرى. درجة حرارة بنحو 180 Fº مطلوبة لقتل الفيروسات. ومع ذلك، باستثناء TMV، لا يحتمل أن تنتشر الأمراض الفيروسية عن طريق السماد العضوي المخمّر بسبب عدم وجود ناقل في هذا السماد لجلب العدوى. ومع ذلك، لا تتطلّب TMV ناقلاً للعدوى.

ينبغي أن تقلب بقايا المحاصيل في التربة بعد موسم الحصاد. وسوف تتعفّن المواد العضوية في التربة، الأمر الذي يحول دون السبات الشتوي للأمراض. يجب إزالة الأوراق المتساقطة من أشجار الزينة الناضجة أو الشجيرات وأشجار الفاكهة أو العليق. تغطية الأوراق المتساقطة مادياً بطبقة من السماد المتخمّر قد تمنع انتشار الأمراض من الأوراق المتساقطة إلى مظلة الأشجار أو الشجيرات في الموسم اللاحق. خلط السماد العضوي المتخمّر في التربة قد يدخل الكائنات المجهرية التي تتنافس مع الكائنات المرضية بشكل كافٍ للحدّ مما يخفض عدد الكائنات الحية الممرضة إلى مستويات غير معدية كشكل من أشكال المكافحة البيولوجية.

ينبغي أن تظل الأدوات نظيفة. ويجب كشط التربة العالقة بالمجارف والمجرود والمعاول وأدوات الحديقة الأخرى، ويجب غسل الأدوات بالماء بعد استعمالها. يجب تنظيف أدوات التقليم من نبات لآخر، وإذا تمّ تقليم الأجزاء المصابة، يجب تنظيفها من جزء لآخر. يجب تنظيف أواني البذور وأسطحها

وغسلها بمطهر قبل استخدامها. محلول التبييض المخفّف (1:10 تخفيف محلول التبييض المنزلي بالماء) يمكن أن يستخدم أيضاً في تطهير الأدوات والأواني والأسطح. يمكن استخدام هذا المحلول أيضاً لغمس البصلات قبل أن يتم نقلها من جزء من الحديقة إلى آخر لزراعتها. يمكن تطهير سكاكين التقليم بالغمس في الكحول (الإيزوبروبيل) من استخدام لآخر.

المكافحة البيولوجية

أي تحكّم يشارك فيه خصم حي مباشر للمرض يمكن أن يسمّى مكافحة بيولوجية. المكافحة البيولوجية نادراً ما تقضي على مسببات المرض في البيئة، ولكنها تقلل أعداد مسببات الأمراض أو تحد من قدرتها على التسبب بالأمراض دون تخفيض فعلي في عددها. تختلف الممارسات و تفسير المكافحة البيولوجية على نطاق واسع بين المزارعين. بعض المزارعين يعتبرون أن استخدام أصناف نباتية مقاومة يكون شكلاً من أشكال المكافحة البيولوجية. القضاء على المضيف البديل وتدمير النباتات المصابة هي أيضا من أشكال المكافحة البيولوجية. تناوب المحاصيل هي أيضاً مكافحة بيولوجية. رغم ذلك، تنطوي المكافحة البيولوجية في سياق هذا الكتاب على إدخال متعمّد لخصم حي لمرض أو تنطوي على تهيئة الظروف التي تعطي الخصم الحي تفوقاً على المرض.

تساعد الكائنات الحية الدقيقة المفيدة في البيئة على مكافحة الأمراض النباتية بالتنافس مع الأمراض، وإنتاج المضادات الحيوية أو بإبطاء (Lysing) أو تفتيت الأيض بما يؤثر في نمو الأمراض، أو بإضافة المرض بعدوى أو بافتراس الأمراض. بطبيعة الحال قد تحتوي التربة على مجموعات معقّدة من الكائنات الحيّة الدقيقة التي تتفاعل لمنع الأمراض النباتية. من المرجح أن تحتوي التربة الخصبة على هذه المجموعات المعقدة أكثر من التربة الفقيرة. تساعد الممارسات الجيّدة لإدارة الأراضي والتربة، مثل البزل، والتغطية المكثفة للمحاصيل (التخمير الأخضر)، والتكليس، والتخمير، على بناء هذه المجموعات المتنوّعة من الكائنات الحية الدقيقة. يمكن التغلّب على الإجراءات القامعة للكائنات الحية المفيدة بتشبيع الأرض بالمياه، وإضافة كميات كبيرة من المواد العضوية الغنية بالنيتروجين، أو بإدخال كميات كبيرة من لقاح عدوى المرض. ينبغي توفير

فترة انتظار لبضعة أيام أو أسابيع بين إدماج المواد العضوية الغنية بالنيتروجين، مثل الأسمدة الزراعية أو الأسمدة العضوية، وزرع أو بذر المحاصيل للسماح بتبديد الأمراض التي حفّزت بإضافة المواد العضوية.

تساعد التعديلات المعتدلة للمواد العضوية للتربة في تعزيز المكافحة البيولوجية. يبدو أن مجموع العمل الميكروبي المكثّف الناجم عن المواد العضوية يشارك في المكافحة البيولوجية للأمراض. كذلك، قد تزيد إضافة المواد العضوية للتربة التكاثر الساكن (مثلاً، البيوض المتناثرة) للأمراض وتزيد هضمها بالكائنات الحية الأخرى في التربة. هذه الإجراءات ليست محددةً تماماً لأنواع من المواد العضوية المضافة، وللأمراض، أو للكائنات الحية المعادية.

بصفة عامة، كلما كانت نسبة الأحياء المجهرية التي تدعمها التعديلات بالمواد العضوية أكبر وأكثر تنوّعاً، كان احتمال قمع تأثير المرض أكبر من جرّاء التعديلات. قد ثبت أن الحراثة تحت السماد الأخضر أو إضافة الأسمدة الزراعية تقلّل من الإصابة بجرب البطاطا، وتعفّن الجذور ومرض كل الأمراض. أظهر قصّ العشب الأخضر أنه يساعد في السيطرة على جرب البطاطا. عادة نوع السماد الأخضر (الخضروات والحشائش أو غير الخضروات ذات الأوراق العريضة) ليس عاملاً كبيراً في نشاط قمع المرض عند إضافة المواد العضوية للتربة. و مع ذلك، قد تكون خضروات السماد الأخضر هي المفضّلة للسيطرة على الأمراض. مخلفات الخضروات تحفز النشاط البيولوجي المكثّف بسبب محتواها الغني بالنيتروجين، فضلاً عن الكربون. قد تمنع الأمونيا والمنتجات الأخرى لتحلل الخضروات النمو المستمر للكائنات المرضية أو لا تدعمه.

كما ذكر سابقاً، ينبغي على المزارعين أخذ الحيطة والحذر من الزراعة المباشرة مبكراً بعد دمج السماد الأخضر أو المواد العضوية الأخرى غير المخمّرة، بما في ذلك الأسمدة العضوية. النشاط الميكروبيولوجي المحفز بالسماد الأخضر وغيره من المواد العضوية الطازجة والمنتجات الأيضية لهذا النشاط يمكن أن تقتل أو تضعف المحاصيل أو تجعلها عرضة للأمراض.

يمكن تنمية السماد الأخضر كمحصول للتغطية في فصل الشتاء، ويدمج

[في التربة] كل سنة قبل أن يتم زرع المحاصيل الرئيسية. في بعض المناخات، قد لا تكون البقوليات مناسبة، الأمر الذي يحدّ من محاصيل الأغطية بالشعير أو غيره من الحبوب. ينبغي أن تقلب محاصيل الأغطية غير البقولية وهي خضراء، لأن محاصيل القش الناضجة تثبّت النيتروجين وتقلّل من النشاط البكتيري ، ولا سيّما للكائنات الحية الدقيقة المعادية للأمراض. خلافاً لرد الفعل هذا، أظهر دمج قشّ الحبوب الناضج على عمق قليل في التربة أنه يمنع النيتروجين عن الميكروبات الممرضة. تخترق جذور النبات المضيفة التربة إلى عمق تحت القش المدمج ولا تتأثر بتجمد النيتروجين السطحي.

مع دمج السماد الأخضر في التربة سنوياً، هناك إمكانية لزراعة المحاصيل الرأسمالية الآحادية. تحفّز المادة العضوية المضافة ردود فعل عدائية بما فيه الكفاية لمكافحة مسببات الأمراض وتخفيضها إلى مستويات عدم إعاقة الإنتاج للمحاصيل بالأمراض. ينبغي أن يفهم المزارعون أن مدة طويلة قد تكون مطلوبة لتحقيق التوازن لصالح إنتاج المحاصيل، وأنه لا يمكن التحكّم جيداً في الأمراض التي تعيش لعدة سنوات. كذلك، يجب أن يدرك المزارعون أن عدم التوازن قد يحدث كنتيجة لدمج للمواد العضوية أكثر من ما هو طبيعي، وفي الفصول الجافة أو الرطبة، أو بسبب عوامل بيئية أخرى خارج السيطرة. ينبغي أن ينظر المزارعون الذين بدؤوا يستخدمون تعديلات المواد العضوية للسيطرة على الأمراض في أن المواد العضوية الغنية بشكل معتدل بالنيتروجين وسريعة التحلّل، تحفز أكبر عدد من الكائنات الدقيقة في التربة، وتعطي تحكماً أفضل، في حين أن المواد المتحللة ببطء تعطي تحفيزاً أقل للكائنات الحية الدقيقة وسيطرة أقل. لا تثبت هذه العلاقة في جميع الظروف، لأنه في التربة غير الخصبة بتاتاً، القليلة النيتروجين، يمكن للمواد الغذائية الأخرى وللمواد العضوية وإضافة المواد العضوية الغنية في البداية أن تحفّز نمو مسببات الأمراض أكثر تحفيزها نمو الكائنات الحية المعادية. كذلك، بعد تطبيقات المواد العضوية، ولا سيّما الغنية بالنيتروجين، قد يكون نمو ومطالب الكائنات الحية المفيدة كثيفاً جداً بحيث تصبح هذه الكائنات مسببةً مؤقتةً للأمراض النباتية.

يشجع إدماج السماد المخمّر على نمو الكائنات الحية الدقيقة المفيدة في التربة. يحتوي السماد المخمّر أعداد كبيرة من الكائنات الحية ويشجع على نموها

(مثل فطريات الترايكوديرما (Trichoderma) والغليوكلاديوم (Gliocladium)) التي تقمع الأمراض الفطرية والبكتيرية والديدان الخيطية.

وقد استخدمت نباتات المصيدة والمانعة للأمراض للسيطرة على الديدان الخيطية. ممارسة استخدام نباتات المصيدة تنطوي على زراعة محاصيل قادرة على التقاط الديدان الخيطية بشكل كبير. يتمّ إزالة نباتات الفخ الموبوءة قبل أن تودِع الديدان بيضها. التوقيت ومخاطر زيادة نسبة الديدان الخيطية هي من مشاكل هذه الممارسة. بعض الجهود أظهرت أن استخدام المحاصيل شديدة المقاومة تنتج سيطرة أفضل في الديدان الخيطية من استخدام المحاصيل القادرة على الإمساك بالديدان، بسبب عدم وجود مضيف جيّد في النباتات المقاومة والتجويع اللاحق لهذا المرض. المحاصيل المانعة قد تخفّض عدد الديدان الخيطية. نبتة القطيفة (الفرنسية، المكسيكية، أو المخملية الأفريقية) مقاوِمة لديدان عقدة الجذر الخيطية. لقد أُبلغ أن محاصيل السماد الأخضر من القطّيفة تسبب تخفيضات في كمية الديدان الخيطية في التربة، وتمّ رصد عدد أقل من الديدان الخيطية في التربة الموبوءة قرب جذور القطّيفة من عددها قرب أنواع أخرى من النباتات. تنتج القطّيفة مادة كيميائية تقمع بشدة الديدان الخيطية التي يمكن إفرازها حتى من دون تسوّس الجذور. ومع ذلك، قد يلزم 3 أو 4 أشهر لنمو الجذور بشكل كافٍ لتكون آثار القطيفة في السيطرة على الديدان الخيطية واضحةً. قد تُمارَس تأثيرات القطيفة في أمراض أخرى، مثل ذبول الفوزاريوم، والكبكوبية، وظرير(*) (Helminthosporium)، ولكن لم يتمّ توثيق هذه السيطرة، كتلك التي في الديدان الخيطية. النباتات الأخرى التي أظهرت أنها تعيق تأثيرات الديدان الخيطية هي الهليون (ديدان خيطية قصيرة وثخينة) واللفت أو الخردل (الديدان الخيطية الذهبية).

لقد تركز معظم المناقشة السابقة حول المكافحة البيولوجية على تحفيز النشاط البكتيري بجعل الظروف البيئية ملائمة لنموها. من الممكن أيضاً تلقيح البذور بالكائنات الحية القامعة للمرض، وتم تلقيح كثير من بذور الخضروات بنفس الطريقة بالريزوبيوم (Rhizobium) قبل البذر. تطعيم الحبوب (الذرة،

(*) نوع من أنواع الفطر (المراجع).

والشعير والشوفان والقمح، والقطيفة وبذور الجزر بالبكتيريا (البكتيريا الرقيقة) أو البكتيريا المتسلسلة (Streptomyces)، بينيسيليوم (Penicillium)، وغيرها) قد توفّر الحماية ضدّ عدد من أنواع التعفّن المنقول بالتربة، والذبول، الآفات كما توفر تأثيرات تحسن مردود المحاصيل وإزهارها. قد طُبّق إدخال الكائنات الحيّة المانعة مباشرة في التربة، وكذلك استخدام التربة المحسنة بهذه الكائنات الحية لمكافحة المرض مع بعض النجاح. وقد استخدمت هذه الممارسة في السيطرة على مرض التخميد.

قد تمّ التأكيد هنا على المكافحة البيولوجية لمسبّبات الأمراض المنقولة، من طريق التربة. يعلل هذا التركيز بسبب العدد الكبير من الأمراض المنقولة عن طريق التربة التي تصيب أجزاء النبات تحت الأرض وأجزاءً في الهواء من النباتات. بعض الأمراض المنقولة بالهواء (متلفة النار، والصدأ، والعفن الفطري) والأمراض التي تنقلها الناقلات (المنقولة بالمن (Aphid)، والفيروسات المنقولة من طريق نطاط الورق (Leafhopper)، مرض الدردار الهولندي (Dutch Elm)، ولفحة الكستناء) ليس لديها اتصال مع التربة. ومع ذلك، تشير الأدلة إلى وجود عدد من المجموعات الميكروبيولوجية الكبيرة والمتنوّعة في الجزء الهوائي من النباتات، وأنه قد تقمع هجمات لمسببات الأمراض بكائنات مجهرية أخرى على الأسطح النباتية. ربما رشّ دبس السكر على أسطح الأوراق قد يعزّز تنوّع الكائنات الحية الدقيقة ويزيد التنافس مع الكائنات الدقيقة المسببة للأمراض.

على الرغم من احتمالاتها، فإن تطوير الممارسات البيولوجية للسيطرة على أمراض فسائل النبات كان محدوداً. ولعلّ العامل المقيّد في هذا التطوّر هو أن تطبيق السيطرة البيولوجية تواجه منافسة مباشرة مع استخدام مختلف أنواع الرش على الأوراق والغبار، التي يعتقد أنها أكثر فاعلية.

مسبّبات الأمراض التي تدخل النباتات من طريق الجروح قد تُقمع بالكائنات المجهرية التي تمتص غيرها من الكائنات الحية (Saprophytic) المقيمة في الجروح. لقد مورس تطبيق فطريات قمع الأمراض لتنقية جروح الفاكهة وأشجار الغابات بنجاح في السيطرة على الأمراض. تسيطِرُ تطبيقات العفن الرمادي .Botrytis) spp). على الأمراض الفطرية للخس والطماطم. تكويم التربة حولها،

مع عدم تغطية الأجزاء الهوائية من الخس يقلّل أيضاً من التهابات العفن الرمادي. لقد أظهرت الأبحاث أنه من المهم أن تكون الكائنات الحية المعادية حاضرةً عندما تَضرِب مسببات المرض الأجزاء الهوائية. إذا ضربت مسبّبات المرض أولاً، فإنها تحتلّ الأنسجة، وتمنع تأثير الكائنات الحية المعادية.

التشميس

التشميس يشير إلى تغطية التربة بطبقة من فيلم البولي إثيلين الشفاف الذي يلتقط الطاقة الشمسية و يرفع درجة حرارة التربة بما يكفي لتقتل أو تمنع الأمراض النباتية والحشرات والأعشاب الضارة. ويطبق عادة 3 أو 4 أسابيع من التشميس لمكافحة الأمراض والحشرات، ولكن قد تكون هناك حاجة إلى 6 أسابيع لقمع الأعشاب الضارة. هناك حاجة إلى وقت لرفع درجة حرارة التربة بما فيه الكفاية، وعلى عمق كافٍ لتكون فاعلة. ينبغي أن ترتفع درجات الحرارة إلى نحو 110 Fº في المنطقة المشمسة وتبقى ثابتة لعدة أسابيع. ويجب أن يكون العمق الفعال للاحترار من 4 إلى 8 بوصة. التربة تسخن من السّطح إلى الأسفل، ستكون درجة حرارة التربة عند عمق 4 بوصة ضعف درجة الحرارة في عمق 8 بوصة. لذلك، بعد التشميس، ينبغي أن لا تكون التربة مزروعةً بعمق أكثر من 3 إلى 5 بوصات لتجنّب إمكانية سحب الحشرات من المنطقة العميقة غير المتأثرة بالتشميس.

ينبغي أن تكون المنطقة التي ستشمّس مرطّبة جيداً قبل أن تغطّى بالبلاستيك. بعد الانتهاء من التشميس قد يزال البلاستيك أو يترك في المكان ويغطّى بطلاء اللاتكس (Latex) أو بمحلول أبيض أو بمهاد عضوي لإبعاد الضوء وللسماح بمكافحة الأعشاب الضارة. خلط سماد المزرعة أو السماد العضوي المخمّر في التربة قبل التغطية والتشميس يحسّن السيطرة على الأعشاب الضارة التي يمكن أن تنتقل بهذه المواد. وضع طبقة من السماد المخمّر داكنة اللون على سطح التربة قبل تطبيق البلاستيك سيرفع درجة احترار التربة بدرجات عدة. يعمل التشميس بشكل أفضل في أشهر الصيف الحارة، وفي المناخات الحارة. ربّما لن يكون ارتفاع درجة حرارة التربة المشمسة في فصل الربيع في المناخات الشمالية كافياً لقتل الآفات.

التخزين

لا ينبغي إلا تخزين الثمار والخضروات السليمة، الناضجة جيداً، والجافة خارجياً، والخالية من الأمراض. ويجب عدم تخزين المنتجات الزراعية المثقوبة. يجب إزالة الجزء الجذعي للطماطم في الحصاد كي لا يثقب الثمار الأخرى، على الرغم من أنه في بعض الممارسات يُترَك الجذع على الفاكهة كعامل في مجال التسويق، إذ إن بعض الناس يعتقد أن بقاء الجذع هو مؤشّر على النضارة. ويساعد علاج بعض من المنتجات الزراعية بعد الحصاد على تحسين حياة المنتجات في فترة التخزين. يتخزّن البصل المعالج في الشمس لبضعة أيام أكثر من البصل غير المعالج. ويجب أن تكون منطقة التخزين باردة، يصلها الهواء بشكل جيد، ومهواة. وسيساعد التبييض الداخلي على تطهير منطقة التخزين.

الفصل الثالث عشر

الزرع مع الرفيق

الزرع مع الرفيق (Companion Planting) هو زرع مشترك لاثنين أو أكثر من المحاصيل التي يُستفاد من ارتباطها فيما بينها. وتتجلّى الفوائد المعروفة من الزرع مع الرفيق في السيطرة على الحشرات، وتحسين ظروف التربة وتحسين المردود، والزيادة في المحاصيل. بعض الفوائد موثّقة توثيقاً جيداً، في حين أن البعض الآخر لم يتمّ اختباره وقد تكون مأخوذة من الشهادات فقط.

يعتقد بعض الناس أن عملية الزرع مع الرفيق هي عملية في غاية الدقة. المقاربة المتحركة للمزارعين البيولوجيين الحيويين (Biodynamic Gardener) للزرع مع الرفيق تأخذ بعين الاعتبار النباتات التي تنمو بشكل جيد مع بعضها البعض وتلك التي لا تنمو بشكل جيد مع بعضها البعض. لقد تمت صياغة توصيات مستفيضة للزرع مع الرفيق لتوضيح [عمل] الزراعات المشتركة استناداً إلى التأثيرات المفترضة للنباتات على بعضها البعض. في بعض طُرُق العرض، يكون هذا النهج متشدداً من حيث الدقة والتفاصيل لتوصيات تتجاوز الآثار المتوقعة في العادة للنباتات على بعضها البعض. ومع ذلك، ينبغي وجود قدر كبير من التخطيط لاختيار نباتات الزرع المشترك مع الرفيق (Interplanting) لتُستخدم في إنتاج المحاصيل.

هناك تنافس بين النباتات في الزرع مع الرفيق على ما هو متوافر بشكل مشترك من المساحة والضوء والعناصر الغذائية والمياه. يجب النظر إلى الحيوية

النسبية وحجم النباتات في عملية الزرع مع الرفيق. هناك نباتات طويلة القامة قد تظلِّل على النباتات القصيرة، وبالتالي قد تساعد تلك النباتات القصيرة أو تقمعها. في الشتاء، تعطي النباتات المترسخة حماية للنباتات التي تكون في طور النمو والتي لم تتأقلم بعد مع درجات الحرارة الباردة. وبعض النباتات تمتلك الجذور القوية التي تخترق التربة بعمق أو تتمدد أفقياً بشكل كثيف. ويمكن أن تساعد نظم الجذور الوافرة النمو هذه على تفكّك التربة لنمو النباتات الأخرى في الزرع مع الرفيق. ومع ذلك، فإن هذه الجذور لواحدة من النباتات قد تستنفد بمفردها المواد الغذائية والماء في التربة وتسبّب الحرمان لغيرها من النباتات من تلك الأشياء .

تُزرع النباتات البقولية والعشبية مع بعضها كثيراً في الزرع مع الرفيق. وتتحقّق الفوائد للزارع عادةً في المنتج الأفضل (راجع الجزء الموجود بعنوان «تحسين المنتج») بدلاً من التأثيرات المتبادلة بين النباتات مع بعضها بعضاً. ويجب الحرص على التأكّد من أن تكون ظروف النمو في حالات الزرع المشترك هي المثلى [لكل النباتات] بدلاً من وجود ظروف لصالح محصول واحد بعينه.

بعض الفوائد من الزرع مع الرفيق تكمن في مجالات الحشائش والبقوليات قد أسندت إلى حقيقة أن البقوليات تثبت النيتروجين الموجود في الهواء. لكن المنفعة المتبادلة من تثبيت النيتروجين هي عملياً ضئيلة. قد تفرز بعض البقوليات النيتروجين من جذورها الحيّة، ولكن عادة لا يكفي النيتروجين المُفرز للنباتات العشبية الأخرى أو غيرها من النباتات غير البقولية التي تعيش مع البقوليات التي تتلقى الفائدة. لا تتحقق الاستفادة من النيتروجين المثبّت إلا بعد موت النباتات البقولية حيث يتم تحرير النيتروجين بواسطة عملية التمعدن. يمكن أن يكون النيتروجين غير كافٍ للنباتات غير البقولية المزروعة مع البقوليات، نظراً لأن نباتات البقول الموجودة لا تساهم في عملية إنتاج النيتروجين للتربة، وفي هذه الحالة تتنافس مع النباتات غير البقولية في النيتروجين الموجود في التربة ويكون ما نسبته ثلاثة أخماس إلى الثلثين من النيتروجين في برعم البقوليات بدلاً من أن يكون في الجذور كما يرى الكثير من الناس.

يجب أن تكون الكثافة النسبية لزراعة البقول وغير البقول متوازنة، ربما مع

كثافة أعلى من غير البقول، تجنباً لعدم إعطاء ميزة تنافسية لنوع أو آخر في حالة عدم التسميد.

وعلى الرغم من ذلك، فإن ردة فعل خليط البقوليات مع الأعشاب للتسميد بالنيتروجين يؤدّي الى نمو وافر للأعشاب، وهذا النمو التنافسي يؤدّي إلى الحدّ من نسبة البقوليات في الخليط. ويمكن أن يؤدي التخمير النيتروجيني للمراعي وللأراضي المليئة بالقش، إذا زرعت على شكل خليط من الأعشاب والبقوليات، إلى هيمنة الأعشاب بشكل كبير إلى حدّ استبعاد البقوليات.

يمكن أن يكون لبعض النباتات تأثير جانبي غير مباشر على نباتات أخرى عدا المنافسة المباشرة على الضوء والمياه والمواد الغذائية والهواء. لقد تمت دراسة التأثير القمعي غير التنافسي لنبات في آخر يزرع معه بشكل جيد ويسمّى هذا التأثير الليلوباثي (Allelopathy) يجب أن ندرك آثار اختيارنا للمحاصيل للزرع مع الرفيق للتأثيرات الليلوباثية، للنباتات على بعضها البعض أيضاً. فقد يكون التأثير بإفراز المواد المركبة التي تنشرها جذور النباتات المانحة. وقد تكون المواد المركبة أيضاً موجودة في أجزاء النباتات لا في جذورها فقط، ويمكن أن تنتقل إلى الأرض بواسطة التسرّب [التنقيط]، أو مع هطول الأمطار، أو بسقوط أوراق هذه النباتات، أو بحرث أجزاء النبات الهوائية داخل التربة. مثال على ذلك، تأثير أشجار الجوز الأسود المزروعات التي تزرع تحتها هو تأثير معروف لليلوباثي. حيث إنَّ أشجار الجوز الأسود تقمع نمو شجيرات الزينة والعناب والطماطم، والمحاصيل الأخرى التي تعيش تحت مظلة هذه الأشجار. حيث يتمّ انتقال مركّب يسمى جغلون (Juglone) بواسطة نزف من أوراق شجرة الجوز إلى أوراق الشجر التي تعيش تحتها. لا ينبغي الخلط بين تأثير الليلوباثية من الأشجار في المحاصيل وتأثير تنافسية الأشجار في امتصاص المياه.

العديد من المزروعات التي تزرع في صفوف مع غيرها من المزروعات لها تأثير الليلوباثي [على تلك النباتات]. ويبدو أنَّ جذور عباد الشمس تفرز المركّبات التي تمنع نمو النباتات الأخرى، بما في ذلك الأعشاب الضارة. وبالإضافة إلى ذلك، إن البقايا العشبية الخضراء وبذور عباد الشمس لها التأثير الليلوباثي. وترتبط آثار الليلوباثية مع بقايا الذرة وقش الحبوب الصغيرة، وبقايا فول الصويا،

وبقايا الحشائش وغيرها من المحاصيل. يمكن أن تُستَخدَم التأثيرات الليلوباثية في مكافحة الأعشاب الضارة، شريطة أن لا تستخدم مباشرة على المزروعات الرئيسية. ويمكن أن يكون توقيت الزرع عاملاً في الاستفادة من التأثير الليلوباثي بين النباتات.

فوائد الزرع مع الرفيق

مكافحة الحشرات

ذُكِرَ أنَ بعض النباتات تساعد في صدّ بعض الحشرات والآفات المشابهة. مع العلم أنَّ الكثير من هذا الادعاء غير مجرَّب، ولكن بعض الأمثلة تشمل تقارير بأنَّ النعناع البري يساعد على ردع الخنافس والبرغوث، حيث إنّ النعناع يساعد على طرد عث اللوبير (Looper Moths)، والثوم يساعد على طرد الخنافس اليابانية، والقطَيفة (Marigolds) تقتل الديدان الخيطية المنقولة بالتربة. الأدلة على أنَّ القطيفة تقتل الديدان الخيطية هي المثل الأكثر توثيقاً بين الأمثلة التي ذُكرت. في الوقت عينه، هناك بعض النباتات تساعد كفخ في جذب الحشرات، فتعلق بها هذه الحشرات بحيث يمكن قتلها أو إزالتها، وترك المحصول الرئيسي سليماً وربما غير مصاب بآفات. قد تستخدم ثمار أو نبتة الباذنجان في طرد خنافس البطاطا. ويتمّ استخدام الذرة لجذب دودة الكيزان (Earworms)، المتطابقة مع دودة فاكهة الطماطم ودودة براعم الطماطم. لقد استُخدِمَ اللفت والفجل والخردل للإمساك ببقة المهرّج (Harlequin Bug) وإبعادها عن الملفوف والخس والذرة والباذنجان والكوسى والبطاطا. ويقال إنّ بعض النباتات تجذب الحشرات النافعة كالعناكب والعث إلى الغرس والتي تساعد في المكافحة البيولوجية وفي دحر بعض الآفات. وتفيد التقارير أنَّ زهور النجمة (Asters) تستخدم لجذب العناكب المفيدة. ويستخدم الشمر لجذب الدبابير المفيدة، وتمّ الإبلاغ مؤخراً بأنَّ زهور البتونيا (Petunias) تساعد على جذب حشرة أسد المن.

توحي التقييمات لفائدة الزرع مع الرفيق في مكافحة الحشرات بأنّ معظم النباتات لها تأثير ضئيل في مكافحة الحشرات التي تؤذي النباتات الأخرى. ويبدو أنّ نجاح بعض الزرع مع الرفيق يرجع إلى حقيقة أنّ بعض المحاصيل

لديها القدرة على إعطاء مردود جيد نسبياً في غياب مكافحة الحشرات من أي نوع كانت، في حين يفشل البعض الآخر، لأنّ بعض المحاصيل لا يمكنها أن تنمو بنجاح إلا إذا تمّت مكافحة الحشرات بأي وسيلة كانت.

تحسين ظروف التربة

بعض المحاصيل مثل البرسيم عميقة الجذور. ويمكن لهذه الجذور أن تخترق التربة إلى عمق كبير وتؤدّي إلى زعزعة الأحواض، وتفتيت التربة، وتوفر قنوات لتحسين صرف المياه في التربة. قد يرغب المزارعون في تجنّب زراعة المحاصيل ذات الجذور العميقة في الأراضي الجافّة بسبب احتمال نضوب المياه الجوفية بواسطة ترشيح النباتات للمياه الأمر الذي يؤدّي إلى صعوبة إعادة تعبئة التربة بالمياه الجوفية. نضوب المياه الجوفية ضار بالمزروعات التي تزرع على نفس التربة أو المزروعات التي تداور مع النباتات عميقة الجذور. ومع ذلك، يمكن للنباتات ذات نظم الجذور الليفيّة أن تساعد في تفتيت التربة على أعماق قليلة. ومع ذلك، فإن الاستفادة من المحاصيل في تحسين بنية التربة في الزرع مع الرفيق قد لا توازي ما يتمّ الحصول عليه في مداورة المحاصيل حيث يتم تقليب السماد الأخضر داخل التربة.

تحسين المنتج

غالباً، تكون أعلاف البقوليات المخلوطة بالعشب أفضل لتغذية الماشية من الأعلاف المنتجة من المحاصيل المزروعة بشكل منفرد. حيث إنَّ زراعة وحصاد الأعلاف في الزرع مع الرفيق من البقوليات والحشائش يؤدّي إلى توازن في البروتين والكربوهيدرات والألياف في المنتج. وتغني البقوليات العلف في الخلطة بالبروتين، وتعزز الأعشاب الألياف والكربوهيدرات في العلف. لذا فإنَّ الأعلاف البقولية لوحدها تكون غنية بالبروتين قد تؤدّي الى خلل في النظام الغذائي عند الماشية التي تتغذّى على الأعلاف البقولية فقط. في حين أنّ كمية البروتين منخفضة في الأعلاف العشبية، والماشية التي تتغذّى على الأعشاب العلفية أو الحبوب عادة ما تتطلب تكملة للبروتين والبقوليات هي التي توفّر هذا الأمر.

تخفيف صفوف المحاصيل المزروعة

قد يرغب المزارعون زراعة مشتركة لنوعين من المحاصيل، واحد منها يكون مقطوفاً قبل الآخر بحيث يكون المحصول المتبقي موزعاً بشكل واسع ليعطي مردوداً عالياً. المهمّ في الزراعة المشتركة أن تكون المزروعات ذات أوقات نضوج مختلفة وأن تكون المنافسة بين المحاصيل غير شديدة. مثلاً تتمّ زراعة الجزر والفجل أو شمندر المائدة في نفس الوقت ولكن يتمّ جني ثمار الشمندر أو الفجل قبل الجزر. في زراعة الكراث (Leeks) مع الجزر، يشغل الكراث مساحة أكبر بحيث لا يكون الجزر المزروع كثيفاً. وفي هذه الحالة، يتمّ حصاده الجزر أولاً.

السيطرة على الأعشاب الضارة

هناك درجة عالية من الادعاءات في عمليّة مكافحة الأعشاب الضارة في الزرع مع الرفيق. حيث غالباً ما يكون أحد المحاصيل مهيمناً وكأنه عشبة ضارة في التنافس على المساحة والهواء والضوء والمياه والمواد الغذائية. في كثير من الأحيان يقوم المزارع بزراعة محصول بشكل كثيف أكثر من النوع الآخر ثمّ يستخدم بعض الأساليب لقمع نمو النوع غير المطلوب. على سبيل المثال، يتمّ زرع الحدائق بالمرج الأخضر (Sod) ما عدا في تلك المناطق التي تحرث لزرع المحاصيل الرئيسية، ويتمّ قصّ المرج الأخضر الموجود بين صفوف المحصول لتوفير مسارات للمارة وتحسين مظهر الحديقة. تتحقّق مكافحة الأعشاب الضارة على أفضل وجه باستخدام المزروعات اللوباثية المانعة لنمو هذه الأعشاب عند مداورة المحاصيل، أو بجلب مخلّفات هذا المحصول إلى الحقل أو الحديقة. لقد ثبت أنَّ مخلّفات الشوفان والشعير تعطي 50% إلى 70% من السيطرة على عشب الفناء (Barnyardgrass)، وعشب الفرفحين (Purslane)، وعشب السلطعون (Crabgrass). وقد ثبتت سيطرة مماثلة لمخلفات الذرة في نمو السرمق والجذر الهوائي الأحمر (Redroot Pigweed). وقد تمّ التوثيق بأنَ بقايا القطيفة تسيطر نسبته 80% على الفرفحين. على الرغم من أن أيّاً من مستويات التحكّم هذه هو غير كافٍ لقمع الأعشاب الضارة (نحو 95% هو المطلوب)، واستخدام المخلفات أو بقايا النباتات لقمع الأعشاب الضارة قد يسهّل المهمة لمكافحة هذه الأعشاب.

خطط الزرع مع الرفيق

يمكن أن تُنفّذ العديد من التصميمات في الزراعة مع الرفيق. من الأساليب الشائعة للزراعة المتشاركة هي تعاقب النباتات داخل نفس الصف (الشكل 13. 1 أ). يضع هذا النمط كل نبتة من أحد الأنواع بجوار نبتة أخرى من نوع مختلف ويكون هناك احتمال كبير للتفاعل بين هذين النوعين. كذلك، قد تُزرع مجموعة من صنف نباتي في صف واحد (الشكل 13. 1 ب).

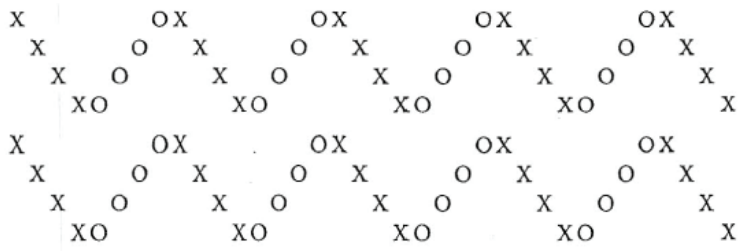
(أ) تناوب نباتات منفردة في اصفوف

الصف X.1	O	X	O	X	O	X	O	X	O	X	O
الصف O.2	X	O	X	O	X	O	X	O	X	O	X
الصف X.3	O	X	O	X	O	X	O	X	O	X	O
الصف O.4	X	O	X	O	X	O	X	O	X	O	X

(ب) تناوب مجموعات من النباتات في صفوف

الصف X.1	X	X	X	X	X	O	O	O	O	O	X	X	X	X
الصف O.2	O	O	O	O	O	X	X	X	X	X	O	O	O	O
الصف X.3	X	X	X	X	X	O	O	O	O	O	X	X	X	X
الصف O.4	O	O	O	O	O	X	X	X	X	X	O	O	O	O

(ج) زراعة مجموعات متعرّجة من النباتات في صفوف



الشكل 1.13 مخطط لزراعة خطوط من المحاصيل بالتناوب. **(أ)** تناوب النباتات الفردية (O وX) في الصفوف، **(ب)** تناوب مجموعة نباتات في الصفوف، **(ج)** تناوب مجموعات من النباتات في صفوف متعرجة.

يمتاز هذا المخطط بزراعة مجموعة من النباتات من نفس الصنف مما يساعد في التلقيح والجني. إن زراعة النباتات في صفوف متعرّجة لإحداث تقارب بين النباتات من الأنواع المختلفة من بعضها عكس ما يحدث في عملية الزرع في خطوط مستقيمة (الشكل 13. 1 ج). إذا تمّت زراعة خطين أو أكثر، يجب أن تُغرس أنواع البذور بشكل متناوب بين الصفوف لتأمين تنوّع في الزرع (الشكل 13. 1 أ، ب). قد تكون النباتات ضمن مقاطع تحتوي على عدة صفوف من أحد الأنواع التي تتناوب مع مقاطع من النوع الآخر (الشكل 13. 2 أ). هذا النمط من الزراعة يخلق مجموعات متجانسة من النباتات لتسهيل التلقيح والجني. رسم حدود حول حديقة ما بالنبات هو شكل من أشكال الزرع مع الرفيق (الشكل 13. 2 ب). يمكن استخدام الحدود لجذب الحشرات النافعة إلى المنطقة أو استخدامها كطعم لها لتفعيل نمو المحاصيل الملائمة.

إشكالات الزرع مع الرفيق

تشير العديد من البيانات إلى النجاح في استخدام الزرع مع الرفيق، هي تأتي من شهادات غير مؤكّدة. وينبغي على المزارعين الحذر من ادعاءات مثل «الجزر يكره الشبت (Dill)»، و«المريمية القرمزية (Scarlet Sage) تصدّ القوارض»، و«الفجل لا يكون سعيداً بالقرب من الزوفا (Hyssop)». قد لا يتمّ التعرّف على العامل المفيد في بعض الأحيان أو يقدر بشكل خاطىء. ترتبط العديد من هذه المفاهيم الخاطئة تتعلّق بعامل المنفعة مع الأعشاب الضارة. ويتوقع العديد من المزارعين أنّ السماح للأعشاب بالنمو مع محاصيلهم يساهم في نمو هذه المحاصيل. وقد تجذب الأعشاب المزهرة الحشرات الملقحة إلى المنطقة، للمساعدة في تنمية الفاكهة من خلال التلقيح المتبادل بين المحاصيل. مع ذلك، يشكّ بعض الناس أنّ الأعشاب المزهرة قد تُبعد النَّحل في بعض الحالات بعيداً عن المحاصيل وتحدّ من التلقيح. ينبغي على المرء أن يكون قلقاً دائماً من منافسة الأعشاب الضارة للمحاصيل في ما يتعلق بتوافر المياه والمواد الغذائية والضوء. الأعشاب هي الأماكن التي يمكن أن تساعد في إيواء الآفات الحشرية.

(أ) تناوب كُتَل من النباتات

XXXXX OOOOO XXXXX OOOOO XXXXX OOOOO
XXXXX OOOOO XXXXX OOOOO XXXXX OOOOO
XXXXX OOOOO XXXXX OOOOO XXXXX OOOOO
XXXXX OOOOO XXXXX OOOOO XXXXX OOOOO
XXXXX OOOOO XXXXX OOOOO XXXXX OOOOO
XXXXX OOOOO XXXXX OOOOO XXXXX OOOOO
XXXXX OOOOO XXXXX OOOOO XXXXX OOOOO

(ب) حدود من النباتات حول كتلة

OOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOO
OXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXO
OXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXO
OXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXO
OXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXO
OXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXO
OXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXO
OXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXO
OXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXO
OOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOO

الشكل 2.13 الرسم التخطيطي لـ **(أ)** تناوب كتل المحاصيل و**(ب)** وضع صف من الحدود حول كتلة من المحصول.

الأعشاب هي أيضا مصادر جيدة للقاح عدوى المرض. هنالك ادّعاء بأنّ أفضل مواسم الحصاد من اليقطين، أو المحاصيل الأخرى، قد تأتي من المناطق التي تنمو فيها أعشاب جيمسون الضارة (Jimson) والمرتبطة بالفائدة من وجود أعشاب جيمسون الضارة. تنمو أعشاب جيمسون الضارة بشكل أفضل في التربة الغنية جداً بالمواد الغذائية، مثل أحواش مخازن الحبوب القديمة. وجود أعشاب جيمسون الضارة هو مؤشّر لارتفاع خصوبة الأرض، ويرتفع مردود للاستجابة لهذه الخصوبة. لكن المردود يكون أعلى إذا تمّت إزالة الأعشاب. لقد جرى ربط المردود الجيد للبطيخ العالي الجودة، أو من محاصيل أخرى، بوجود بقع من

الأعشاب في الأراضي. مرة أخرى، تتزايد الأعشاب بشكل كبير وتنمو مع زيادة خصوبة التربة، والتي قد تشمل عوامل مثل الرطوبة وكذلك المواد الغذائية. قد يمكن للمرء أن يتقبل في إنتاج البطيخ أن بعض الأعشاب التي تظلّله وتسمح بتوافر البرودة ما يعطيه الطعم اللذيذ مقارنة بالبطيخ الذي يكبر وينمو تحت أشعة الشمس.

الفصل الرابع عشر

تخزين المنتجات

يستعرض هذا الفصل، تخزين الفواكه والخضار من دون تبريد .يتطلّب التخزين من دون التبريد مرفقاً مناسباً، مثل الطابق تحت الأرض أو القبو أو الجناح الإضافي لمبنى (ملحق)، أو التجويفة داخل الأرض. يتوقّف نوع الوسيلة المستخدمة على المناخ في المنطقة، ولكن عموماً، معظم المرافق غير المبرّدة ليست عملية إلا إذا كان متوسط درجة حرارة فصل الشتاء الخارجية يساوي 32 Fº أو أقل. إذا كانت درجة الحرارة في الخارج ليست باردة بما فيه الكفاية، سوف تكون درجات الحرارة في منطقة التخزين حارة جداً ولن تمنع تلف المنتجات عدا المواد المجففة.

مرافق التخزين

الطوابق تحت الأرض

يمكن استخدام الطابق العادي تحت الأرض من دون أي تعديل، وبوجود التدفئة المركزية في منزل عبر حراق ذلك الطابق، للتخزين لمدة قصيرة (بضعة أسابيع) للبطاطس والبطاطا الحلوة، والبصل، ولإنضاج الطماطم، تؤمن التدفئة الكهربائية في المنزل عادةً البرودة في الطابق تحت الأرض، ولكن وجود حراق في الطابق تحت الأرض سيثبت حرارة أكثر من اللازم لتخزين الفواكه والخضروات على المدى الطويل (طيلة فصل الشتاء). ستحتاج الطوابق تحت الأرض التي تحتوي على حراق للتدفئة الحرارية لتقسيم لتوفير مساحة تخزين

باردة. ومن المفضل أن تكون المنطقة المقسّمة للتخزين في الجزء الأكثر برودة، التي تكون عادة في الركن الشمالي الشرقي أو في الجهة الشمالية أو الشرقية من الطابق تحت الأرض. ينبغي أن لا تمرّ أنابيب التدفئة أو مجاري الهواء الدافىء عبر هذه الغرفة. إذا كانت هذه الأشياء موجودة، فيجب أن تكون معزولة حرارياً. وينبغي أن يكون لغرفة التخزين نافذة واحدة على الأقل لتبريد وتهوية الغرفة. الروائح يمكن أن تكون مشكلة إذا سُمِحَ لها بأن تتسرب إلى أماكن المعيشة بالمنزل، مما يضيف شرطاً أساسياً آخر للتهوية الجيدة في منطقة التخزين في الطابق تحت الأرض. فبسبب الروائح الكريهة التي قد تتسرّب إلى أماكن المعيشة، يجب أن لا يخزّن اللفت البقلي، واللفت (المخلل)، والكرنب، والملفوف، وربما البصل في طوابق التخزين تحت الأرض.

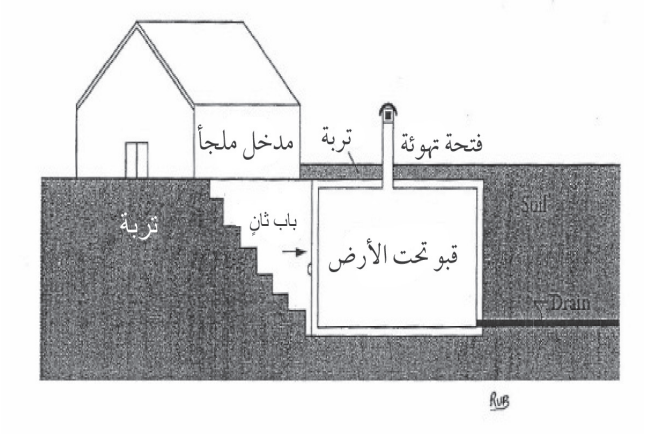
إذا كانت غرفة التخزين مقسّمة إلى نصفين لتخزين الفواكه والخضروات كلاً على حدة، يزوّد كل قسم بنافذة مستقلة. ينبغي أن تُغطّى النوافذ ببرادٍ لحجب الضوء عن غرفة التخزين. ينبغي أن تكون الغرفة مزوّدة بالرفوف وبالمنصات الأرضية المضلّعة لمنع التصاق المنتج بالأرضية، وللسماح للهواء بالمرور. قد تُوضع نشارة الخشب على الأرض وتحت المنصّات لتقليل وتبلل لزيادة الرّطوبة. يجب أن تخزن الفواكه والخضروات في صناديق أو أقفاص خشبية صغيرة، وأن توضع على الرفوف أو المنصات عوضاً عن وضعها في الصناديق الكبيرة.

الأقبية

الأقبِية هي هياكل غير مدفّأة تحت البيوت أو تحت الأرض أو جزئياً تحت الأرض بعيداً عن المنازل. قد يكون للأقبية تحت البيوت مداخل منفصلة عن المنزل، تُمَيّزها عن الطوابق السفلية. باب المدخل يعطي وسيلة للتهوية ولتنظيم درجة الحرارة في القبو. ينبغي أن تعامل أقبية التخزين الموجودة تحت المنزل كما لو كانت غرفة مقسّمة من الطابق السفلي [كما هو مذكور أعلاه].

يمكن أن تكون الأقبية الموجودة في الهواء الطّلق مكلفة في البناء؛ ومن ثُمّ، قد لا تتوافر فيها إلا مساحة محدودة فقط. إنّها توفّر مرافق ممتازة لتخزين المنتجات في المناطق الباردة وتعطي درجات حرارة موحّدةً نسبياً على مدار

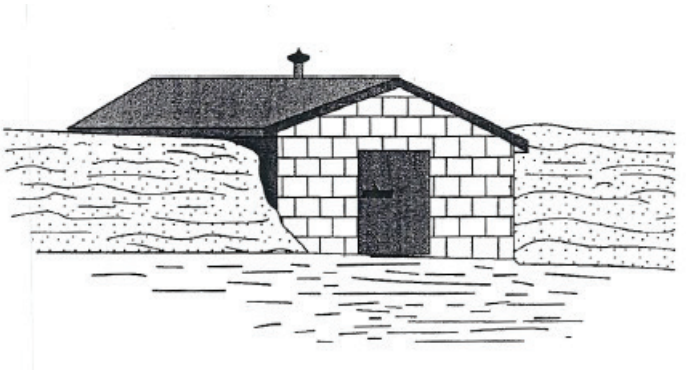
السنة. بالنسبة للقبو الموجود كلياً تحت الأرض (الشكل 1.14)، يجب أن تكون الجدران والأسقف قويةً بما فيه الكفاية لتتحمّل ضغط التربة التي تغطّيه. توفّر الخرسانة المسلّحة أقوى التصاميم، على الرغم من أنه قد استُخدمت في التركيبة كتل من الإسمنت والأحجار للجدران مع الأسقف الإسمنتية.



الشكل 1.14 التخطيط الخارجي، لقبو موجود كلياً تحت الأرض مع مدخل ملجأ فوق سطح الأرض.

تمّ بناء هذه الهياكل (التصاميم) كأقبية للعواصف في أجزاء عديدة من البلاد، ولا سيّما في المدارس، كملاجئ من الأعاصير.

عادة تكون الأقبية الخارجية بلا نوافذ، إلا إذا كان بعض أجزائها يمتدّ فوق سطح الأرض أو إذا كانت مكشوفة من جانب واحد، والتهوية تتوافّر عبر فتحات المداخن، وبفتح الأبواب. يوفّر الجزء الموجود فوق الأرض، الدخول مع باب خارجي. ويتمّ توفير الدخول من باب آخر على المستوى الأرضي للقبو. والباب الثاني مهمّ لتوفير العزل ضد الهواء البارد الذي يدخل من خلال مدخل الهيكل فوق الأرض. يتم إنشاء القبو الموجود جزئياً تحت الأرض ببناء جدران محاطة بالتربة (الشكل 2.14) من الأطراف الثلاثة. والمدخل هو مباشرة من الخارج.



الشكل 2.14 تخطيط لقبو موجود جزئياً تحت الأرض مع الجدران الجانبية والخلفية المغطاة بالتربة. مع البناء الإسمنتي للسقف، يمكن تغطية القبو بالتربة، وجهة المدخل فقط معرضة بالكامل للهواء الطلق.

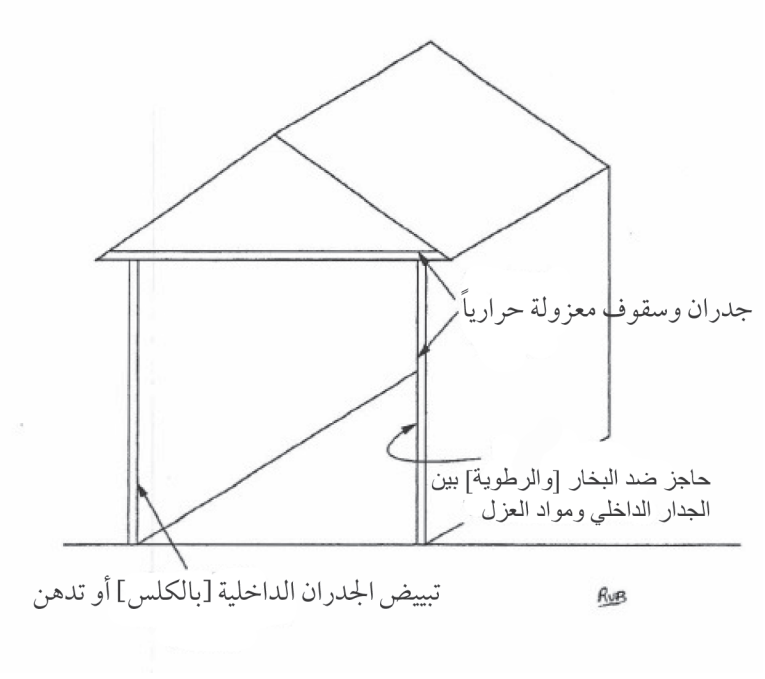
يمكن استخدام القبو الموجود كلّياً تحت الأرض، في الهواء الطلق أو تحت المنزل، لتخزين معلبات الفواكه والخضروات. التجمّد هو أمر لا مفرّ منه في الأقبية، فينبغي أن يدرك المزارعون إمكانية فقدان السلع المعلبة في الليالي الباردة، وخصوصاً إذا كانت الأبواب غير مغلقة بشكل محكم.

بما أنّ الأقبية أكثر برودة من الأماكن الموجودة فوق الأرض في الصيف، فيمكن استخدامها لتخزين المنتجات المحصودة خلال الطقس الحار والتي يفيدها التخزين البارد (على سبيل المثال، البصل الأخضر).

المباني الملحقة

تخزين الفواكه والخضروات في الملحقات (جناح إضافي) (الشكل 3.14) يكون عملياً في المناخات ذات معدل درجات حرارة باردة دائماً فقط، قرب أو تحت الصفر خلال فترة التخزين. خلافاً للطوابق تحت الأرض أو الأقبية، فقد تتطلّب الملحقات بعض التدفئة التكميلية في الليالي الباردة. ويمكن أن تبنى الملحقات من مواد كثيرة ومختلفة، بما في ذلك الجدران الحجرية (Masonry) والخشب والمعادن، ولكن ينبغي أن تكون معزولة. الجدران المجوّفة تملك القليل من قيمة العزل وينبغي أن تُملأ بالفرمكليت (Vermiculite) أو الصوف الصخري أو بعض المواد الأخرى الحبيبية والجافة. يَنبَغي أن يُدرَجَ حاجز ضد

البخار بين الجدران الداخلية ومواد العزل. ويمكن أن يكون الحاجز ضد الرطوبة عبارة عن طلاء ألمنيوم أو رقاقة معدنية أو بلاستيكية أو ورق قطران. ينبغي أن تكون الجدران الخارجية محكمة السد ببناء الخشب المغطى بالورق أو أنواع أخرى من الكساء الخارجي. يجب تهوية المبنى بالفتحات [المستقلة] لدخول الهواء وخروجه مع أو من دون مراوح.

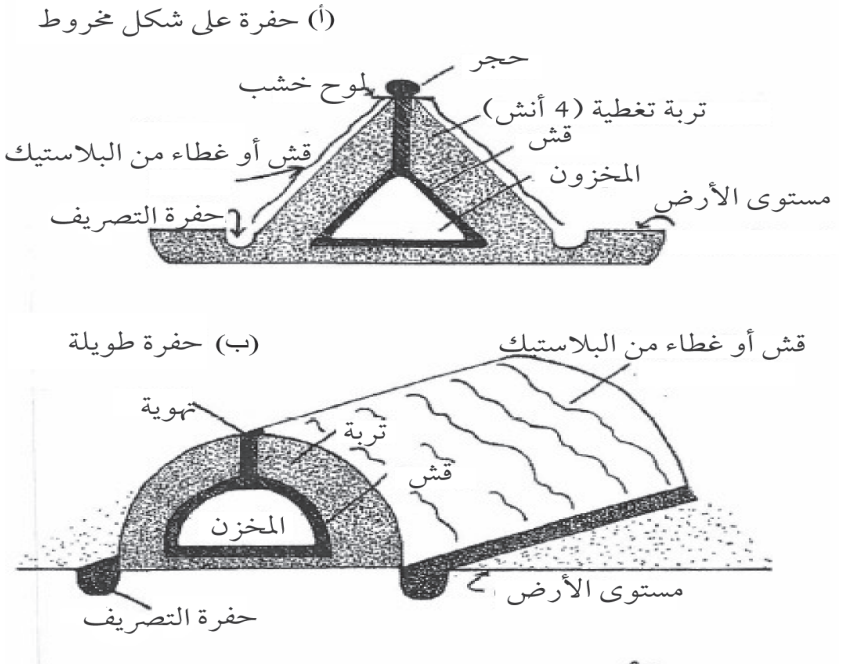


الشكل 3.14 التصميم الهيكلي لملحق التخزين الموجود كلياً فوق الأرض.

الحُفَر

الحُفَر هي هياكل خارجية مبنيّة إلى حدّ كبير من التربة. وهي ليسَت ثقوباً عميقة في الأرض كما قد يعني الاسم. تكون الحُفر مبنية عادة فوق الأرض، أو تبدأ في عمق بنحو 6 إلى 8 بوصات (إنش). وقد تكون على شكل مخروط أو طوليّة الشكل (الشكل 4.14). الحُفر على شكل مخروط تستخدم لتخزين كميات صغيرة من المنتجات المراد تصريفها دفعة واحدة، بينما يمكن للحفر الطولية الشكل تخزين كميات كبيرة من المنتجات التي يمكن تصريفها على دفعات خلال فترة من الزمن. المحاصيل الجذرية أو الدرنات (البطاطا، والجزر، والشمندر،

واللفت، والجزر الأبيض)، الملفوف، والتفاح، والكمثرى هي من بين المنتجات التي يمكن تخزينها في الحفر. تبدأ الحفر بطبقة [فراش] من أوراق الشجر أو القش أو نشارة الخشب أو رقائق الخشب فوق الأرض أو في حفرة بعمق 6 إلى 8 بوصة (إنش). يتمّ وضع المنتجات التي يراد تخزينها فوق هذا الفراش. وينبغي تغطية المنتجات بالكثير من القشّ أو غيره من الأغطية. ينبغي أن تغطّى كتلة المنتوجات بالكامل بنحو 4 بوصات (إنش) من التربة باستثناء جزء الفراش الذي يمتدّ خارج الغطاء، وتسد بما يساعد على جعل الحفرة مضادة للمياه. تمديد الفرش خلال التربة يسمح بتهوية الحفرة. وينبغي أن يغطّى الجزء العلوي من الحفرة حيث يبرز الفرش بورقة من المعدن أو من الورق المقوّى، تثبت بالأرض بالأحجار أو ببعض الأوزان الأخرى. وضع وتثبيت ورقة من البلاستيك بشكل فضفاض أيضاً سيشكّل غطاءً علوياً. ويجب حفر خندق حول الحفرة لتوفير مصرف للمياه (مياه الأمطار) بعيداً عن حفرة التخزين.



الشكل 4.14 تصميم **(أ)** حفرة بشكل مخروط **(ب)** حفرة طولية الشكل للتخزين الخارجي للفواكه والخضروات.

ينبغي أن لا تُخزَّن الخضار والفواكه (التفاح والكمثرى) في نفس الحفرة،

على الرغم من أنه يمكن تخزين أنواع مختلفة من الفواكه أو الخضروات في الحفرة نفسها. يمكن تخزين التفاح مع الكمثرى والبطاطا مع الملفوف، وهكذا. من الممكن أن تنتقل الروائح الكريهة من منتج إلى آخر، والغازات المنبعثة من الفواكه قد تؤثر في عمر تخزين الخضار والعكس بالعكس. بوجه عام، ينبغي أن تكون الحُفَر صغيرة الحجم. ويجب إخراج كافة المنتجات، حالما يتم فتح الحفرة ذات الشكل المخروطي. يمكن إخراج المنتوجات في الحفرة الطولية الشكل خلال فترة من الزمن على دفعات، ولكن للوقاية قد يكون هناك مشكلة حماية المنتوج عند فتح الحفرة أثناء الطقس البارد. كذلك يكون فتح الحفرة الكبيرة صعباً أكثر في الطقس البارد. وجود خليط من أنواع مختلفة من الخضار أو الفواكه في الحفرة يجعل من غير الضّروري فتح أكثر من حفرة واحدة أو اثنتين في وقت واحد.

يجب وضع الحُفَر في موقع مختلف كل عام لتجنّب الاتصال بين المنتجات المخزّنة حديثاً وبين الأمراض التي قد نمت على المحاصيل المخزّنة سابقاً.

يمكن دفن برميل أو غيره من أدوات التخزين الأسطوانية (Drums) فوق الأرض أو بعمق بسيط وذلك بتغطيتها بعدة طبقات من القش والتربة. ينبغي على المزارعين التأكّد من أن البراميل المستخدمة لا تتضمّن أي من المواد مخزمةً سابقاً يمكن أن تضرّ بالمنتج أو المستهلك. الحفر البرميلية قد تكون أكثر ملاءمة للفتح في الطقس البارد من الحفر التي على شكل مخروطي أو طولي أو تلك المغطاة بالتربة منذ فترة طويلة.

إدارة مرافق التخزين

القضايا الصحية

يجب أن توضع الفواكه والخضروات السليمة فقط في المخزن. ويجب إزالة المنتجات التي تظهر عليها علامات الاعتدال من المخزن. وقد لا يكون من العملي إزالة المنتوجات الفاسدة من الحفر، لذلك فمن الأهمية أن تكون المنتوجات التي توضع في الحفر مناسبة تماماً للتخزين. وينبغي إزالة جميع الحاويات من الطابق تحت الأرض أو القبو أو غرف التخزين، على الأقل مرة في

السنة، وتنظيفها. وينبغي غسل الحاويات بالمنظفات المنزلية والماء أو بمبيّض (مخفف إلى 10 في المئة من قوّته الأصليه) وتجفيفها في الشمس. يجب غسل الجدران وسقوف الهياكل بسائل التنظيف أو التبييض. يمكن طلي الجدران والأسقف بالكلس لتطهير المنطقة ولتوفير المزيد من الحماية ضد الأمراض التي قد تدخل مع المنتوجات في المخزن أو بعد وضعها. يساعد طلاء الألمنيوم للسطوح الداخلية على التنظيف في غياب مواد الكلس.

درجة الحرارة

تخزّن العديد من الفواكه والخضروات بشكل أفضل تحت درجة حرارة تقارب 32 Fº. ويجب أن تكون درجات الحرارة في الهواء الطلق من دون حرارة التجمّد، للحفاظ على درجة الحرارة هذه في غرفة التخزين. تنفس [تعرق] المنتوجات المخزّنة تبث حرارة وقد يسبّب ارتفاع درجات الحرارة. تنظم درجات الحرارة في الطوابق تحت الأرض والأقبية والملحقات بفتح وإغلاق أجهزة التهوية (النوافذ أو الأبواب أو فتحات أخرى). يحتاج التحكّم في درجة حرارة التخزين إلى إدارة يومية لأجهزة [مراوح] التهوية. عندما تكون درجات الحرارة الخارجية أعلى من تلك الموجودة في المخزن، ينبغي إبقاء أجهزة التهوية مغلقة كي لا تدخل الحرارة إلى المخزن. عندما تكون درجات الحرارة الخارجية أقل بقليل أو بشكل متوسّط من تلك التي في المخزن، يجب فتح أجهزة التهوية للسماح بتبادل الهواء الخارجي البارد مع الهواء الحار في المخزن. وينبغي إغلاق أجهزة التهوية عندما تكون درجات الحرارة الخارجية أقل من حرارة التجمّد. إن التهوية المفرطة لغرفة التخزين في الطقس البارد تحت درجة التجمد خطر، فقد يتسبّب بتجمد المنتوجات المخزنة. سوف يدمّر التجمد القدرة التخزينية لمعظم الفواكه والخضروات. لا تتضرّر الفاصوليا والبازلاء المجفّفة ومعظم المحاصيل الجذرية بالتجمد، إلا إذا كانت درجات الحرارة أقل من حرارة التجمد بكثير ولمدة طويلة. إن تكرار الانتقال بين حالة التجمد وحالة ذوبان الجليد لهذه المحاصيل سيتسبب بتلفها. يستخدم التجمد القاسي للفول أو البازلاء المجففة غالباً لقتل السوس الذي قد يصيب البذور خلال التخزين. درجات الحرارة القريبة للتجمد ودرجات الحرارة الموصى بها لتخزين بعض الفواكه والخضروات مُجَدوَلة في الجدول 1.14. الرّياح القوية تسرّع معدلات

التهوية وترفع إمكانية تجمد المنتوجات المخزّنة. عموماً، في مرفق تخزين معزول حرارياً، يمكن أن تنخفض درجات الحرارة في الخارج إلى مستوى أقل من 10 درجات فهرنهايت قبل أن تنخفض درجات الحرارة في المخزن إلى أقل من30 ºF. ستكون هناك حاجة للتهوية المتقطّعة في المخزن عندما تكون درجات الحرارة في الخارج نحو 10 إلى 20 ºF. ستكون هناك حاجة لتهوية مستمرة عندما تكون درجات الحرارة في الخارج نحو 20 إلى 32 ºF. فوق 32 ºF، ستكون هناك حاجة للتهوية فقط إذا كانت درجة الحرارة في الخارج أبرد من درجة حرارة الداخل.

الجدول 1.14

درجات الحرارة الموصى بها للتخزين ولتجمد المنتوجات درجات حرارة التخزين للمنتوجات

درجات الحرارة بالفهرنهايت (ºF)

المنتج	التجمد	التخزين
	الظروف الدافئة	
الطماطم	31	55 to 70
الفلفل	31	45 to 50
اليقطين	31	55
الكوسى	31	55
البطاطا الحلوة	30	55 to 60
	الظروف الباردة المعتدلة	
البطاطا	31	35 to 40
الفاصوليا الجافة	*	32 to 40
البازلاء الجافة	*	32 to 40
المحاصيل الجذرية (الجزر، والبنجر، واللفت، والفجل)	*	32 to 40
البصل	31	32
	الظروف الباردة	
ملفوف	30	32

كرفس	31	32
تفاح	29	32
كمثرى	29	32
الحمضيات	30	32

• إنتاج يمكن أن يصمد أمام التجمد. مقتبس من نشرة المنزل والحديقة العدد 119. 1960 وزارة الزراعة الولايات المتحدة، واشنطن، العاصمة.

الرطوبة

باستثناء المنتوجات المجففة والبصل، ستفقد الفواكه والخضروات المخزنة تدريجياً المياه وتذبل ويقلّ مستوى نوعيتها، وتصبح غير صالحة للأكل، في حالة عدم وجود الرطوبة والبرودة المناسبتين داخل بيئة التخزين. يجب تخزين الفاصوليا والبازلاء والبصل المجفّفة في مكان جاف وبارد.

يمكن الحفاظ على الرطوبة عند مستوى مناسب لمعظم الفواكه والخضروات بإضافة المياه إلى منطقة التخزين، أو بوضع المنتوجات في أكياس من البلاستيك مهواة، أو في صناديق بلاستيكية مبطّنة. كما يمكن رشّ المياه مباشرة وتكراراً على أرض المخزن. وضع نشارة الخشب أو القشّ وترطيبها هي وسيلة أكثر فعالية لزيادة الرطوبة من الرش المباشر لأرضية المخزن. يمسك القش ونشارة الخشب المياه ويعطيان عنصر تحكم للرطوبة منتشر بشكل متساو ولفترات طويلة أكثر من الرش. ويمكن وضع الأحواض المائية في المخزن للمساعدة على الحفاظ على رطوبة عالية. هذه الممارسات مناسِبة لتخزين الفواكه والخضروات ما عدا المحاصيل الجذرية أو الدرنات.

الحفاظ على الرطوبة في المحاصيل الجذرية والدرنات أمر صعب، فالرش، وترطيب القش أو نشارة الخشب ووضع الأحواض المائية لن يحفظ هذه المحاصيل من التلف (الذبول). قد تُدفَن المحاصيل الجذرية أو الدرنية في قش أو نشارة خشب مرطبة أو حتى في تربة المخزن. الأكياس البلاستيكية ممتازة لتخزين المحاصيل الجذرية أو الدرنات. يمكن ربط الأكياس، ولكن ينبغي ترك فتحات (مقتطع 1/ 2 بوصة) في عدة أماكن على جوانب الأكياس للتهوية. يمكن

ترك الأكياس مفتوحة، لكن مطويّة في الجزء العلوي وموضوعة في صناديق. يمكن تخزين محاصيل الجذور والدرنات جيداً أيضا في صناديق بلاستيكية مبطنة مع أغطية بلاستيكية فضفاضة.

تشميع الخضروات مُمكِنٌ لمنع فقدان الماء، ولكن التشميع غير مُستَحسَن للتخزين المنزلي بسبب صعوبة القيام بذلك.

التعامل مع المنتوجات

ينبغي التعامل مع جميع المنتوجات بعناية أثناء الحصاد والنقل للتخزين. فلا ينبغي تخزين المنتوجات التالفة أو المثقوبة أو المقطّعة أو المسحوقة أو خلاف ذلك. ويجب أن يكون لحاويات الحصاد والتخزين أسطح ملساء وينبغي تفتيشها للتأكّد من عدم وجود مسامير أو دبابيس أو أشياء حادة أخرى بارزة بداخلها.

لا ينبغي تخزين الفواكه والخضروات معاً، بسبب إمكانية نقل النكهات أو الروائح الكريهة وآثارها السيئة في التخزين المختلط. ولكن هناك العديد من الخضروات التي يمكن أن تُخزّن معاً. يجب أن تتحقق الظروف المناسبة- الحرارة والرطوبة والتهوية- لتخزين كلّ نوع، ولذلك سيكون من الضروري تجميع بعض الخضروات في التخزين وفقاً للشروط المطلوبة أو المتاحة.

يتطلّب البصل بعض العلاج قبل التخزين. وعادة ما توفّر بضعة أيام في الشمس بعد الحصاد علاجاً كافياً. للبصل متطلبات فريدة للتخزين، والتي غالباً ما تتطلّب أن يكون مخزناً وحده. ينبغي دائماً أن يكون البصل ناضجاً وجافاً للتخزين، ولا يمكن تخزينه مع رقبة سميكة أو مفتوحة. البصلة التي نمت من بذور تخزّن بشكل أفضل من تلك التي نمت من مجموعات، بسبب الرقبة الضيقة للبصل الذي ينمو من البذور. ينبغي أن يكون هناك تهوية جيدة للحاويات التي يتمّ تخزين البصل فيها، وأن تملأ حتى النصف فقط. الأكياس الشبكية والصناديق المضلّعة ممتازة للبصل. ويجب أن تكون الرطوبة منخفضة لتخزين البصل.

كما ينبغي أن تعالج البطاطا قبل التخزين، بحجزها لمدة أسبوع أو اثنين في ظروف معتدلة الدفء (نحو70 Fº). ينبغي أن لا تتعرّض لأشعة الشمس أو للتجفيف بالرياح أثناء المعالجة. ينبغي أن تكون منطقة تخزين البطاطا مظلمة

لمنعها من الاخضرار. ينبغي أن لا تؤكل البطاطا المخضرّة بسبب تركيبها لمادة قلوية سامة خلال الاخضرار. قد تتراكم السكريات في البطاطا في أماكن التخزين الباردة وتصبح حلوة المذاق. إزالة البطاطا من أماكن التخزين ووضعها لمدة أسبوع على درجة حرارة 70 Fº يسمَحُ بالتمثيل الغذائي للسكريات وباستعادة طعم النشوية.

اليقطين والكوسى الشتوية (ما عدا الكوسى البلوطي (Acorn squash)) يتطلبان أيضاً علاجاً قبل التخزين. أسبوع أو عشرة أيام على درجات حرارة دافئة (نحو80 Fº) يحقّق العلاج. إذا كانت درجات الحرارة في الهواء الطلق لا تصل إلى هذا المستوى، يوضع اليقطين أو الكوسى في غرفة دافئة. العلاج يسمك القشرة ويشفي التشققات. درجة حرارة التخزين لليقطين والكوسى لها حيز ضيق حوالي55 Fº. لا يمكن لهذه الخضروات أن تتحمّل البرد، وتجف ويصبح عودها قاسي الألياف فوق 60 درجة فهرنهايت. وينبغي أن يحصد اليقطين والكوسى مع جذوعها المرفقة. فإزالة الجذوع توفّر مدخلاً للأمراض.

يجب عدم تخزين المحاصيل الجذرية (اللفت واللفت الأصفر والجزر وفجل الشتاء) حتى أواخر الخريف. فهي تبقى في الحديقة حية بشكل جيد في ظروف التجمد. وينبغي تنظيف المحاصيل المطمورة ووضعها فوراً في التخزين، فهي ليست بحاجة لأي علاج ويمكن أن تجفّ إذا تأخر التخزين. يجب إزالة البراعم نحو 1/ 2 بوصة فوق التاج. إذا تمّ غسل [منتوجات] الجذور أثناء التنظيف، يجب أن تجفّف قبل تخزينها.

ينبغي أن تُحصد الطماطم من دون الساق المعلقة بالثمار، على الرغم من أن بعض المزارعين يعتقدون أن هذا الشكل يجعل الفاكهة أكثر جاذبية في التسويق. ينبغي تنظيف الطماطم والفلفل الأخضر بالغَسل، لأن المسح يمكن أن يتسبب بكشطها ويسبب لها الضرر بسبب التربة المرافقة أو الرمل أو الحصى. الطماطم [البندورة] التي تُحصَد في مرحلة النُّضج الأخضر تنضج في نحو أسبوعين على حرارة معتدلة (نحو 70 Fº). الطماطم الأقل نضجاً تتطلب المزيد من الوقت لتنضج أو قد لا تَنضُج. يبطئ التخزين المبرّد، من 55 ºF إلى 60 ºF ، النضوج. للحفاظ على الجودة، لا تقم بتخزين الطماطم بدرجة حرارة أدنى من 50 F° لأكثر من بضعة أيام.

الملفوف لا يتطلب علاجاً. بالنسبة للتخزين في الحُفرَة، يمكن سحب الملفوف وتخزينه رأساً على عقب مع جذوره المرفقة. ويمكن تخزين رؤوس الملفوف على الرفوف في المباني الملحقة أو الأقبية. ويجب تجنب تخزين الملفوف في الطوابق تحت الأرض بسبب الروائح المنبعثة من الملفوف.

ينبغي النظر في تخزين أصناف الفواكه المتأخّرة النضج فقط، أو تلك التي يتم شراؤها في السوق خلال فصل الشتاء. ارتفاع نسبة الرطوبة ودرجات الحرارة الباردة مطلوبة لمنعها من الذبول ومنعها كذلك من من أن تنضج أكثر من اللازم في التخزين.

ثبت المصطلحات

أحماض أمينية	Amino Acids
أحماض نووية	The Nucleic Acids
أحواض	Pans
اختبار فسيفساء صفر	MTO/ MT Zero
أخدود/ ثلم	Furrow
اخضرار	Greening
أدينوسين ثلاثي الفوسفات	Adenosine Triphosphate (ATP)
إذابة الجليد	Thawing
أرصفة	Docks
أرض دياتومية	Diatomaceous Earth
إرواء	Slaking
أريديزول	Aridisol
الإزدرخت (ميليا) أو التمر الأخرس	Melia Azadarach
أزلية	Azalea
استقلاب	Metabolize

Aster	أستير
Concrete Roofs	أسقف إسمنتية
Tines	أسنان
Symptoms	أعراض
Johnsongrass	أعشاب جونسون
Jimson Weed	أعشاب جيمسون الضارة
Pigweed	أعشاب الخنزير
Ragweed	أعشاب سجّاد
Chickweed	أعشاب الطير
Forages	أعلاف
Mouths	أفواه
Lodging	إقامة/ سكن
Disk Harrows	أقراص التمشيط
Oxalate	أكسالات
Oxygen	أكسجين
Oxide	أكسيد
Alfisol	ألفيسول
Aluminum	ألمنيوم
Fungal Diseases	أمراض فطرية
Ammonia	أمونيا
Ammonification	أمونيفيكيشن
Germination	إنبات
Anthracnose	أنثراكنوز
Enzymes	أنزيمات

أنزيمات مساعدة	Coenzymes
انقسام الخلية	Mitosis
أوجينول	Eugenol
أوراق الراوند	Rhubarb
أولتيسول	Ultisol
أونصة	Oz
إيزوبروبيل	Isopropyl
إيسروع	Caterpillars
أيض/ استقلاب	Metabolism
إيلنطس ألتيسيما	Ailanthus Altissima
أيونات	Ions
إيونات سلبية	Anion
أيوني	Ionic
ب. ت. إيسرائيلينسيس	B. T. Israelensis/ Bti
ب. ت. كورستاكي	B. T. Kurstaki/ Btk
باذنجان	Nightshade
بامبو	Bamboo
باوند	Pound
باينت (وحدة قياس الحجم)	Pint
بحيرات	Lagoons
بذر القطن	Cottonseed
بذور العايّق	Larkspur
براسيكا	Brassicas
بباريس	Barberry

Clovers	برسيم
Alsike Clover	برسيم زكي
Crimson Clover	برسيم قرمزي
Ladino Clover	برسيم لادينو
Barrels/ Drums	برميل
National Organic Program	برنامج وطني للزراعة العضوية
Protoplasm	بروتوبلازما
Protoplasmic	بروتوبلازميك
Protozoa	بروتوزوا
Proteins	بروتينات
Epidermis	بشرة الورقة
Bug	بقّ
Lace Bugs	بق الدانتيل
Mealybugs	بقّ مغبر
Soldier Bug	بقة الجندي
Ring Spots	بقع دائرية
Vetches	بقول
Leguminosae	بقوليات الفصيلة الفولية (الليغومونوزا)
Bacillus Popilliae	بكتيريا البوبيليا
Bacillus Thuringiensis	بكتيريا ثورنجية
Bacillus Subtilis	بكتيريا رقيقة
Salmonella Bacteria	بكتيريا السالمونيلا
Streptomyces	بكتيريا متسلسلة
Lentimorbus	بكتيريا لينتيموربوس

Potash	بوتاس
Potassium	بوتاسيوم
Podzols	بودزول
Gray-Brown Podzols	بودزول رمادي-بني
Spruce Budworm	بودوورم شجرة التنوب
Bordeaux	بوردو
Boron	بورون
Inches	بوصات
Polyethylene	بولي إثيلين
Polypropylene	بولي بروبلين
Polyester	بوليستر
Polysaccharide	بولي سكاريد
Piperonyl	بيبرونيل
Pyrethrin	بيرترين
Peroxidases	بيروكسيداز
Hydrogen Peroxide	بيروكسيد الهيدروجين
Pignut	بيغنوت
Vetches	بيقية
Pelargonic	بيلارجونك
Penicillium	بينيسيليوم
Greenhouse	بيوت الدفيئة
Biotin	بيوتين
Beauvaria Bassiana	بيوفاريا بسينة
Damping	تثبيط/ تخميد

Curling	تجعّد
Weathering	تجوية
Pit	تجويفة داخل الأرض/ حفرة
Browning	تحول إلى السمار
Suppressions	تخفيف/ قمع
Damping-Off	تخميد
Central Heating	تدفئة مركزية
Cumulative	تراكمي
Trichoderma	ترايكوديرما
Trichogramma	الترايكوغراما
Biosolids	ترسبات بيولوجية
Leached	ترشح
Humification	ترطيب
Synthesis	تركيب
Biosynthesis	تركيب حيوي
Photosynthesis	تركيب ضوئي
Blooming	تزهر
Infiltration	تسرب
Liquify	تسييل
Solarization	تشميس
Volatilization	تطاير/ تبخر
Handling	التعامل مع
Hand Weeding	تعشيب باليد
Rots	تعفّن

Root Rot	تعفّن الجذور
Stalk Rot	تعفّن الساق
Soft Rot	تعفن ليّن
Puckering	تغضن
Reactions	تفاعلات
Smut	التفحم
Castor Pomace	تفل الخروع
Turn Into	تقليب في التربة
Pruning	تقليم
Dormancy Propagules	تكاثر ساكن
Symbiosis	تكافل
Pollination	تلقيح النبات (للتكاثر)
Brazilian Tembo	تمبو البرازيلي
Alternate Plants	تناوب أو تعاقب النباتات
Alternating Blocks of Plants	تناوب كُتَل من النباتات
Alternating Blocks of Plants in Rows	تناوب مجموعات من النباتات في الصفوف
Alternating Individual Plants in Rows	تناوب نباتات منفردة في الصفوف
Aeration	التهوئة
Asexually	توالد بلا تزاوج
Swelling / Turgor	تورم
Thiamin	تيامين
Tipburn	تيبورن/ حرق الأطراف
Crowns of Perennials	تيجان المعمّرة

Stomata	ثغور/ مسام
Thiram	ثيرام
Rye	الجاودار
Gypsum	جبس/ جفصين
Periodic Table	جدول دوري
Bearing Club Root	جذر المضرب
Redroot Pigweed	جذر هوائي أحمر
Club Root	جذور مضارب
Scab	جرب
Potato Scab	جرب البطاطا
Apple Scab	جرب التفاح
Runoff	جريان سطحي
Grapefruits	جريب فروت
Juglone	جغلون
Outbuilding	جناح إضافي (ملحق)
Gnats	جنتس
Locustae	جندب
Gastrointestinal Tract	جهازها الهضمي
Pecan	جوز البقان
Geranium	جيرانيوم
Genetic	جينية
Native State	حالة خام
Physical Condition	حالة فيزيائية
Minimum Tillage	حد أدنى من الحراثة

Border of Plants Around a Block	حدود من النباتات القريبة
Iron	حديد
Ferric	حديدي
Ferrous	حديدي (ثنائي التكافؤ)
Conventional Tillage	حراثة تقليدية
Conservation Tillage	حراثة محافظة
Soil-Borne Insects	حشرات المنقولة بالتربة
Milkweed	حشيشة اللبن
Incubation	حضانة
Lined Pits	حفر مبطنة
Oxalic Acid	حمض الأكساليك
Acetic Acid	حمض الخل
Phosphoric Acid	حمض الفوسفوريك
Ribonucleic Acid (RNA)	حمض نووي ريبي
Buckwheat	حنطة سوداء
Nymphs	حوريات
Annuals	حولية
Peats	خثّ
Wild Mustard	خردل بري
Reinforced Concrete	خرسانة مسلّحة
Dutch Elm	خشب الدردار الهولندي
Lignin	الخشبين
Antagonist	خصم
Irrigation Ditches	خنادق الريّ

Ladybugs	خنافس لادي بق
Beetle	خنفساء
Japanese Beetle Grubs	خنفساء يابانية
Mistletoe	دبق
Wasp	دبور
F°	درجة فهرنهايت
Incorporate	دمج
Disking	دمج باستعمال المحراث القرصي
Lipids	دهون
Earthworms	دودة أرض
Cabbageworm	دودة الملفوف
Army Worm	دودة الجيش
Fruitworm	دودة الفاكهة
Cutworm	دودة قارضة
Dodder	دودر
Life Cycle	دورة حياة
Metamorphosis	دورة نمو حشرات أو ما يعرف بالتحوّل
Dolomite	دولوميت
Below Freezing	دون حرارة التجمّد
Grubs	دويدات
Centipedes/ Worms	ديدان
Nematodes	ديدان الخيطية
Intestinal Worms	ديدان معوية
Malaysian Derris	ديريس ماليزيا

Derris Spp	ديريس النيابة
Houseflies	ذباب المنزل
House Flies	ذباب منزلي
Sawfly	الذبابة المنشارية
Bacterial Wilt	ذبول بكتيري
Fusarium Wilt	ذبول الفوزاريوم
Verticillium Wilt	ذبول الكبكوبية
Solubilization	ذوبان
Foxtail	ذيل الثعلب
Gum Resins	راتنجات
Upside Down	رأساً على عقب
Queen Anne’s Lace	رباط الملكة
Purslane	رجلة
Millipedes/ Slugs	رخويات
Bale	رزمة
Lb	رطل
Wood Chips	رقائق الخشب
Basic Slag	ركام أو خبث المعادن الأساسية
Charcoal Ash	رماد فحم نباتي
Oozes	رواسب طينية
Rotenone	روتينون
Rosetting	روسيتينج
Ryanodine	ريانودين
Ryania	ريانيا

Rhizobium	ريزوبيوم
Interplanting	زراعة بينيّة/ زراعة عدة محاصيل في نفس الحقل
Contour Farming	زراعة على المحيط
Hydroponics	زراعة مائية
Zig-Zag Planting of Blocks of Plants in Rows	زراعة مجموعات متعرجة من النباتات في الصفوف
Long Term Monoculture	زراعة وحيدة المحصول لفترة طويلة
Agronomic	زراعية
Combined Planting	زرع جماعي
Companion Planting	زرع مع رفيق
Parasitic Wasps	زنابير طفيلية
Schoenocaulon of ficinale	زنبقية مكسيكية (شونوكولون أوفيشينال)
Chinaberry	زنزلخت
Zinc	زنك
Chrysanthemum	زهرة الأقحوان
Petunias	زهور البتونيا
Valek's Oil	زيت فلك
Clove Oil or Cinnamon Oil	زيت القرنفل أو زيت القرفة
Saprophytic	سابروفيتيك
Screen	ساتر رشاشة
Stem	ساق
Phytotoxic	سامة للنبتة
Sabadilla	سباديلّة

Spodosol	سبودوسول
Speciosa	سبيسيوسا
Canopies	ستائر مظللة
Steinernema Carpocapsae	ستينيرنيما كاربوكابساي
Lambsquarters	سرمق
Broomsedge	السفون
Cellulose	سليلوز
Green Manure	سماد أخضر زراعي
Bonemeal	سماد العظام
Lonchocarpus Spp	سنانية الثمر النيابة
Triple Superphosphate	سوبرفوسفات الثلاثي
Sudangrass	سودانجراس
Root Weevil	سوسة الجذر
Ammonium Sulfamate	سولفامات أمونيوم
Petioles	سويقات
Calcium Cyanamide	سيانااميد الكالسيوم
Cysteine	سيستيين
Silicon	سيليكون
Selenium	سيلينيوم
Dill	شبت
Strips	شرائط
Pupa	شرنقة
Vacuuming	شفط توليد فراغ
Beets	شمندر

Thistle	شوك
Bromegrass	شويعرة أو السليسلة أو العلفية
Chernozem	شيرنوزيم
Prickly Pear Cactus	صبار الكمثرى الشائك
Pigment	صبغة
Rusts	صدأ
Formosa	صقر رتيلاء (فورموزا)
Sodium	صوديوم
Basement	طابق تحت الأرض
Waxy Cuticles	طبقة شمعية
Loam	طِفال
Parasitic	طفيلية
Gumming Up	طلاء مطاطي
Collars	طوق/ ياقة
Broad-Spectrum	طيف واسع
Slurry	طين رقيق
Silty/ Cloddy	طيني
Helminthosporium	ظرير
Mites	عثّ
Codling	عثّ التفاح
Phytoseiulus	عث العنكبوت الأحمر المفترس الأكاروسي
Gypsy Moths	عثّ الغجر
Bluegrass	عشب أزرق

Turfgrasses	عشب الخضير (الأعشاب السطحية في التربة)
Crabgrass	عشب السلطعون
Purslane	عشب الفرفحين
Barnyardgrass	عشب الفناء
Juiciness	عصارة
Downy Mildew	عفن أملس
Botrytis	عفن رمادي
Mildews	عفن فطري
Root Nodules	عقد الجذور
Signs of Decay	علامات الاضمحلال (الفساد)
Capillary Action	عمل شعيري
Microbial Action	عمل ميكروبي
Goose Berry	عنبية الثعلب
Sod	غازون/ العشب السطحي
Galinsoga	غالينسوغا
Colloidal	غرواني
Mycelium	غزل فطري
Vegetation	غطاؤها النباتي
Globulin	غلوبولين
Gliocladium	غليوكلاديوم
Nonparasitic	غير طفيلية
Fallow	غير مزروعة
Unshredded	غير ممزقة

Immature	غير ناضج
Vanadium	فاناديوم
Acre	فدّان
Praying Mantids	فرس النبي
Vermiculite	فرمكليت
Furnace	فرن/ حرّاق
Blights	فساد
Mosaics	فسيفساء
Alfalfa	فصة
Fungi	فطريات
Feldspars	فلدسبار
Ammoniated Phosphates	فوسفات بالأمونيا
Diammonium Phosphate	فوسفات ثنائي الأمونيوم
Phosphorus	فوسفور
Soybean	فول الصويا
Macrofauna	فونة عيانية
Tmv	فيروس فسيفساء التبغ
Biodegradable	قابلة للتحلّل الحيوي
Hotcaps	قبعات ساخنة
Cellar	قبو
Ft	قدم
Sq Ft	قدم مربع
Ticks	قراد
Cankers	قرحة

Burdock	قرطب
Fabaceae	قرنيات
Antennae	قرون استشعار
Marsh Hay	قش المستنقعات
Strawy	قشي (من القش)
Sanitation	قضايا صحية
Amaranthus	قطيفة
Amaranthus Pigweed	قطيفة البيغويد
Gynophore	قلب مدقة الزهرة
Alkaloid	قلوي
Alkaline	قلوية
Shade Cloth	قماش الظّلّ
Rodents	قوارض
Snails	قواقع
Molds	قوالب
Captan	كابتان
Catalase	كاتالاز
Cation	كاتيون
Cadmium	كاديوم
Casein	كازين
Calcium	كالسيوم
Camellia	كاميليا
Canola	كانولا
Kaolinite	كاولين

Microorganisms	كائنات حية مجهرية
Sulfur	كبريت
Copper Sulfate	كبريتات النحاس
Linseed	كتّان
Celery	كرفس
Chromosomes	كروموزوم
Black Currant	كشمش أسود
Chelates	كلابي (أشكال عضوية معقدة)
Klamath	كلاماث
Chlorine	كلور
Chloroplast	كلوروبلاست
Chlorophyll	كلوروفيل
Precipitation	كمية الأمطار
Quassia	كواسية
Quassia Amara	كواسية أمارا
Cobalt	كوبالت
Squash	كوسى
Invertebrate	لافقرية
Poison Ivy	لَبْلاَب سام
Bark	لحاء (الشجر)
Soot	لطخة
Chestnut	لفحة الكستناء
Late and Early Blight	لفحة متأخرة مبكرة
Inoculum	لقاح العدوى

Lespedeza	ليسبيديزا
Lysing	ليسينج
Leafrollers	ليفروليرز
Fibrous	ليفية
Lecanii	ليكاني
Allelopathy	ليلوباثي (تفاعل النباتات فيما بينها)
Limonene	ليمونين
Marl	مارل
Disease-Inhibitory	مانعة للأمراض
Mycorrhizal	مايكورهيزال
Rotting	متعفنة
Hand Spade	مجرفة يدوية
Trowels	مجرود
Aggregated	مجمعة/ مراكمة
Bands	مجموعات/ أحزمة
Chisel Plow	محاريث الحفر
Root or Tuber Crops	محاصيل جذرية أو درنات
Rotary Tiller	محراث دوار
Moldboard	محراث قلّاب
Shepherd’s Purse	محفظة الراعي
Exhaust Vents	مخارج للتهوية
Stoddard’s Solvent	مذيب ستودارد
Galls	مرارة
Whd Control	مراقبة المؤسسة

مرة كل سنتين	Biennials
مردود	Yields
مرض بوغ البني	Milky Spores Disease
مرض صانعات الأنفاق	Leafminers
مرفق	Facility
مريمية القرمزية	Scarlet Sage
مزارعون بيولوجيون حيويون	Biodynamic Gardener
المساحة بالآكر	Acreage
مسام/ بيوض طيارة	Pores
مسببات الأمراض البشرية	Human Pathogens
مسحوق عفن	Powdery Mildew
مشاتل البذور	Seedbeds
مصائد فرمونية	Pheromones
مصفوفة	Matrix
مضادات الحيوية	Antibiotic
مضيف	Host
معارض	Antagonist
معاول	Hoes
معزولة حرارياً	Insulated
معمّرة	Perennial
مغنيسيوم	Magnesium
مفترسة	Predators
مفهرسة	Indexed

Vf	مقاومة لأمراض الذبول الكبكوبي والفوزاريوم
Vfn	مقاومة لأمراض الذبول الكبكوبي/ الفوزاريوم الديدان الخيطية
Weed Control	مكافحة الأعشاب الضارة
Epsom Salts	ملح إنجليزي
Peruvian	من بيرو
Anaerobic	من دون تهوئة
No-Tillage	من دون حراثة
Depression	منخفض/ منحدر
Living Mulches	مهاد حية
Mulches/ Bedding	مهاد/ مواد التغطية
Micronutrients	مواد غذائية دقيقة
Macronutrients	مواد غذائية كبيرة
Starvation	الموت جوعاً
Muriate of Potash	موريات البوتاس
Molybdenum	موليبدنوم
Mollisol	موليسول
Monisol	مونيسول
Ph	مؤشر حمضي
Metaseiulus	ميتاسيولوس
Mitochondria	ميتوكوندريا
Methionine	ميثيونين
Micas	ميكا
Mycoplasma	ميكوبلازما

Enamel of Teeth	مينا الأسنان
Infested Trap Plant	نباتات الفخّ الموبوءة
Dead Nettl	نبات القراص الميت
Botanical	نباتي
Crucifer	نبتة صليبية
Shepherd’s Purse	نبتة محفظة الراعي
Morning Glory	نبتة نجم الصباح
Potassium Nitrate	نترات البوتاسيوم
Nitrification	نترجة
Quackgrass	نجيلة
C:N Ratio	نسبة كربون- نيتروجين
Fabric	نسيج
Sawdust	نشارة الخشب
Succulence	نضارة
Leafhoppers	نطاط الورق
Shortages	نقص
Wind-Borne	نقل بالرياح
Vector-Transmitted Means	نقل بناقلات الأمراض
Seed-Borne	نقل من طريق البذور
Nitrogen	نيتروجين
Nickel	نيكل
Neem	نيم
Hybrids	هجينة
Crispness	هشاشة

Asparagus	هليون
Dandelions	هندباء
Heterorhabditis Heliothidis	هيتيرورهابدتيس هليوتيديس
Hydathodes	هيداتودس
Hydrogen	هيدروجين
Copper Hydroxide	هيدروكسيد النحاس
Peg	وتد
Rhododendron	وردية
Leafy	ورقية (نسبة لأوراق الشجر)
U.S. Department of Agriculture (USDA)	وزارة الزراعة الأميركية
Dry Weight	وزن جاف
Means of Spreading	وسيلة الانتشار
Bin	وعاء
Webworms	ويبورمس
Maggots	يرقات
Larva	يرقة
Cabbage Root Maggot	يرقة جذر الكرنب
Bagworms	يرقة حفارات الساق
Cryptolaemus	يرقة المفترس
Pumpkin	يقطين

المراجع

Adams, F. (ed.) 1984. *Soil Acidity and Liming,* 2nd Ed. Agronomy 12, American Society of Agronomy, Madison, Wis.

Agrios, G. N. 2005. *Plant Pathology.* Elsevier Academic Press, Amsterdam.

Barker, A. V. and DJ. Pilbeam (eds.). 2007. *Handbook of Plant Nutrition.* CRC/ Taylor & Francis, Boca Raton, FL.

Brady, N. C. 1974. *The Nature and Properties of Soils,* 8th Ed. Macmillan, New York.

Brady, N. C. and R. R. Weil. 2002. *The Nature and Properties of Soils,* 13th Ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, N. J.

Chapman, H. D. (ed.).1966. *Diagnostic Criteria for Plants and Soils*. University of California, Division of Agricultural Sciences, Berkeley.

Datnoff, L. E., W. H. Elmer, and D. M. Huber. 2007. *Mineral Nutrition and Plant Disease.* The American Phytopathological Society, St. Paul, Minn.

DeBach, P. (ed.). 1964. *Biological Control of Insect Pests and Weeds*. Reinhold, New York.

Department of Food Science,Washington State University. Reprinted 2008. *Storing Fruits and Vegetables at Home.*EB 1326, Washington State University Extension, Pullman, Wash.

Ellis, B. W. and F. M. Bradley. 1992. *The Organic Gardener's*

Handbook of Natural Insect and Disease Control. Rodale Press, Emmaus, Pa.

Epstein, E. and A. J. Bloom. 2005. *Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives,* 2nd Ed. Sinauer, Sunderland, Mass.

Havlin, J. L. I. D. Beaton, S. L. Tisdale, and W. L. Nelson. 2005. *Soil Fertility and Fertilizers,* 7th Ed. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, N. J.

Hoitink, H. A. J. and H. M. Keener (eds.). 1993. *Science and Engineering of Composting: Design, Environmental, Microbiological and Utilization Aspects.* Renaissance Publications, Worthington, Ohio.

Howard, A. 1943. *An Agricultural Testament.* Oxford University Press, New York.

Kristiansen, P., A. Taji, and J. Reganold. 2006. *Organic Agriculture. A Global Perspective.* Comstock, Cornell University Press, Ithaca, N. Y. Lampkin, N. 1990. *Organic farming.* Farming Press, Ipswich, U. K.

Lotter, D. W. 2003. Organic agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture* 21(4): 59-128.

Mackay, S. 1979. *Home Storage of Fruits and Vegetables.* NRAES-7, Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Cornell University, Ithaca, N.Y.

Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants.* Academic Press, London.

Maynard, D. N. and G. J. Hochmuth. 2007. *Knott's Handbook for Vegetable Growers,* 5th Ed., Wiley, New York.

Metcalf, D. S. and D. M. Elkins. 1980. *Crop Production: Principles and Practices,* 4th Ed. Macmillan, New York.

Mills, H. A. and J. B. Jones, Jr. 1996. *Plant Analysis Handbook Il. MicroMacro,* Athens, Ga.

Northboume, Lord C. J. 1940. *Look to the Land.* J. M. Dent, London. [Perennis, S. 2003. 2nd Ed., revised, Hillsdale, N.Y.]

Powers, J. F. and W. A. Dick. (eds.) 2000. *Land Application of Agricultural, Industrial, and Municipal By-Products.* SSSA Book Series

6, Soil Science Society of America, Madison, Wis.

Rechcigl, J. E. (ed.). 1995. *Soil Amendments and Environmental Quality.* CRC/ Lewis, Boca
Raton, Fla.

Reed, H. S. 1942. *A Short History of the Plant Sciences.* Chronica Botanica, Waltham, Mass.

Russell, E. J. 1961. *Soil Conditions and Plant Growth,* 9th Ed. Wiley, New York.

Stevenson, F. J. (ed.). 1982. Nitrogen in Agricultural Soils. *Agronomy* 22, American Society of Agronomy, Madison, Wis.

Stoffella, P. J. and B. A. Kahn. 2001. *Compost Utilization in Horticultural Cropping Systems.* Lewis, Boca Raton, Fla.

Tate, R. L., III. 1987. *Soil Organic Matter: Biological and Ecological Effects.* Wiley, New York.

United States Department of Agriculture. 1938. Soils and Men, 1938 *Year of Agriculture,* United States Department of Agriculture, Washington, D.C.

United States Department of Agriculture. 1966. Storing Vegetables and Fruits in Basements, Cellars, Outbuildings, and Pits. *U.S. Department of Agriculture Home and Garden Bulletin* 119, Market Quality Research Division, Agricultural Research Service, Washington, D.C.

United States Environmental Protection Agency. 2009. *Wastes-Resource Conservation-Reduce, Reuse, Recycle-Composting.* http://www.epa.gov/osw/conserve/rrr/composting/index.htm. Accessed July 21, 2009.

Waksman, S. 1936. *Humus.* Williams & Wilkins, Baltimore.

Ware, G. W. and J. P. McCollum. 1968. *Producing Vegetable Crops.* Interstate, Danville, Ill.

Westcott, C. 1964. *The Gardener's Bug Book.* Doubleday, Garden City, N.Y.

الفهرس

-أ-

الأحماض العضوية: 78، 123، 158، 165، 217، 236، 244

الأسمدة الزراعية: 10، 21، 32، 56، 68، 74، 89، 91، 105، 108، 118، 120، 123، 126، 128، 129، 137، 139، 140، 142، 143، 146، 148، 149، 150، 151، 152، 153، 158، 173، 308

الأفخاخ: 272، 282، 283، 284، 285، 286، 287

الأمراض الطفيلية: 291، 297

الأمراض الفطرية: 291، 306، 310، 311

الأمراض الفيروسية: 159، 213، 247، 294، 298، 306

الأمراض النباتية: 6، 22، 147، 158، 161، 291، 292، 300، 301، 307، 312

الأنظمة الزراعية: 7، 9، 20، 22، 227

الأسمدة الكيميائية: 14، 28، 29، 30، 31، 32، 33، 38، 51، 52، 53، 54، 55، 69، 70، 72، 79، 80، 92، 114

-ب-

البورون: 27، 28، 29، 130، 132، 133

-ت-

التخمير الصفائحي: 172، 173

التربة الحمضية: 19، 74، 76، 77، 79، 102، 121، 122، 127، 128، 129، 131، 132، 189، 190، 191، 201، 302، 303

التربة الرملية: 26، 68، 74، 94، 96، 98، 109، 114، 119، 122، 125، 127، 128، 129، 132، 142، 165، 179، 180، 199، 200، 213، 219، 222، 223، 227

التربة العضوية: 27، 109، 119، 120، 122، 123، 125، 127، 128، 129، 132، 152

التربة القلوية: 27، 76، 119، 122، 123، 125، 126، 127، 128، 129، 145، 190

التركيب الضوئي: 63، 108، 109، 110، 127، 133

التكليس: 108، 131، 132، 140، 152، 189، 190، 191، 192، 198، 201، 202، 303

-ث-

الثدييات: 19، 255، 256، 258، 260، 261

-ح-

الحشرات المفترسة: 248، 263، 266، 268، 273

-خ-

خصوبة التربة: 7، 8، 9، 10، 11، 14، 23، 24، 25، 32، 81، 96، 97، 138، 151، 161، 180، 191، 302، 324

-د-

ديدان الأرض: 270، 273

الديدان الخيطية: 245، 263، 267، 268، 276، 292، 293، 297، 298، 310، 318، 359

الديدان القارضة: 267، 282

-ذ-

الذبول الكبكوبي: 271، 293، 297، 300، 310، 359

-ر-

الروتينون: 257، 258، 259، 260، 261

الروث: 53، 70، 74، 139، 143، 149، 157، 158، 191، 207، 208، 213، 216، 219، 240، 241

-ز-

الزراعة البيولوجية: 13، 20، 21

الزرع مع الرفيق: 315، 316، 318، 319، 320، 321، 322

-س-

السماد الأخضر: 10، 21، 175، 176، 177، 178، 179، 180، 182، 183، 184، 185، 186، 219، 308، 309، 310، 319

السماد الطبيعي: 49، 74، 90، 139، 141

السماد العضوي: 8، 16، 18، 19، 28، 29، 30، 31، 32، 36، 38، 48، 49، 51، 53، 54، 56، 62، 69، 72، 78، 89، 91، 92، 108، 118، 120، 128، 129، 137، 138، 139، 140، 148، 153، 174، 189، 191، 221، 288، 306، 308، 312

السماد المخمّر: 140، 148، 159، 160، 161، 162، 164، 165، 166، 167، 168، 173، 174، 207، 208، 215، 240، 241، 306، 309، 312

-م-

المبيدات الميكروبية: 268

المكافحة البيولوجية: 19، 20، 235، 236، 242، 243، 247، 248، 262، 263، 264، 265، 268، 300، 306، 307، 308، 310، 311، 318

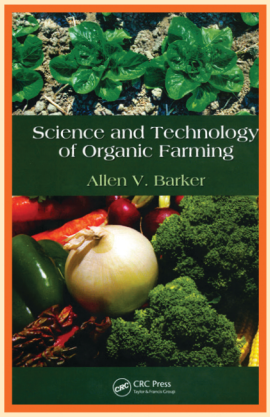
المهاد: 5، 137، 138، 139، 142، 143، 144، 148، 150، 152، 157، 203، 204، 205، 206، 207، 208، 209، 210، 211، 212، 213، 214، 215، 216، 217، 224، 226، 228، 236، 240، 241، 277، 278

المولييدنوم: 25، 27، 29، 130، 131، 132، 191

-ن-

النمو الميكروبي: 305

علوم الزراعة العضوية وتكنولوجياتها(*)



(*) الكتاب الثاني من الزراعة

السلسلة: تضم هذه السلسلة ترجمة لأحدث الكتب عن التقنيات التي يحتاج إليها الوطن العربي في البحث والتطوير ونقل المعرفة إلى القارئ العربي.

الكتاب: الزراعة العضوية ليست مجرد فلسفةٍ، إنما هي علومٌ بحثيةٌ تجمع بين خصوبة التربة، وأمراض النبات، وعلم الحشرات، والعلوم البيولوجية والبيئية الأخرى. فهذا الكتاب يوفر الأدوات اللازمة لتبديد الخرافات حول عرقلة الزراعة العضوية بحيث يتمكن المهتمون – بغض النظر عن تجربتهم – تعزيز ممارساتهم المتزايدة.

يركز الكتاب على معالجة القضايا والمفاهيم ذات الصلة جنباً إلى جنب مع التطبيقات العملية، وتتناول فصوله مواضيع هامة، كخصوبة التربة وتغذية النبات، ومتطلبات النباتات الفردية، والأسمدة الزراعية والأسمدة الخضراء، والتغطية والحرث، والحشائش، والحشرات، ومكافحة الأمراض، وكذلك الزرع الرفيق والتخزين. ويعتبر هذا الكتاب مرجعاً قيماً ومثالياً للمزارعين والمستشارين الزراعيين، وعلماء التربة والنبات في الأوساط الأكاديمية والصناعة.

المؤلف: **ألِن ف. باركر**: أستاذٌ في علوم النبات والتربة وعلوم الحشرات في جامعة ماساشوستس، أمهرست (Massachusetts, Amherst). له أكثر من 45 عاماً من الخبرة في التدريس والبحوث في مجال الزراعة العضوية والتقليدية، وفي تغذية النبات وخصوبة التربة.

المترجم: **محمد خليل**: أستاذٌ في الجامعة اللبنانية، ومدير مركز العزم لأبحاث البيوتكنولوجيا وتطبيقاتها، وله عدة بحوث في اختصاصه.

سلسلة كتب التقنيات الاستراتيجية والمتقدمة

1. المياه
2. البترول والغاز
3. البتروكيمياء
4. النانو
5. التقنية الحيوية
6. تقنية المعلومات
7. الإلكترونيات والاتصالات والضوئيات
8. الفضاء والطيران
9. الطاقة
10. المواد المتقدمة
11. البيئة
12. الرياضيات والفيزياء
13. الطب والصحة
14. الزراعة
15. البناء والتشييد

مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية KACST
المنظمة العربية للترجمة

الثمن: 47 دولاراً
أو ما يعادلها

ISBN 978-614-434-050-9