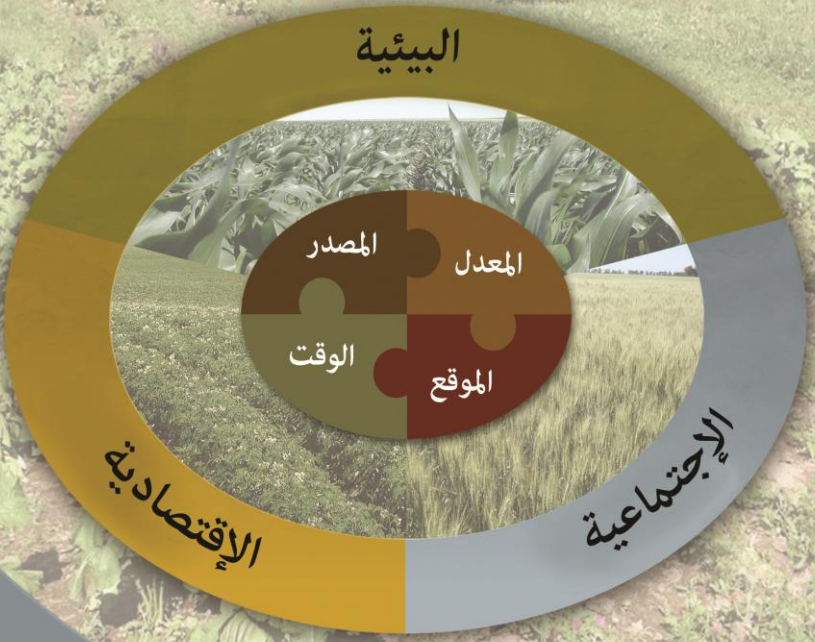
4R

المبادئ الأربعة للإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية للنبات

دليل لتحسين إدارة العناصر الغذائية للنبات

نسخة بالنظام المتري



IPNI
INTERNATIONAL
PLANT NUTRITION
INSTITUTE

IPNI
المعهد الدولي لتغذية النبات

4 nutrient stewardship

المقدمة والشكر

الفصل 1 **أهداف الزراعة المستدامة**

الفصل 2 **مفهوم الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية للنبات 4R**

2.1 المصدر الصحيح بالمعدل والوقت والمكان الصحيح 2.1
2.2 مبادئ دعم الممارسات التطبيقية 2.2
2.3 العناصر الأربعة (4Rs) تناسب الأنظمة والأنماط الزراعية.....2.3
2.4 التحسين المستمر بتقييم المُخرجات 2.5

الفصل 3 **المصدر الصحيح**

3.1 من أين تأتي العناصر الغذائية 3.3
3.2 اختيار المصدر الصحيح 3.3
3.3 اختيار الصيغ السمادية الصحيحة 3.6
3.4 أشكال أو صيغ المصطلحات العضوية: الأسمدة الحيوانية والكومبوست 3.9
3.5 التداخل بين العناصر الغذائية 3.9

- نموذج 3.1.1 اختيار المصدر الصحيح للبوتاس يحسّن غلة ونوعية الموز ..3.11
- نموذج 3.2.1 تحقيق التوازن في العناصر الغذائية العضوية والمعدنية لمحصول الذرة الصفراء في افريقيا 3.11

- نموذج 3.3.1 –x مصادر العناصر الغذائية 3.13

- اليوريا 3.13
- يوريا نترات الأمونيوم 3.15-
- الأمونيا 3.17
- كبريتات الأمونيوم 3.19-
- الفوسفات النيتروجينية .....3.21 -
- نترات الأمونيوم 3.22-
- فوسفات الأمونيوم الاحادية 3.24-
- فوسفات الأمونيوم الثنائية .....3.26 -
- الفوسفات المتعددة .....3.28 -
- السوبر الفوسفات الاحادية .....3.30 -
- السوبر الفوسفات الثلاثية 3.32-
- الصخر الفوسفاتي .....3.34 -
- كلوريد البوتاسيوم 3.36-
- كبريتات البوتاسيوم .....3.38 -
- كبريتات المغنيسيوم البوتاسية .....3.40 -
- نترات البوتاسيوم 3.42-
- كيسرايت .....3.44 -
- الكبريت .....3.46 -
- الثيوسلفات .....3.48 -
- السماد المركب .....3.50 -
- السماد المغلف .....3.52 -
- الجبس .....3.54 -
- الصخر الكلسي 3.56-

- نموذج 3.5.1 تحقيق التوازن بين N و K هو المفتاح لتحسين الغلة وكفاءة استعمالN 3.58

الفصل 4 المبادئ العلمية التي تحدد المعدل الصحيح

4.1 تقدير إحتياج النبات من العناصر الغذائية 4.3
4.2 تقدير تزويد التربة للعنصر الغذائي 4.4
4.3 تقدير كل مصادر العنصر الغذائي المتوفرة 4.6
4.4 التنبؤ بكفاءة استخدام السماد 4.9
4.5 تقييم اثر موارد التربة 4.10
4.6 تقدير الجدوى الإقتصادية لمعدل الإضافة 4.14

- نموذج 4.1.1 يُحدد احتياج سماد N للقمح والذرة الصفراء في الأرجنتين بصورة أفضل بتقييم N التربة قبل الزراعة 4.16
- نموذج 4.1.2 حساب معدلات السماد في الحبوب بإستخدام بيانات تقنية القطاع المحذوف في التصميم التجريبي 4.18
- نموذج 4.6.1 معدلات N المثلى الإقتصادية للقطن في تربة مزيجة طينية غرينية في ألباما تتغير قليلاً مع تغيرات الأسعار 4.20
- نموذج 4.6.2 تتغير المعدلات الإقتصادية المثلى لـ N للذرة قليلاً فقط مع ظروف السوق خلال فترة الـ10 سنوات 4.21

الفصل 5 المبادئ العلمية لتحديد الوقت الصحيح

5.1 تقييم وتقدير وقت امتصاص النبات 5.1
5.2 تقييم وتقدير ديناميكية التربة في تزويد العنصر الغذائي 5.5
5.3 تقييم وتقدير ديناميكية فقدان العنصر الغذائي من التربة 5.6
5.4 تقييم لوجستية الممارسات الحقلية 5.7

- نموذج 5.1.1 التنبؤ بإستجابة غلة القمح للإضافة المتأخرة من N الإضافي تمّ التنبؤ به بواسطة لون الورقة 5.10
- نموذج 5.1.2 إضافة N بالتوافق مع إحتياج المحصول قللت من نترات التربة 5.11
- نموذج 5.1.3 أنماط امتصاص N ، P و K بواسطة نبات العنب في منطقة شنسي، الصين تؤثر في توصيات توقيت الإضافة 5.12
- نموذج 5.1.4 تجزئة الجرعة السمادية يجعل Ca أكثر جاهزية للفستق (الفول السوداني) 5.13
- نموذج 5.2.1 مستويات فحص التربة العالية تسمح بالمرونة في توقيت إضافة P وK 5.14
- نموذج 5.3.1 الإضافة الربيعية من N تزيد من إستعادة N والربح للذرة الصفراء في جنوب منيسوتا 5.15

الفصل 6 **المبادئ العلمية لوضع السماد في المكان الصحيح**

6.1 نمو الجذر النباتي 6.2
6.2 الممارسات التطبيقية لوضع السماد في المكان الصحيح 6.5
6.3 إستجابة التربة والجذور لإضافة الأسمدة في حُزم 6.7
6.4 التسميد الورقي 6.11
6.5 التسميد في ظروف التباين المكاني في صفات التربة 6.12

- 6.4.1 نموذج تقليل فقدان الأمونيا بواسطة «المكان الصحيح» لقصب السكر والذرة الصفراء في البرازيل 6.16

الفصل 7 **تهيئة وتكييف الممارسات على كامل المزرعة**

7.1 الأنظمة الزراعية 7.1
7.2 الإدارة التكيفية 7.1
7.3 عوامل خارج الأنظمة الزراعية 7.3
7.4 دعم القرار 7.4

- 7.1.1 تأثير أنظمة زراعية على كفاءة العنصر الغذائي وغلة المحصول في البرازيل 7.7
- 7.1.2 تكييف إدارة N لمحصول البطاطا لتلائم أنظمة الري في الصين 7.8
- 7.2.1 تكييف إدارة N للترب بإستخدام بيانات محلية للذرة في الغرب الأوسط الأمريكي 7.9
- 7.3.1 اختيار ممارسات تسميد P للقمح بناءً على ظروف المُزارع 7.10
- 7.3.2 تحسين إدارة سماد N في ظل متطلبات الوقت المتعددة 7.12
- 7.3.3 تحسين موازنة العناصر الغذائية في مزارع الألبان من خلال إدارة محاصيل الأعلاف 7.12
- 7.4.1 استخدام برنامج خبير العناصر الغذائية كوسيلة لدعم القرار وزيادة الربحية لإنتاج الذرة الصفراء 7.14

الفصل 8 **الممارسات الداعمة**

8.1 استكشاف ومراقبة المحصول وأعراض نقص العناصر الغذائية 8.1
8.2 فحص التربة 8.4
8.3 تحليل التربة 8.8
8.4 تحليل النبات 8.12
8.5 تفسير نتائج فحص التربة وتحليل النبات 8.15
8.6 تقنية المقاطع المحذوفة في التجارب الحقلية 8.19

8.1.1 السيرة التاريخية للزراعة تؤثر في قرارات عُمق أخذ عينات التربة 8.21

الفصل 9

التخطيط والمسائلة في إدارة العناصر الغذائية

9.1 خطط إدارة العنصر الغذائي 9.1
9.2 خطط الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية 4R 9.1
9.3 قياسات ومؤشرات الأداء 9.2
9.4 كفاءة استعمال العنصر الغذائي كمؤشر للأداء 9.5
9.5 الخطوات لوضع خطة الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية 4R 9.8
9.6 نموذج استمارة العمل لخطة 4R 9.11
9.7 مقارنة التشريعات (المعايير الإلزامية) والمعايير الطوعية لخطط إدارة العناصر الغذائية 9.13
9.8 إدارة التأثيرات البيئية 9.15
9.8.1 إدارة التأثيرات البيئية لـ N 9.15
9.8.2 إدارة التأثيرات البيئية لـ P 9.17
9.9 التآزر في الإدارة المتكاملة 9.21

- 9.1.1 خطط إدارة العنصر الغذائي للقصب للسكري في المناطق الإستوائية الرطبة في استراليا 9.23
- 9.1.2 كيف تقلل إدارة العناصر الغذائية المتكاملة 4R من انبعاثات الغازات الدفيئة 9.26
- 9.1.3 ممارسات إدارة المياه والعناصر الغذائية تُحسّن من نوعية المياه في نبراسكا، الولايات المتحدة الأمريكية 9.28
- 9.1.4 إدارة سماد P بواسطة فحص التربة يُحسّن من انتاج الغذاء والأداء البيئي في الصين 9.31

قاموس المصطلحات، أجوبة الفصول، عوامل التحويل للنظام الأمريكي والمتري، الرموز والمختصرات

Acknowledgements and Notes شكر وتقدير

Editors
Dr. Tom W. Bruulsema, IPNI Director, Northeast North America.
Dr. Paul E. Fixen, IPNI Senior Vice President (Americas and Oceania Group) and Director of Research.
Gavin D. Sulewski, Editor.

Editorial Assistance
Danielle C. Edwards, Assistant Editor.
Katherine P. Griffin, Past Assistant Editor.
Donald L. Armstrong, Past Editor.

Authors - IPNI Scientific Staff

Chapter 1 Goals of Sustainable Agriculture
Dr. Terry L. Roberts, President.
Dr. Armando Tasistro, Director, Mexico and Central America.
Dr. Jin Ji-yun, Director (retired), China.

Chapter 2 The 4R Nutrient Stewardship Concept
Dr. Tom W. Bruulsema, Director, Northeast North America.
Dr. Fernando Garcia, Director, Latin America-Southern Cone.
Dr. T. Satyanaryana, Deputy Director, South Asia.

Chapter 3 Scientific Principles Supporting — Right Source
Dr. Rob Mikkelsen, Director, Western North America.
Dr. Luís Prochnow, Director, Brazil.

Chapter 4 Scientific Principles Supporting — Right Rate
Dr. Steve Phillips, Director, Southeast US.
Dr. Kaushik Majumdar, Director, South Asia.

Chapter 5 Scientific Principles Supporting — Right Time
Dr. William (Mike) Stewart. Director, South and Central Great Plains.
Dr. Raúl Jaramillo, Director, Northern Latin America.

Chapter 6 Scientific Principles Supporting — Right Place
Dr. T. Scott Murrell, Director, Northcentral US.
Dr. Vladimir Nosov, Director, Southern and Eastern Russia.

Chapter 7 Adapting Practices to the Whole Farm
Dr. Paul E. Fixen, Senior Vice President (Americas and Oceania Group) and Director of Research.
Dr. Adrian M. Johnston, Vice President (Asia and Africa Group).
Dr. José Espinosa, Director (retired), Northern Latin America.

Chapter 8 Supporting Practices
Dr. Tom L. Jensen, Director, Northern Great Plains.
Dr. Robert Norton, Director, Australia and New Zealand.
Dr. Harmandeep Singh Khurana, International Agronomic and Technical Support Specialist.

Chapter 9 Nutrient Management Planning and Accountability
Dr. Rob Mikkelsen, Director, Western North America.
Dr. Tom L. Jensen, Director, Northern Great Plains.
Dr. Cliff Snyder, Director, Nitrogen.
Dr. Tom W. Bruulsema, Director, Northeast North America.

Other IPNI Staff Contributors

AFRICA: (Dr. Hakim Boulal, Dr. Mohamed El Gharous, Dr. Shamie Zingore); BRAZIL: (Dr. Valter Casarin); CHINA: (Dr. Chen Fang, Dr. He Ping, Dr. Li Shutian, Dr. Tu Shihua); MIDDLE EAST: (Dr. Munir Rusan); RUSSIA: (Dr. Svetlana Ivanova); SOUTH ASIA: (Dr. Sudarshan Dutta); SOUTHEAST ASIA: (Dr. Thomas Oberthür).

The editors express their gratitude to Danielle Edwards, IPNI Assistant Editor, Don Armstrong (retired), and Katherine Griffin (retired) for their contributions. A special thanks is extended to Sharon Jollay of Graphic Details, L.L.C. for her creativity and dedication to this publication.

Additional Resources for the 4R Plant Nutrition Manual

IPNI encourages all users of the manual to consult the IPNI website http://www.ipni.net/4R for details on additional resources related to this manual including:
1. Our most up-to-date collection of Modules and Case Studies available for download.
2. Guidelines for those wishing to submit examples to our library of Modules and Case Studies.
3. Details on alternative eBook formats of the 4R Plant Nutrition Manual.
4. Details on accompanying PowerPoint slide sets.
5. Details on other related resources for 4R Nutrient Stewardship.

Feedback
We would appreciate feedback from users of this manual. Please send your responses to 4Rmanual@ipni.net

IPNI. 2013. 4R Plant Nutrition Manual: A Manual for Improving the Management of Plant Nutrition, 1st Rev. Ed., (T.W. Bruulsema, P.E. Fixen, G.D. Sulewski, eds.), International Plant Nutrition Institute, Norcross, GA, USA.

Revised September 2013

المقدمة

إنّ مفهوم **الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية (4R NUTRIENT STEWARDSHIP)** هو نهج مبتكر لأفضل ممارسات إدارة السماد والمطبقة من قبل الصناعات السمادية عالمياً. هذا النهج يعتبر اقتصادي واجتماعي وذو أبعاد بيئية لإدارة السماد وضروري لإستدامة الأنظمة الزراعية. هذا المفهوم بسيط– يعني إضافة المصدر الصحيح للعنصر الغذائي بالمعدل الصحيح وبالوقت الصحيح والمكان الصحيح– ولكن ما يحدد تطبيقه هو توفير الكثير من المعلومات وأيضاً الموقع.

لقد أصدرنا هذا الدليل لتوضيح مفهوم (4R) للعناصر الغذائية ولوضع المبادئ العلمية التي تحدد العناصرالأربعة الصحيحة (4Rs) لإضافة السماد. لم يكن القصد من الدليل تعليم القارئ أساسيات خصوبة التربة وتغذية النبات، بل مساعدة القارئ للتكيّف ودمج هذه المبادئ الأساسية بطريقة شاملة لإدارة العناصر الغذائية والتي تستوفي معايير الإستدامة.

يتضمن الدليل فصول حول المبادئ العلمية التي تقف خلف كل هذه العناصر الصحيحة الأربعة مع الممارسات التي تدعم ذلك. وأيضاً ناقشنا تطبيق الممارسات في المزرعة والأساليب في تخطيط إدارة العنصر الغذائي وأداء الإستدامة. إنّ معظم الفصول تتضمن مواضيع يتم فيها توضيح دراسة لحالات على مستوى العالم حيث تبين تطبيقات منوعة لمفهوم الإدارة الجيدة. إنّ دراسة الحالات المقدمة تبرهن بعالمية تطبيق مفهوم الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية في أنظمة زراعة متباينة من مُلكيات صغيرة إلى مزارع تجارية كبيرة.

توفر مواد هذا الدليل الأساس في تطبيق إدارة محسّنة للعناصر الغذائية بالإعتماد على مبادئ العناصر الصحيحة الأربعة وهو ليس بالوصفة أو الدليل بل إنّ إدارة العنصر الغذائي محددة بخصائص ومميزات الموقع، فممارسات إدارة تغذية النبات المفصلة تُمليها وتفرضها أهداف المزارعين، الموارد المتوفرة، نظام الزراعة، ظروف التربة، الظروف الجوية والعوامل الأخرى التي تؤثر في أي قرار للإدارة.

إنّ المعهد الدولي لتغذية النبات (IPNI) مكرّس لتطوير وتعزيز المعلومات العلمية حول الإدارة المسؤولة عن تغذية النبات. وتشمل الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية كل المبادئ المتعلقة بمثل تلك الإدارة. نأمل من هذا الدليل أن يكون أداة مفيدة للمزارعين ومستشاريهم والعاملين بالإرشاد الزراعي والباحثين والمنظمين وكل شخص له اهتمام بإدارة تغذية النبات.

Terry Roberts, Ph.D
تيري روبرت، دكتوراة
رئيس المعهد الدولي لتغذية النبات

الفصل الأول
أهداف الزراعة المستدامة

قبل حوالي 30 سنة مضت تلقى الفريق الإستشاري للأمن الغذائي والزراعة والغابات والبيئة (1987) استفساراً من قبل جرو هارمليم بروندتلاند (Gro Harmlem Brundtland) الذي أصبح بعد ذلك رئيس اللجنة العالمية للبيئة والتطوير (WCED) عن كيفية حماية البشرية من الجوع بإعتماد الإستدامة البيئية. في التقرير الذي أعدّه الفريق إلى (WCED) ذكروا الآتي: "سنتعرض في العقود القليلة القادمة لتحدّي كبير يتعلق بالأنظمة الغذائية العالمية وأكبر من أي وقت آخر قد نواجهه مرة ثانية. لذا هنالك حاجة لزيادة الإنتاج بوتيرة تتماشى مع الطلب الذي لم يسبق له مثيل في حين تكون المحافظة على السلامة البيئية الضرورية للأنظمة الغذائية أمراً جسيماً في مقداره وتعقيداته. وفي ضوء العقبات التي يتعيّن التغلب عليها، والتي في معظمها من صنع الإنسان، فإنّ إمكانية الفشل ستكون أسهل من إمكانية النجاح". إنّ هذا التقييم الواقعي كما هو ينطبق اليوم سينطبق لاحقاً.

إنّ تقرير الفريق الإستشاري يحتوي الأساس في توصيات تقرير (WCED) لبروندتلاند للأمن الغذائي والإستدامة المعنون "مستقبلنا المشترك" (1987). لقد تناول التقرير الإهتمام المتنامي (بالإنهيار المتسارع **للبيئة البشرية** و**الموارد الطبيعية** وتبِعات هذا الإنهيار على **التطور الإقتصادي والإجتماعي**). إنّ الهدف الأساسي للزراعة المستدامة هوالتحدي في زيادة الغذاء بطريقة قابلة للتحقيق اقتصادياً في حين الإحتفاظ بسلامة البيئة للأنظمة الزراعية .

هنالك العديد من التوصيفات للزراعة المستدامة لكن التركيز الأكبر يكون مع الحاجة الملحّة لتضمين متطلبات النمو للإنتاج بدون المساومة على الموارد الطبيعية التي تعتمد عليها الزراعة. بالرغم من التعدد في التعاريف للإستدامة، هنالك توافق عام في القاسم المشترك في الميزات التي توصفها. إحدى هذه السمات المهمّة هي امتلاكها للأبعاد المتعدّدة وأنّ مفهوم الإستدامة لا يُطبّق على بعد واحد فقط (مثل الإجتماعي، الإقتصادي أو البيئي) بل على كلها في آن واحد.

إنّ تطبيق مثل هذه الرؤية المتعددة الأبعاد في المجال الزراعي يمكن تسهيلها إذا كان التصنيف التقليدي الذي يحوي عوامل اجتماعية واقتصادية وبيئية يمكن تجزئته وتوضيحه أكثر. واحدى الطرق الفعالة في تصوير تعدد الموارد المتضمّنة في العمل الزراعي هو تجميعها كأصول أو رؤوس أموال إلى خمس فئات كما أُقترحت من قبل UNCTAD-UNEP (2008):

- **رأس المال الطبيعي**: رأس المال هذا يتضمن الموارد المستخدمة لغرض انتاج الغذاء والألياف والخشب لا سيّما الأرض والماء والطاقة، إضافة إلى تلك المستخدمة في انتاج ونقل المُدخلات الضرورية (مثل المواد الخام للأسمدة). علاوة على ذلك فإنّ رأس المال هذا هو أيضاً مصدر للغذاء الطبيعية أو البري وخدمات بيئية مهمّة مثل التخلص من النفايات، تدوير العنصر الغذائي، تشكيل التربة، السيطرة على الآفات البيولوجية، التنظيم المناخي، إيواء الحياة البرية، الحماية من العواصف والفيضان، العزل الكربوني، التلقيح والمظهر الأرضي.

- **رأس المال الإجتماعي**: يكون مرتبطاً بالمعايير والتقديرات والمواقف التي تحثّ الناس للتعاون وتلك تُعكس في العمل الجماعي المنفعي المتبادل. فالمجتمعات الفقيرة والتي تفتقر للثقة والشراكة، تكون أكثر تعرّضاً للمعاناة البيئية وانعدام الأمن الغذائي. إنّ منظمة المزارعين في التعاونيات أو في مجموعات تطوير تكنولوجيا توفر حوافز للعمل سويّة والمشاركة في المعرفة والموارد.

- **رأس المال البشري**: هذا يتضمن القدرة الإجمالية للأشخاص والتي تُبنى على معرفتهم ومهاراتهم وصحتهم وتغذيتهم. إنّ المساهمات من هذه الأصول يعتمد على مدى الإستفادة من الخبرات الشعبية والتي تكون منفصلة من خلال تعزيز التعلم والمشاركة – الرسمية وغير الرسمية – وتوفير الخدمة الصحية الكافية. إنّ مشاركة المزارعين في عملية تطوير بدائل تكنولوجية جديدة (على سبيل المثال من خلال الأبحاث الحقلية) هو مثال لنهج يساهم في تنمية رأس المال البشري. إنّ التعليم الأفضل يكون ضرورياً بوضوح عندما يُراد من الممارسات الزراعية مثل إدارة السماد أن يتم تحسينها.

- **رأس المال المادي**: هو المخزون من الموارد للمواد المصنعة مثل البنايات، البنية التحتية للأسواق، مشاريع الري، شبكات التواصل، الأدوات، المكائن وأنظمة الطاقة والنقل التي تزيد من انتاج العمال. إنّ الدخول إلى الأسواق غالباً ما يكون محدداً بالإفتقار إلى البنية التحتية للإتصال الصحيحة.

- **رأس المال النقدي**: هذا المال هو السيولة النقدية في النظام والذي يكون معتمداً على عوامل منها الأسعار، الكُلف، الدخل، الهامش الربحي، التوفير، الإعتماد والدعم. يبقى الفقر هو حجر عثرة للتطوّر الزراعي والأمن الغذائي – خاصة في الدول النامية – لأنه يمنع الناس من الوصول إلى الوسائل التي يمكن أن تحسّن من حياتهم.

يمكن تقييم الأنظمة الزراعية المستدامة من خلال تأثيرها على الممتلكات (assets) الموصوفة سابقاً. إنّ تكنولوجيا الزراعة والتي تؤدي إلى المرونة في رأس المال الطبيعي والإجتماعي والبشري والمادي أو النقدي يمكن اعتبارها استدامة. بدورها ولأنّ الأنظمة الزراعية تتفاعل مع الأنواع الخمسة من رأس المال من خلال استمرار رفدها بالمعلومات، فإنّ وجود أصول كبيرة لتلك الأنواع الخمسة من الممتلكات سيحسّن من دورها أكثر.

إنّ نهج (4R) للإشراف على العناصر الغذائية هو أداة ضرورية في تطوير الأنظمة الزراعية المستدامة لأنّ تطبيقه يمكن أن يكون له تأثيرات ايجابية متعدّدة في الأصول المذكورة أعلاه.

هنالك ارتباط مباشر بين إضافة العنصر الغذائي الصحيح بالمعدل الصحيح والوقت الصحيح والمكان الصحيح والتأثيرات المفيدة على مُركبات رأس المال الطبيعي والمستدّل عليها من أداء أفضل للمحصول وتحسّن ظروف التربة وانخفاض التلوث البيئي وحماية الحياة البرية. وبنفس السياق، التأثيرات الإيجابية لرأس المال النقدي المتوقع عندما تتحسّن أرباح المزارع فإنّ ذلك يؤدي إلى تحسين نوعية الحياة وزيادة النشاط الإقتصادي في مجتمعاتهم.

على أية حال فإنّ تنفيذ الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية يمكن أيضاً أن يزيد من رأس المال الإجتماعي والبشري والمادي. إن تطوير إدارة الممارسات العملية الغذائية المحدّدة بالموقع (site–specific) تقتضي مثلاً عملاً بحثياً في حقول المُزارع وهذا يتطلب المشاركة الفعالة والتي من الطبيعي أن ينتج عنها تواصل أفضل بين أصحاب العلاقة stakeholders (المزارعين والباحثين وممثلي القطاع الخاص والدولة). إضافة لذلك فإنّ المستوى التعليمي للمشاركين أيضاً سيرتفع من خلال النشاطات الرسمية وغير الرسمية. هنالك أمثلة عديدة لمنظمات ناجحة تُدار من قِبل المزارعين والتي تولد وتنشر التكنولوجيا الزراعية.

إنّ تبنّى التكنولوجيا الجديدة والرابحة والمرتبطة بالإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية يمكن أيضاً أن تكون لها تبعات إيجابية على رأس المال المادي لأنه عادة يتضمن بنية تحتية أفضل لدخول الأسواق في كِلا المُدخلات والمُخرجات وفي الإتصالات. وأيضا فإنّ الطرق الجيدة مطلوبة لجلب الأسمدة والمُدخلات الأخرى ولنقل الغلة. إنّ الوصول المستمر لأحدث المعلومات لمنتسبي المجتمع الزراعي من خلال الهواتف الخلوية وأدوات الإتصال الرقمية ينعكس في تحسين موارد الإتصال للمجتمع.

عندما يُنظر للإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية بطريقة شاملة ومتكاملة فيمكن أن يكون له تأثيرات محتملة بعيدة الأثر على الأنظمة الزراعية المستدامة والتي تتجاوز المنافع المباشرة من حيث تغذية المحصول.

الأنظمة الزراعية المستدامة يمكن تقييمها من خلال تأثيرات رأس المال الطبيعي، رأس المال المجتمعي ورأس المال البشري ورأس المال المادي ورأس المال النقدي.

المراجع

Advisory Panel on Food Security, Agriculture, Forestry, and Environment & World Commission on Environment and Development. 1987. Food 2000: Global Policies for Sustainable agriculture: A Report of the Advisory Panel on Food Security, Agriculture, Forestry, and Environment to the World Commission on Environement and Development. Zed Books. London and New Jersey. pp. 131.

UNCTAD–UNEP. 2008. Organic Agriculture nd Food Security in Africa. Document UNCTAD/DITC/TED/2007/15. Geneva, Switzerland. pp. 47.

WCED. 1987. Our Common Furure. The World Commission on Environment and Development. Oxford University Press. New York. pp. 400.

الفصل الثاني
مفهوم الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية

تطبّق إدارة تغذية النبات على مدى واسع من الأنظمة الزراعية من مناطق واسعة لأراضي المراعي المستخدمة للرعي إلى الإنتاج المكثف للمحاصيل الحولية إلى المشاتل، وإلى حتى زراعات الفواكه والخضراوات ونباتات الزينة في البيوت الزجاجية المكيفة. مثل هذه الأنظمة حول العالم تتواجد في ترب ومناخات متنوعة. يهدف هذا الفصل إلى وصف و توضيح المبادئ الرئيسية الإدارة المتكاملة لتغذية النبات عبر هذه الأنظمة المتنوعة وإطار التحسين المستمر للممارسات الداخلة في إدارة العناصر الغذائية للنبات.

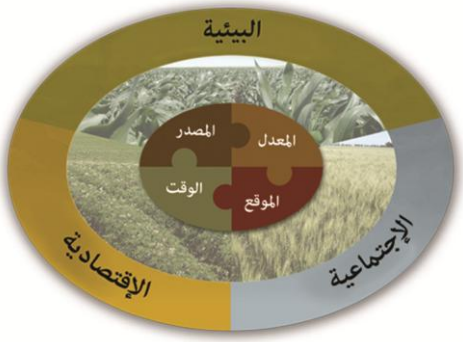
2. 1 المصدر الصحيح بالمعدل والوقت والمكان الصحيح

إنّ المفهوم الأساسي أو المبادئ الرئيسية لإدارة العناصر الغذائية هو إضافة المصدر الصحيح للعناصر الغذائية للنبات بالمعدل الصحيح و في الوقت الصحيح وفي المكان الصحيح. هذه العناصر الصحيحة «الأربعة» جميعها ضرورية في الإدارة المستدامة لتغذية النبات: الإدارة التي تعطي زيادة في إنتاجية النباتات والمحاصيل. كما وُصف في الفصل السابق، الإستدامة لها أبعاد اقتصادية واجتماعية وبيئية. كل هذه الأبعاد الثلاثة يقتضي ادخالها في تقييم أي ممارسة لإدارة العناصر الغذائية بنحوٍ مستدام لتحديد فيما إذا كانت «ملائمة» أو لا.

إنّ العناصر الأربعة في إدارة التسميد: المصدر والمعدل والوقت والمكان مرتبطة بأهداف التطور المستدام (**شكل 2.1**). و في أي نظام معين يحتاج صاحبي الشأن الى تحديد الأهداف العامة، لكن المختصين بالإدارة يكونوا جاهزين على أفضل ما يمكن لإختيار الممارسات. لغرض تحديد الأهداف، يحتاج صاحبي الشأن الى فهم كيف تؤثر إدارة تغذية النبات على أداء نظام النبات. ولا يشمل أصحاب العلاقة المختصين بالإدارة ومستشاريهم فحسب بل الذين يشترون المنتجات والذين يعيشون في بيئة النظام. ولأنّ أنظمة الإنتاج المعتمدة على النبات تكون على نطاق واسع والناس تعتمد عليهم في الغذاء والوقود والآليات والكماليات، فبالضرورة كل واحد منهم يُعتبر صاحب الشأن لحد ما، ولذلك فإنّ تقييمهم للأداء سيتضمن الإنتاجية والربحية للنظام (البعد الإقتصادي)، تأثيراته على التربة والماء والهواء والتنوع الحيوي (البعد البيئي)، وتأثيراته على نوعية الحياة وفرص العمل (البعد الإجتماعي). تحتاج الشركات المحدودة في هذا المجال أن تتماشى مع الأهداف العامة للتطوير المستدام للمنطقة.

لكي تعتبر إدارة السماد «صحيحة» يجب أن تدعم الأهداف المحورية لأصحاب العلاقة في فعاليتها، وعلى أية حال، فإنّ المُزارع والمسؤول عن إدارة الأرض هو صاحب القرار في اختيار الممارسات المناسبة للتربة المحلية المحدّدة بالموقع، والمناخ وظروف انتاج المحصول والنظم المحلية التي لها احتمالية في الإيفاء بالأهداف. لأنّ الظروف المحلية هذه يمكن أن تؤثر في القرار حول الممارسة المختارة في جميع مراحلها وبضمنها يوم تطبيقها، فإنّ صناعة القرار المحلي لمعلومات داعمة للقرار الصحيح يكون تنفيذه أفضل من النهج التنظيمي المركزي.

2.2 مبادئ دعم الممارسات التطبيقية



شكل 2.1 مفهوم الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية يحدد المصدر والمعدل والوقت والمكان الصحيح لإضافة السماد لكي تنتج مُخرجات اقتصادية واجتماعية وبيئية مرغوبة من قبل أصحاب العلاقة للنظام البيئي النباتي.

توفر علوم الفيزياء والكيمياء والأحياء المبادئ الأساسية (الجوهرية) للتغذية المعدنية للنباتات التي تنمو في الترب. إنّ تطبيق هذه العلوم للإدارة العملية لتغذية النبات أدى إلى تطوير تخصصات علمية لخصوبة التربة وتغذية النبات. إنّ جزء الممارسات العملية لكل من: المصدر والمعدل والوقت والمكان له خصوصية علمية تصف العمليات المهمة لتغذية النبات.

إنّ المبادئ العلمية المحددة تقود إلى تطوير ممارسات تحدّد المصدر والمعدل والوقت والمكان الصحيح. إنّ بعض الأمثلة للمبادئ الرئيسية والممارسات مبيّنة في **جدول (2.1)**. هذه والمبادئ المهمّة الأخرى لتغذية النبات سيتم وصفها بتفاصيل أكثر في الفصول الأربعة التالية.

إنّ المبادئ الأساسية هي نفسها في كل أرجاء العالم، لكن كيفية تطبيقها على الواقع يختلف حسب نوع التربة والمحصول والمناخ والطقس والظروف الإقتصادية والإجتماعية. فالمزارعون والمستشارون الزراعيون حريصون على أنّ اختيارهم للممارسات التطبيقية متوافقة مع المبادئ الأساسية.

جدول 2.1 أمثلة على المبادئ العلمية الرئيسية والممارسات المرافقة لها

	العناصر الصحيحة الأربعة (4Rs)			
	المصدر	**المعدل**	**الوقت**	**المكان**
أمثلة على المبادئ العلمية الأساسية	• تزويد العناصر الغذائية بشكل متوازن • يناسب خواص التربة	• تقدير كمية العناصر الغذائية المزودة من كل المصادر • تقدير إحتياج النبات	• تقييم ديناميكية امتصاص المحصول للعنصر الغذائي وتزويد التربة له • تحديد توقيت مخاطر إمكانية حدوث فقدان للعنصر الغذائي	• التعرّف على نمط انتشار جذور المحصول • معالجة التباين المكاني
أمثلة على الخيارات للممارسات التطبيقية	• الأسمدة التجارية • السماد الحيواني • الكومبوست • البقايا النباتية	• تحليل التربة وتقدير مستوى العناصر الغذائية فيها • تقدير الجدوى الإقتصادية • رصد ما يستنزفه المحصول من التربة وتعويضها	• قبل الزراعة • عند الزراعة • عند الإزهار • عند تكوين الثمار	• نثراً على السطح • تكبيش/حفر/حقن • إضافة بمعدلات مختلفة

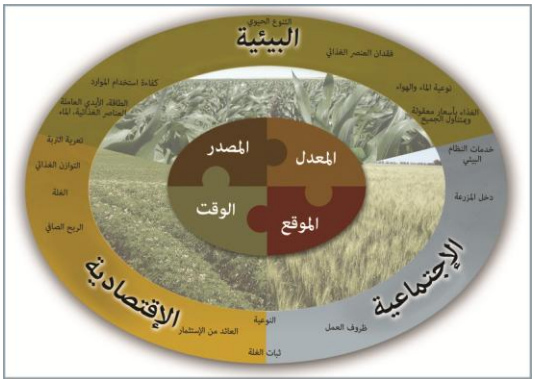
المصدر والمعدل والوقت والمكان هي العناصر الضرورية والكافية لوصف أي إضافة للعناصر الغذائية لأي محصول

إن تطبيق العناصر أو المبادئ الرئيسية الصحيحة الأربعة يوفر مرجعية لتقييم فيما إذا كان المحصول المعني قد تم تسميده بصورة صحيحة أم لا. وقد يتبادر للذهن السؤال "هل أن المحصول الذي أعطي له المصدر الصحيح من العناصر الغذائية بالمعدل والوقت والمكان الصحيح قد ساعد المزارعين والمختصين لتحديد الفرص في تحسين تسميد أي محصول معين في أي حقل معين؟".

إنّ الحصول على التوازن في العناصر الصحيحة الأربعة هو الأنسب، فهو يساعد على تجنب التركيز المفرط على احداها على حساب التغاضي عن الأخرى. في بعض الأحيان قد يتم التركيز المفرط على عنصرالمعدل بسبب بساطته وعلاقته المباشرة مع الكلفة في حين أغلب الأحيان يتم اغفال المصدر والوقت والمكان التي قد تكمن فيها فرصة أكبر لتحسين الأداء.

2.3 العناصر أو المبادئ الأربعة (4Rs) تناسب الأنظمة والأنماط الزراعية المختلفة

إنّ المبادئ أو العناصر الصحيحة الأربعة مترابطة ويجب أن تعمل بتزامن بعضها مع البعض الآخر ومع البيئة النباتية والتربة والمناخ والإدارة المحيطة بها. ففي معظم الأنظمة التي يتم فيها إدارة النبات لتوفير الغذاء والطعام والآليات والوقود والفوائد الكمالية، تكون الترب هي الوسط الذي تنمو فيه النباتات وأنّ خصوبة التربة هي حاجة أساسية للنباتات لتنمو بطريقة منتجة. ومع أنّ الخصوبة ضرورية للإنتاجية إلا أنه ليس كل الترب الخصبة هي تربة منتجة، فالصرف الرديء والجفاف والحشرات والأمراض والعوامل الأخرى يمكن أن تقيّد الخصوبة حتى وإن كانت مستويات الخصوبة لالعناصر الغذائية النباتية كافية. ولفهم خصوبة التربة فيجب معرفة العوامل الأخرى والتي تدعم أو تعيق الإنتاجية.



شكل 2.2 أداء المؤشرات يعكس النواحي الإجتماعية والإقتصادية والبيئية لأداء نظام النبات-التربة-المناخ". يعتمد اختيارها وأولويتها على تقدير أصحاب العلاقة

إنّ النباتات تعتمد على التربة في الدعم الميكانيكي، والماء، والهواء والعناصر الغذائية، وتعتمد أيضاً على العوامل الخارجية مثل الضوء والحرارة. كل هذه العوامل تشترك بعضها مع البعض الآخر وتؤثر في نمو النبات وامتصاص العنصر الغذائي بطرق عديدة. وبما أنّ الماء والهواء يحتلان الفراغات المسامية بالتربة فالعوامل المؤثرة على الماء بالضرورة تؤثر في التربة والهواء والماء يؤثر بدوره في حرارة التربة. تتأثر جاهزية العنصر الغذائي بكل هذه العوامل الثلاثة: الهواء والماء والحرارة، وأكثر من ذلك فإنه بنمو الجذور فإنها ستتعرض لإجهادات إضافية بضمنها انضغاط التربة وعمق التربة وتواجد أنواع عديدة من الأحياء المجهرية في التربة.

إنّ تغذية النباتات في ضوء ذلك هي جزء من نظام ديناميكي يتغير من مكان لآخر ومن وقت لآخر. إنّ الإستجابة لإضافة العناصر الغذائية النباتية تتباين مع كل العوامل المذكورة أعلاه ولذلك فإنّ إدارة تغذية النبات هي نشاط يتركز على الموقع. وضمن الأنظمة الإنتاجية فالعناصر الغذائية يتم إزالتها بإستمرار من التربة بشكل نواتج نباتية وحيوانية وبعمليات الغسل والتطاير والتعرية. إنّ بعض العناصر الغذائية يمكن أن ترتبط بتفاعلات كيميائية مع معادن الطين ومكونات التربة الأخرى وأنّ المادة العضوية وأحياء التربة تقوم بتثبّيت العناصر الغذائية وبعد ذلك تحرّرها.

لذلك فإنّ ممارسات تغذية النبات تتفاعل مع محيط نظام النبات–التربة–المناخ (**شكل 2.2**). ولكي يكون استخدام السماد مستداماً يجب تعزيز أداء النظام النباتي. إنّ أداء النظام النباتي لا يتأثر بالعناصر الأربعة (4Rs) فحسب بل أيضاً في كيفية تفاعلها مع إدارة الممارسات العملية مثل الحراثة، الصرف، اختيار الصنف، حماية النبات والسيطرة على الأعشاب الضارّة (الأدغال) ...الخ. يتضمن نظام النبات–التربة–المناخ عوامل مثل القدرة الوراثية للغلة، الأدغال، الحشرات، الأمراض، الفطريات، نسيج وبناء التربة، الصرف، الإنضغاط، الملوحة، الحرارة، الهطول المطري، والإشعاع الشمسي وهي تتفاعل مع إدارة تغذية النبات.

تتأثر العديد من نواحي الأداء بإدارة المحصول والتربة بنفس قدر تاثرها بالإدارة وإضافة العناصر الغذائية. فعلى سبيل المثال تزداد كفاءة استخدام العناصر الغذائية عندما يُزرع صنف محصول ذو غلة عالية. توضح مؤشرات الأداء المبينة في (**شكل 2.2**) أشكال التعقيدات في زراعة النباتات حيث تظهر أفضلية في كفاءة استخدام الموارد العديدة: فعند استخدام احدى الموارد بكميات قليلة فإنّ كفاءته يمكن أن تزداد على حساب الكفاءات الأخرى إذا انخفضت إنتاجية النبات. يمكن الحصول على تفاصيل أكثر عن مؤشرات أداء مختارة في (الفصل 9.3).

إنّ أنظمة الإنتاج النباتي معقدة ويمكن أن تستجيب بطرق لا يمكن التنبّؤ بها لإضافة العناصر الغذائية. لذلك فإن العلم الذي يدعم ممارسة إضافة عنصر غذائي معين يحتاج إلى وصف لكيفيّة إجراء الممارسة بإستخدام الأساس العلمي (على سبيل المثال، الكيمياء) وقياس المُخرجات (النتائج) بالنسبة لأداء النظام الزراعي (على سبيل المثال، الحقليات). إنّ العلوم لكل الأنظمة التي تقيس التاثيرات على أداء كامل النظام مهمة في التحسين المستمر لإدارة الممارسات العملية.

أسئلة؟

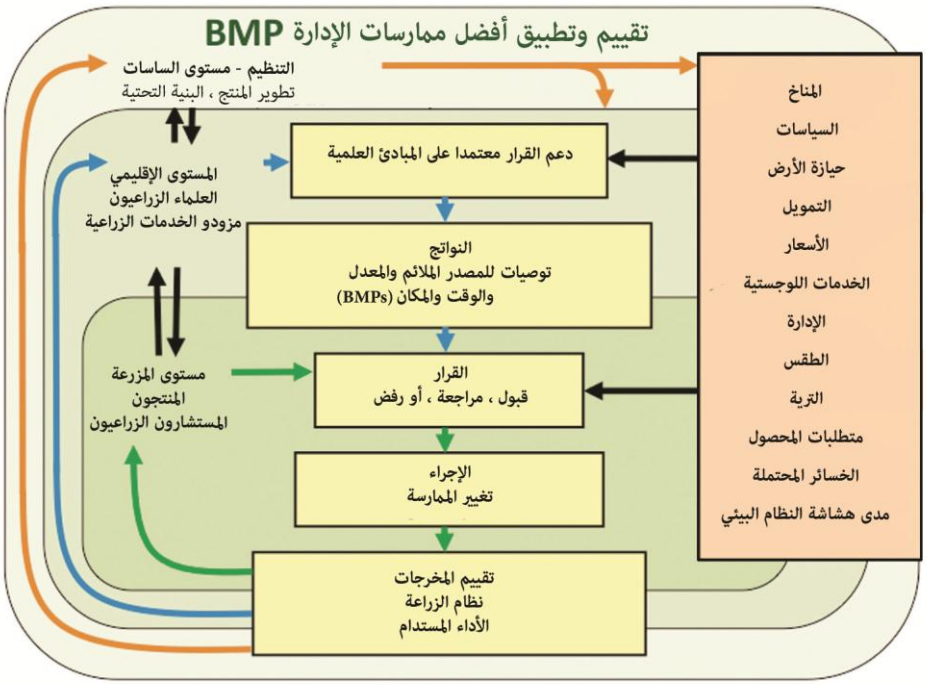
1) أكثر الجوانب أهمية في التطور المستدام هي:
أ. اقتصادية.
ب. اجتماعية.
ج. بيئية.
د. الموازنة بين الجوانب الثلاث.

2) المبادئ العلمية توجه عملية تطوير:
أ. فريق أصحاب العلاقة.
ب. توليفة حسب خصوصية الموقع من المصدر والمعدل والوقت والمكان.
ج. انبعاث اوكسيد النتروز.
د. أهداف الإستدامة.

3) المصدر والمعدل والوقت والمكان الصحيح هي:
أ. مستقلة عن بعضها وعن الممارسات الأخرى.
ب. مترابطة مع بعضها البعض لكنها مستقلة عن ممارسات إدارة المحصول الأخرى.
ج. مترابطة مع بعضها البعض ومتصلة بممارسات إدارة المحصول الأخرى.
د. مستقلة عن إدارة السماد.

2.4 التحسين المستمر بتقييم المُخرجات

ما سبق و**الشكلين (2.1** و **2.2)** تصف النطاق لإدارة تغذية النبات والمتطلبات اللازمة لتحسين الممارسات. نحتاج عند هذه النقطة إعطاء اهتمام مفصل أكثر نوعاً للنشاط البشري الذي يجعل التحسين يحصل. إنّ مفهوم الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية (4R) يتضمن حلقات من الإجراءات وتقييم مُخرجات الأداء على مستويات متعدّدة (**شكل 2.3**). هذه الحلقات قد تتضمن المنتجين ومستشاري المحاصيل على مستوى المزرعة، وعلماء الزراعة ومقدمي الخدمات الزراعية على المستوى الإقليمي، والقادة الحكوميين والصناعيين على المستوى السياسي. يسعى كل مستوى لتسهيل تهيئة وتكيّف الممارسات العملية لخصوصية الموقع لتلبية أهداف الأداء المستدام.



شكل 2.3 مفهوم الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية يطور ممارسات تطبيقية مثلى (BMPs) من خلال دورات متكررة ومستمرة لتقييم القرار على أساس خصائص الموقع المحدد.

عند مستوى نظام الإنتاج في مزرعة أو على نطاق محلي، غالباً ما يتخذ المنتجون ومستشاريهم القرارات بالإعتماد على عوامل الموقع المحلي المؤثرة وينفذوها، حيث يمكنهم بعد ذلك تقييم المُخرجات (outputs) من تلك القرارات لتحديد ما هو القرار التالي لإتخاذه في الدورة. من الناحية المثلى فإنّ تقييم أداء الممارسة يجري بالإعتماد على جميع المؤشرات التي تعتبر مهمة بالنسبة لأصحاب العلاقة. أساساً هكذا تكون الممارسة للإدارة التكيفية العلمية المستمرة في تطوير ممارسات محسَّنة لإنتاج كفؤ وحفظ الموارد وذلك بإستخدام التعليم التشاركي من خلال التقييم الممنهج والمستمر. ولأجل التوجيه الملائم في هذه العملية، فمن المهم أن يمتلك المستشارون الزراعيون مستوى ما من التأهيل والتدريب العملي.

يدرك المزارعون والإداريون الجوانب البيئية والإجتماعية ذات العلاقة لكي تبقى مشاريعهم قادرة على البقاء لأجيال المستقبل. مع ذلك فإنّ الأرباح الإقتصادية ضرورية لإستدامة أي مشروع وقد تتعارض في بعض الأحيان مع أهداف الأداء البيئي والإجتماعي. إنّ حثّ المديرين للتصدّي بشكل تام لكل هذه الجوانب يمكن توفره بواسطة برامج تشمل الإهتمام الخاص (مثال موازنة الكربون المرتبطة بتخفيف الغازات الدفيئة).

إنّ المستوى الإقليمي يشمل صناعات الخدمات الزراعية (مجهّزوا مُدخلات المحصول والخدمات الزراعية) كونهم يتخذون قرارات مؤثرة في القدرة على تقديم المصادر الصحيحة للعناصر الغذائية النباتية، بالكميات الصحيحة وبالوقت والمكان الصحيحين للإيفاء بطلبات المنتجين. هنالك تحدّيات لوجستية في تقديم وتوزيع العناصر الغذائية السمادية والتي على صناعة الخدمات الزراعية تلبيتها.

يشمل المستوى الإقليمي العلماء الزراعيين والذين يعملون لتطوير وتقديم دعم اتخاذ القرار للإداريين وتكون مُخرجاتهم توصية بالمصدر والمعدل والوقت والمكان الصحيح، بما يتلائم مع خصائص الموقع المحلي.

إنّ أنظمة اتخاذ القرار تتطلب تقييم وتحسين مستمران لإستيعاب التغيّرات في جاهزية التكنولوجيا، والتغيّرات في نظام النبات–التربة–المناخ. إنّ مُخرجات أنظمة اتخاذ القرار تتطلب التحقق من نظام الإنتاج النباتي العالمي الحقيقي. يمكن أن يشتمل التحقق العديد من مؤشرات الأداء وهي نفسها تلك المستخدمة على المستوى العملي، ويمكن أيضاً لمجهّزي الخدمات الزراعية في القطاع الخاص مشاركتهم في مثل هذا التحقق من خلال تأسيس قاعدة بيانات لإستجابة المحصول الإقليمية. إنّ المشاركة المهنية لمستشاري المحاصيل مع العلماء الزراعيين يمكن أن يساهم بإتجاه تحسين اتخاذ القرار والتي تقدَم من قِبل مستشاري المحصول التجاريين.

يتضمن المستوى السياسي الإطار التنظيمي والمؤسساتي ضمن مجال العمل للمنتجين والإداريين والمستشارين وصناعة الخدمات الزراعية ومؤسسات الإرشاد للبحوث. ويشمل صنع القرار البنية التحتية لتمكين نقل وتوزيع العناصر الغذائية و كذلك منتجات المحاصيل، وعلى دعم التعليم والبحث ويلعب النشاط الصناعي أيضاً على تطوير منتجات سمادية جديدة دوراً مهماً عند هذا المستوى. يشمل هذا المستوى أيضاً المنتديات والتي يتم فيها صياغة مدخلات أصحاب العلاقة لمؤشرات أداء وأهداف محددة. وأينما يكون ممكناً، فإنّ وضع الأهداف بدلالة أداء النظام بدلاً من وضع تعليمات بممارسات معينة ينسجم بشكل أفضل مع المبادرات الحالية واحتمال أكبر أن ينتج عنه تقدّم حقيقي نحو تعزيز الإستدامة.

إنّ مفهوم الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية (4R) يربط إدارة الممارسات العملية بأهداف الإستدامة على كل المستويات بضمنها مستوى المزرعة. يشجع الطلب من المزارعين التقيد بأهداف الإستدامة لديهم الإلتزام والمشاركة على أعلى مستوى ويقلص ردود الفعل السلبية والتي تنجم من فرض أنظمة محوسبة للإستدامة من الأطراف الأخرى. إنّ تطبيق خطة إدارة العنصر الغذائي (4R) يتضمن تشخيص مثل تلك الأهداف للإستدامة.

يمكن تقديم و عرض مؤشرات الإنجاز بطرق عديدة بحيث يكون لها تاثير على مدى تقبلها من قِبل أصحاب العلاقة. إنّ الفترة الزمنية المختارة لنمط أو اتجاهٍ ما مهم وإنّ التغييرات على الأمد القصير يمكن أن تكون مضلِلة، لأنّ الإستدامة هي شأن على الأمد الطويل وينبغي تشجيع استخدام أطول فترة زمنية ممكنة حيث يمكن أن يكون السياق (أو الإطار) مهماً. عندما يُقدم التوازن الغذائي مبيناً فقط الفائض والعجز أو نسبة المُخرجات إلى المُدخلات فإنّ مدى حركة العنصر الغذائي دخولاً وخروجاً من الأرض المزروعة لا يكون ظاهراً. إنّ العرض الكامل للتوازن الغذائي يمكن أن يؤدّي إلى تصورات مختلفة.

أسئلة؟

4) طبقاً لمبادئ الإستدامة يحتاج أصحاب العلاقة لتوفير المُدخلات في اختيار:
أ. مؤشرات الأداء.
ب. ممارسة المحدد بالموقع.
ج. المصدر والمعدل والوقت والمكان.
د. ممارسات إدارة السماد.

5) إنّ القرار النهائي في اختيار التوليفة المحددة بالموقع من المصدر والمعدل والوقت والمكان
ينبغي أن يُتخذ من قِبل:
أ. المسؤولين المنظمين.
ب. الإداري للمحصول.
ج. عالِم بحث مؤهل.
د. فريق أصحاب العلاقة.

6) ممارسات إدارة السماد ينبغي أن يتم التحقق منها بواسطة تقييم الأداء على أساس:
أ. الزيادة في غلة المحصول في ألواح البحث (research plots).
ب. الزيادة في غلة المحصول في ألواح المزرعة.
ج. كل المؤشرات تعتبر مهمة لأصحاب العلاقة.
د. الفوائد البيئية.

7) ممارسة إدارة السماد المبنية على العلوم هي واحدة مما يلي:
أ. المعتمدة على التجربة المحلية الماضية.
ب. المتطابقة مع المبادئ العلمية ومتحققة من خلال الإختبار الحقلي.
ج. الموصوفة خصوصاً في التعليمات.
د. المحايدة بيئياً.

8) إنّ التوليفة الصحيحة للمصدر السمادي والمعدل والوقت والمكان يضمن:
أ. غلة محصول أعلى ما يمكن.
ب. أدنى فقدان للعناصر الغذائية بالماء.
ج. أدنى فقدان للعناصر الغذائية بالهواء.
د. أفضل فرصة للوصول إلى أهداف الإستدامة.

9) مؤشر الأداء الأكثر أهمية لإدارة السماد هو:
أ. كفاءة استعمال العنصر الغذائي.
ب. غلة المحصول.
ج. نوعية المحصول.
د. يُحدّد من قِبل أصحاب العلاقة.

10) مؤشرات الأداء تعكس التقدم لإدارة السماد في المساعدة لتحسين:
أ. نوعية المياه.
ب. نوعية الهواء.
ج. غلة المحصول.
د. الإستدامة.

الإستنتاج:

إنّ **المصدر والمعدل والوقت والمكان** مرتبطة بعضها مع البعض الآخر في إدارة العنصر الغذائي وليس لأحد هذه العوامل الأربعة أن يكون صحيحاً عندما يكون أي منها غير صحيح. ومن الممكن في حالات معينة أن تكون هنالك أكثر من توليفة واحدة صحيحة، لكن عندما يتغير واحد من العوامل الأربعة فإنّ العوامل الأخرى تتغير أيضاً. يجب أن تعمل (4Rs) بتناسق بعضها مع البعض الاخر ومع النظام الزراعي وإدارة البيئة حيث تركز الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية (4R) على تأثير هذه التوليفات من خيارات الإدارة على النتائج أو الأداء بإتجاه الوصول للإستدامة المحسّنة.

إنّ كل إضافة للعنصرالغذائي يمكن وصفها على أنها توليفة من المصدر والمعدل والوقت والمكان. إنّ المبادئ العلمية الأساسية التي تحكم الإختيار المناسب لكل منها تكون معينة لكل فئة. إنّ الفصول الأربعة التي ستلي هذا الفصل (الفصل 3 إلى الفصل 6) تصف بصورة منفصلة المبادئ الخاصة لكل من عناصر (4Rs). الفصول هذه سيعقبها الفصل 7 إلى الفصل 9 والتي تركز مرة أخرى على تكامل (4Rs) في الإدارة التي تتكيف لكل الأنظمة الزراعية في ممارسات داعمة للقرارات المتعلقة بإختيار توليفات (4R) وفي مساءلة أو محاسبة مثل هذه الإدارة المتكاملة كما تم التعبير عنها في خطط الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية.

المراجع

Bruulsema, T.W., P.E. Fixen, and A. Olegario. 2010. *In* Proceedings, OECD Workshop on Agri–Environmental Indicators, Leysin, Switzerland, 23–26 March, 2010. Organization for Economic Cooperation and Development, Paris, France. Paper.

Fixen, P.E. 2007. *In* Fertilizer Best Management Practices, First edition, IFA, Paris, France.

IFA. 2009. The Global "4R" Nutrient Stewardship Framework: Developing Fertilizer Best Management Practices for Delivering Economic, Social and Environmental Benefits. Paper drafted by the IFA Task Force on Fertilizer Best Management Practices. International Fertilizer Industry Association, Paris, France.

Roberts, T.L. 2009. Right product, right rate, right time and right place … the foundation of best management practices for fertilizer. [On–line].

الفصل الثالث
المبادئ العلمية الداعمة للمصدر الصحيح

إنّ المبادئ العلمية الجوهرية والتي تحدد المصدر الصحيح للعنصر الغذاي لمجموعة معينة من الظروف هي كالآتي:

- **الأخذ بعين الإعتبار المعدل والوقت والمكان للإضافة.**
- **تزويد و توفير العناصر الغذائية في أشكال أو صيغ جاهزة و صالحة لإمتصاص النبات.** إنّ العناصر الغذائية المضافة تكون جاهزة للنبات أو بشكل يتحول مع الوقت لشكل جاهز للنبات في التربة.
- **أن تتناسب مع خواص التربة الفيزيائية والكيميائية.** تتضمن الأمثلة هنا تجنب إضافة النترات للترب الغدقة وتجنب إضافة اليوريا لترب ذات تفاعل تربة (pH) عالي، ...الخ.
- **الأخذ بالإعتبار طبيعة التداخل بين العناصر الغذائية والمصادر.** تتضمن الأمثلة على ذلك التداخل بي الفسفور والزنك، النيتروجين يزيد من جاهزية الفسفور، السماد المكمّل للسماد العضوي، ...الخ.
- **الأخذ بالإعتبار درجة التوافق و قابلية خلط الأسمدة عند تحضير الأسمدة المخلوطة.** توليفات معينة من المصادر تجذب الرطوبة عند خلطها مما يقلل من تجانس إضافة و توزيع المادة السمادية المخلوطة كما ينبغي أن يكون حجم حبيبات المواد المخلوطة متماثلا لتجنب العزل في المنتج، ...الخ.
- **الأخذ بالإعتبار الفوائد أوالحساسية و الآثار الجانبية للعناصر المرافقة.** فمعظم العناصر الغذائية لها ايون مرافق والذي يمكن أن يكون مفيداً أو محايداً أو ضاراً للمحصول. على سبيل المثال الكلوريد (Cl^-) المرافقة مع البوتاسيوم (K) في كلوريد البوتاس مفيدة لمحصول الذرة، لكن قد تكون ضارة لنوعية التبغ وبعض الفواكه. بعض مصادر سماد P قد يحتوي Ca و S الجاهز للنبات وكمية قليلة من Mg والعناصر الغذائية الصغرى.
- **التحكم في تأثيرات العناصر غير الغذائية الموجودة في المصادر.** على سبيل المثال الترسبات الطبيعية لبعض الصخور الفوسفاتية تحتوي عناصر نادرة لذلك ينبغي أن يحافَظ على مستوى إضافة هذه العناصر ضمن الحدود المقبولة الدنيا.

هذه المبادئ الجوهرية تتكامل في مفاهيم يتم عرضها في بقية هذا الفصل.

تتطلب كل النباتات على الأقل 17 عنصراً ضرورياً لتكمل دورة حياتها. وتشمل هذه 14 عنصراً غذائياً مبينة في **جدول 1.3** وثلاثة عناصر غير معدنية وهي الكربون (C) والهيدروجين (H) والاوكسجين (O). فالعناصر الكبرى تكون مطلوبة بكميات كبيرة نسبياً بواسطة النبات بينما العناصر الصغرى تُستعمل بكميات قليلة جداً. إنّ جاهزية العناصر الغذائية في العديد من الترب الطبيعية غير المزروعة منخفضة جداً في على الأقل واحد أو أكثر من العناصر الغذائية الضرورية للسماح للمحاصيل لإظهار قدرتها الوراثية للنمو. في النظام البيئي غير المسمّد تتكيّف النباتات الطبيعية لنقص العناصر الغذائية بتحديد معدل نموها، وهذه الإستراتيجية غير مقبولة عموماً من قِبل المزارعين الذين يهتمون بإنتاج الغذاء والعوائد الإقتصادية.

إنّ كل عنصر غذائي له وظائف معينة في النبات، بعضها يكون بسيطاً نسبياً بينما البعض الآخر يشترك في تفاعلات كيموحيوية معقدة جداً. وما إن يصبح العنصر الغذائي داخل النبات فإنّ المصدر الرئيسي للعنصر الغذائي لا يعود مهماً.

جدول 3.1 الصفات المهمة للعناصر الغذائية المعدنية للنبات

الفئة	العنصر الغذائي	الرمز	الصيغة الأولية للإمتصاص	الصيغة الرئيسية في احتياطي التربة	العدد النسبي للذرّات في النباتات
العناصر الكبرى	النيتروجين	N	النترات NO_3^- ، الأمونيا NH_4^+	المادة العضوية	مليون
العناصر الكبرى	الفسفور	P	الفوسفات HPO_4^{2-} ، $H_2PO_4^-$	المادة العضوية، المعادن	60.000
العناصر الكبرى	البوتاسيوم	K	ايون البوتاسيوم K^+	المعادن	250.000
العناصر الكبرى	الكالسيوم	Ca	ايون الكالسيوم Ca^{2+}	المعادن	125.000
العناصر الكبرى	المغنيسيوم	Mg	ايون المغنيسيوم Mg^{2+}	المعادن	80.000
العناصر الكبرى	الكبريت	S	الكبريتات SO_4^{2-}	المادة العضوية، المعادن	30.000
العناصر الصغرى	الكلورين	Cl	الكلوريد Cl^-	المعادن	3.000
العناصر الصغرى	الحديد	Fe	الحديدوز Fe^{2+}	المعادن	2.000
العناصر الصغرى	البورون	B	حامض البوريك H_3BO_3	المادة العضوية	2.000
العناصر الصغرى	المنغنيز	Mn	ايون المنغنيز Mn^{2+}	المعادن	1.000
العناصر الصغرى	الزنك	Zn	ايون الزنك Zn^{2+}	المعادن	300
العناصر الصغرى	النحاس	Cu	ايون النحاس Cu^{2+}	المادة العضوية، المعادن	100
العناصر الصغرى	الموليبدينوم	Mo	الموليبدات MoO_4^{2-}	المادة العضوية، المعادن	1
العناصر الصغرى	النيكل	Ni	ايون النيكل Ni^{2+}	المعادن	1

إنّ عناصر إضافية تتضمن الصوديوم (Na) والكوبلت (Co) والسليكون (Si) تبيّن أنها ضرورية ومفيدة في بعض الأصناف النباتية ولكن ليس جميعها.

3.1 من أين تأتي العناصر الغذائية

بما أنّ تركيز العناصر الغذائية النباتية في التربة غالباً ما يكون أقل من التركيزالمثالي، لذا يقوم المزارعون عادة بتوفير مصادر العنصر الغذائي من موارد داخل المزرعة وخارج المزرعة. فالموارد من داخل المزرعة قد تشمل المحاصيل البقولية، السماد الحيواني، وبقايا النباتات وقد تشمل الموارد من خارج المزرعة مختلف العناصر الغذائية المصنّعة وغير المصنّعة ومحسّنات التربة.

إنّ العناصر الغذائية كلها ما عدا N مشتقة من معادن أرضية متكونة طبيعياً، والصناعة العالمية المعقدة قد طورت إستخلاص هذه العناصر الغذائية وتوفيرها بأشكال أو صيغ تكون ملائمة للإستخدام والنقل ولتكون عناصر جاهزة بسهولة لجذور النبات. يمكن لبعض المعادن الأرضية استخدامها مباشرة كمصدر للعناصر الغذائية النباتية ومحسّنات التربة، لكن العديد من المعادن الأخرى تتطلب تصنيعاً لزيادة الذائبية أو تركيز العناصر الغذائية لغرض نقلها بكفاءة. إنّ المعادن غير الذائبة تحرر العناصر الغذائية للنبات في محلول التربة ولكن ببطء شديد.

إنّ النباتات البقولية (مثل البرسيم بنوعيه والجلبان والفاصوليا) لديها القدرة أن تستضيف البكتريا (الرايزوبيا، البراديرايزوبيا، السنيورايزوبيا، ...الخ) في العُقد الجذرية. هذه العُقد هي المكان الذي يتم فيه تحويل غاز N الجوي لصيغة جاهزة للنبات من النيتروجين. إنّ البقوليات التي تُزال من الحقل لتكون غذاءاً حيوانياً بشكل تِبن (قش) قد لا تترك كميات كبيرة من النيتروجين في التربة. أما البقوليات المزروعة والتي تُترك في مكانها (المسماة السماد الأخضر) فهي تساهم بتثبيت النيتروجين لتعضيد المحاصيل اللاحقة وبناء مادة التربة العضوية. إنّ النيتروجين المتبقي والذي يلي المحاصيل البقولية سيكون متغيراً بدرجة كبيرة جداً اعتماداً على صنف النبات المزروع والظروف المحلية.

إنّ الأسمدة الحيوانية والكومبوست هي مصادر ممتازة للعناصر الغذائية للنبات عند استخدامها بصورة صحيحة. فالسماد الحيواني يحتوي كل العناصر الضرورية للنبات مع أنّ كمياتها غالباً ما تختلف عن الكميات المطلوبة التي يحتاجها النبات. وبسبب أنّ بعض الأشكال (الصيغ) من N، P، S هي عضوية فهي قد تتطلب فترة لكي تتحلل (التمعدن) قبل أن تتحول إلى صيغ يمكن أن تستخدمها الجذور. إنّ الكومبوست يخضع إلى تحلل محكم خلال فترة التحضير والتخمير منتجاً مكوّن عضوي يكون نسبياً ثابت وأبطأ في تحلله من الأسمدة الحيوانية. إنّ العناصر الغذائية في الأسمدة الحيوانية والكومبوست تتأتى من التغذية الحيوانية ومن التبن (القش) لحقول الحصاد والتي من المحتمل أنها قد جُهزت بالسماد ومن العناصر الغذائية المضافة لدورة المحصول من الحقول القريبة والبعيدة. بالطبع فإنّ الحيوانات لا تنتج العناصر الغذائية خلال عملية الهضم ولكنها قد تفرز ما لم يُمتص من غذائها.

تدخل كل العناصر الغذائية تقريبا الى النباتات من خلال المجموع الجذري وإنّ الصيغة الأولية للإمتصاص مبينة في **جدول 3.1** يمكن أن يكون التسميد الورقي مفيداً في بعض الحالات كالتغلب على النقص المتكوّن في النبات أو تكملة تجهيز عنصر غذائي خلال الإحتياج عند الذروة. على أية حال فالنباتات قد تكيّفت لإكتساب أكثر عناصرها من محلول التربة من خلال جذورها.

3.2 اختيار المصدر الصحيح

إنّ فكرة اختيار المصدر الغذائي الأكثر ملائمة تبدو بسيطة في مفهومها لكن ذلك يتطلب الأخذ بالإعتبار عوامل عديدة عندما نقرر الإختيار.

إضافة للمبادئ الستة العلمية الجوهرية المنوّه عنها سابقاً، فإنّ عوامل مثل مسألة توزيع السماد، الإهتمام بالبيئة، أسعار المنتج، والعقبات الإقتصادية يمكن أن تكون جميعها عوامل مهمة. وقد تتأثر القرارات بجاهزية مصادر السماد المختلفة في المنطقة ضمن مسافة معقولة وأيضاً فإنّ الإمكانية في الحصول على أجهزة إضافة السماد قد تقلص من الخيارات. إنّ الإعتماد على التقاليد والخبرة في اتخاذ هذه القرارات هو أمر مُغري، لكن المراجعة الدورية لهذه العوامل يساعد المزارعين في إكتساب منافع عديدة من هذه الموارد الثمينة والإستثمار الإقتصادي الأساسي الذي يمارسوه ويتيح إعتماد مواد سمادية جديدة.

يبدأ اختيار مصدر السماد الصحيح بتحديد أي من العناصر الغذائية تكون فعلاً مطلوبة لتحقق أهداف الإنتاج. يمكن تحديد العناصر الغذائية التي تقيّد الإنتاج من خلال استخدام تحليل التربة والنبات، فحص النسيج النباتي، تجارب حقلية بإعتماد قطاع محذوف للعنصر غذائي (nutrient omission plots)، مجسّات لون الورقة، أو أعراض النقص المرئي (انظر الفصل 8). إنّ كل هذه سوف نحتاج لإجراءها قبل اتخاذ قرار إضافة السماد. فمجرد التخمين بالعناصر الغذائية المطلوبة يمكن أن يؤدي إلى مشاكل عديدة تتعلق بعدم كفاية التسميد أو الإفراط فيه وهذا يمكن أن يؤدي إلى اهمال إضافة عنصر غذائي معين حتى يصبح النقص شديداً جداً. إنّ التخمين لمتطلبات غذائية معينة يمكن أيضاً أن ينتج عنه عائد اقتصادي ضعيف إذا أضيفت العناصر الغذائية أكثر من المطلوب وهي موجودة أساساً بتراكيز كافية.

من الشائع أن يتم التركيز على عنصر غذائي واحد فقط حينما يكون فيه نقص في النبات واستثناء بقية العناصر الغذائية. فعلى سبيل المثال إنّ العجز في كفاية N يمكن اكتشافها بسهولة بملاحظة ضعف النمو (تقزّم النمو) واصفرار الأوراق. مع ذلك فإنّ الفائدة القصوى من اضافة سماد N لا تُستحصل إذا لم يتم تصحيح النقوصات الأخرى (مثل P أو K) أيضاً. فبالرغم من تركيزنا غالباً على عناصر غذائية بذاتها فإنّ العناصر الغذائية جميعها تعمل سوية لدعم نمو نبات سليم.

إنّ كل عنصر غذائي للنبات يكون جاهزا بصيغ كيميائية مختلفة ويخضع لتفاعلات فريدة من نوعها بعد أن يصبح داخل التربة. وبغض النظر عن المصادر الأصلية للعناصر الغذائية وتفاعلاتها في التربة، يجب أن تكون بشكل ذائب وجاهزة للنبات قبل أن تُستهلك من قبل النباتات.

تباع الأسمدة عادة بدرجة جودة معينة أو بضمان حدّ أدنى من التحليل وتمثل درجة الجودة بسلسلة من الأرقام ممثلة بنسبة محتوى العنصر الغذائي على أساس الوزن حيث يمثل الرقم الأول N الكلي، الرقم الثاني P الجاهز بشكل مكافئ P_2O_5، والثالث K المذاب بشكل مكافئ K_2O . على سبيل المثال 100 كجم من سماد 20–15–10 يحتوي على 10 كجم N، 15 كجم P_2O_5، و 20 كجم من K_2O. أما الأسمدة الحاوية على عناصر غذائية أخرى فيمكن إضافة أرقام أخرى مع الرمز الكيميائي للعنصر الغذائي، على سبيل المثال سماد S (21–0–0–24) يحتوي على 21% N و 24% S.

لاحظ أنّ الصيغ الكيميائية من P و K في الأسمدة هي ليست P_2O_5 أو K_2O وبالواقع فإنّ صيغة الأوكسيد هي الوحدة التقليدية المستخدمة في التعبير عن هذه الأسمدة. إنّ محتوى الفسفور والبوتاسيوم للأسمدة يعبَّر عنها بمكافئات P_2O_5 و K_2O على التوالي. للتحويل من صيغة الأوكسيد إلى صيغة العنصر، تُستخدم عوامل التحويل التالية:

$$0.437 \times P_2O_5 = P$$
$$2.29 \times P = P_2O_5$$
$$0.83 \times K_2O = K$$
$$1.20 \times K = K_2O$$

أسئلة؟

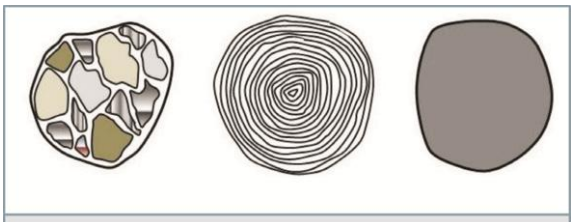
1) أحد المبادئ العلمية الجوهرية التي تعرّف المصدر الصحيح لمجموعة معينة من الظروف هو:
أ. إضافة الصيغ الجاهزة للنبات من العناصر الغذائية فقط.
ب. ملائمة الخواص الفيزيائية والكيميائية.
ج. اهمال انسجام المزيج.
د. تجنب إضافة العناصر المشاركة.

2) يُعتبر العنصر ضرورياً لنمو النبات إذا:
أ. احتوت التربة كميات قليلة منه فقط.
ب. تحتاجه النباتات بصيغته العنصرية.
ج. تحتاجه كل النباتات لتكملة دورة حياتها.
د. يكون قابلاً للإمتصاص من قِبل النباتات.

3) اختيار المصدر الصحيح للسماد ينبغي أن يعتمد على:
أ. التقاليد والخبرة.
ب. السعر فحسب.
ج. التركيز فقط على عنصر منفرد ذو نقص في التجهيز.
د. تحديد أي من العناصر الغذائية مقيّداً للنمو.

4) الصيغ الكيميائية من P و N في الأسمدة هي:
أ. يعبّر عنها بمكافئات P_2O_5 و K_2O.
ب. P_2O_5 و K_2O.
ج. P و K.
د. تحول إلى صيغة العنصر بضربها في 2.29.

الأسئلة تتبع صيغة الإمتحانات النموذجية لكنها مصممة لمراجعة النقاط الرئيسية والتحفيز للمناقشة، وللحصول على الأجوبة انظر الصفحة أ-7.



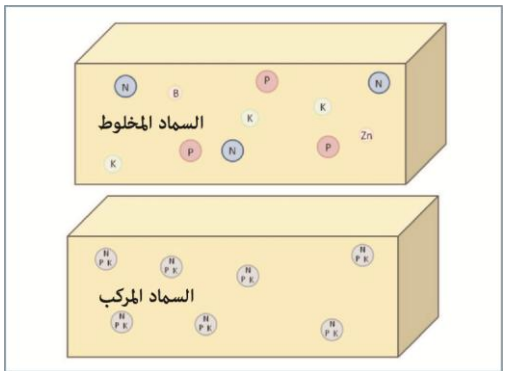
شكل 3.1 الأنواع الثلاثة من الأسمدة المركبة (المحتوية على توليفة من K، P، N في كل حبيبة)

3.3 اختيار الصيغ السمادية الصحيحة

إنّ اختيار صيغة السماد المستخدم يكون عادة أحد أوئل القرارات المتخذة.

- **الأسمدة المخلوطة Bulk blends** تتضمن خليط من أسمدة حبيبية مختلفة تلبّي الإحتياجات الخاصة للعميل أو الزبون حيث يتم ضبط المزيج بنسب مختلفة من العناصر الغذائية لمحصول معين وظروف معينة. إنّ مثل هذا المزيج شائع الإستعمال لأنه يُصنع من مكونات ذات كلف قليلة وتُخلط بواسطة الآت بسيطة نسبياً وغيرغالية الثمن. إنّ مكونات السماد المنفردة يجب أن تكون متوافقة كيميائياً وفيزيائياً لغرض الخلط والخزن. ينبغي الإنتباه لإحتمال تكوّن التكتلات للمكونات المنفردة والتي قد تحدث خلال عمليات النقل والإستعمال. إنّ العاملين على خلط الأسمدة يكونوا عارفين بهذا الاحتمال ويحاولوا تنسيق حجوم الجزيئات المتجانسة من العناصر الغذائية المختلفة لتقليل تكتل المواد الممزوجة خلال عملية النقل.

- **الأسمدة المركبة** هي مزيج من العناصر الغذائية المتعددة في كل جزيئة سماد صلبة منفردة **(شكل 3.1)**. يختلف هذا النهج عن خلط أسمدة منفردة مع بعضها للحصول على متوسط يمثل المكون الغذائي. كل جزيئة من السماد المركب تزوّد مجموعة من العناصر الغذائية عند ذوبانه في التربة وبالتالي استبعاد أي إمكانية لتكتل الجزيئات خلال النقل أو الإضافة **(شكل 3.2)**.



شكل 3.2 توزيع العنصر الغذائي في التربة في حالة السماد المخلوطوالسماد المركب. التجانس العالي في التوزيع مع الأسمدة المركبة يمكن أن يكون مهماً بالنسبة للعناصر الغذائية المضافة بمعدل منخفض، أما المخلوط فيوفر فرصة أكبر لسد حاجة النبات حسب الكمية الموصى بها لكل عنصر غذائي.

كما يمكن أيضاً ضمان توزيع منتظم للعناصر الصغرى في منطقة الجذور عندما تكون من ضمن الأسمدة المركبة، حيث أنّ هنالك نسب معينة للعناصر الغذائية تناسب عادة الإضافات المختلفة وتوفر سهولة في اتخاذ قرارات التسميد.

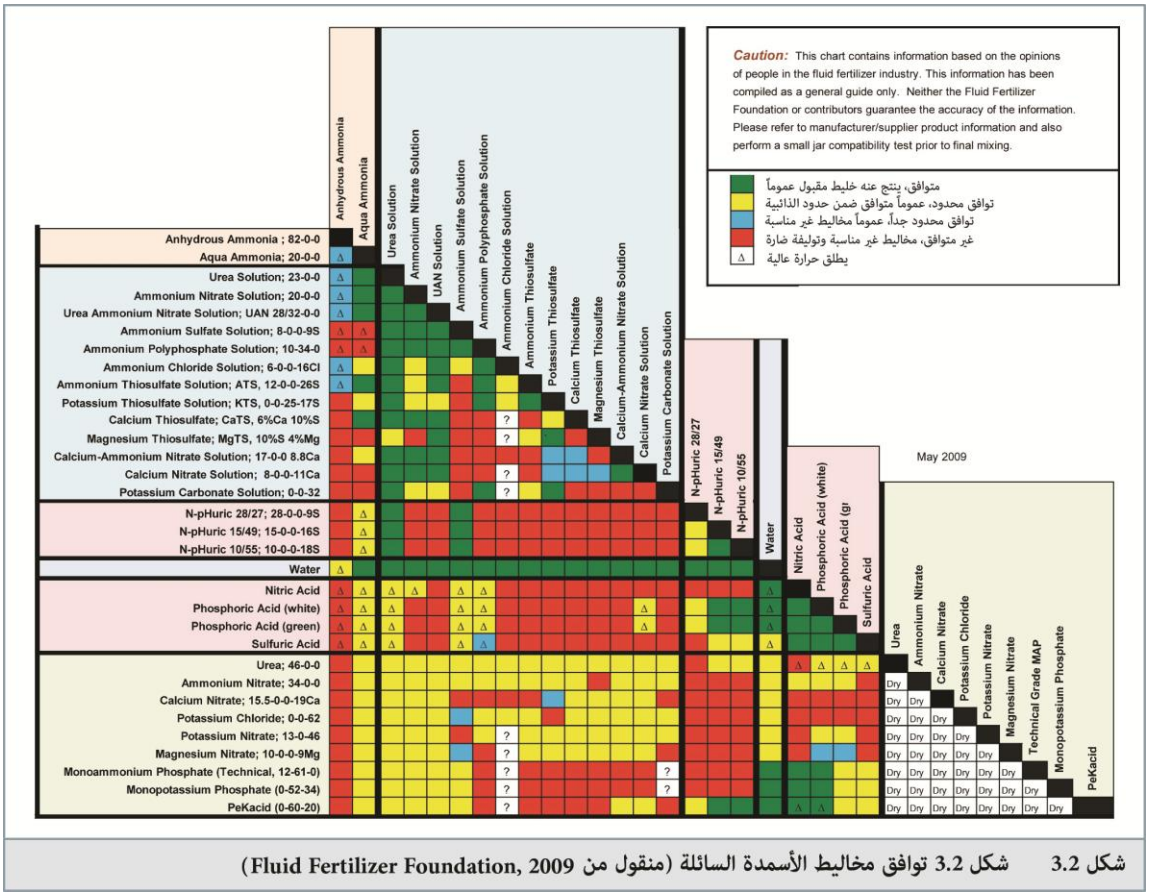
- **الأسمدة السائلة** هي أسمدة شائعة لأنها تسمح بخلط عناصر غذائية عديدة إلى سائل وحيد ومتجانس ورائق حيث يمكن إضافته بتجانس أفضل في الحقول. هذه السوائل الرائقة يمكن أن تكون مزيج متخصص وتضاف كسماد أولي بشكل حزمة مركزة تحت السطح أو رذاذ على سطح الأرض حيث تكون شائعة جداً للإضافة مع مياه الري. تتميز (السوائل) هذه بسهولة التعامل معها وهي ناقل ممتاز لمختلف أنواع العناصر الغذائية الصغرى، ومبيدات الاعشاب الضارّة (الأدغال) والمبيدات الحشرية. إنّ مزج مواد عديدة سوية يمكن أن يقلل عدد حركة الآليات المطلوبة في الحقل، وبالتالي تخفيض انضغاط التربة وتقليل استهلاك الوقود.

الأسمدة السائلة

أسئلة؟

5) الأسمدة المركبة يمكن أن تكون مفيدة:
1) بإضافة العنصر الغذائي منفرداً.
2) بإضافة نسب مختلفة من العناصر الغذائية لتفي بالإحتياجات الخاصة.
3) باستبعاد إمكانية التكتل للجزيئات.
4) بالعناصر الغذائية الكبرى دون العناصر الغذائية الصغرى.

6) الأسمدة السائلة تكون شعبية (شائعة) لأنها:
1) تُمزج مع الأسمدة الحبيبية.
2) من السهولة إضافتها مع مياه الري.
3) تُصنع من مكونات ذات كُلف منخفضة.
4) تربط العناصر الغذائية المركبة ضمن جزيئة منفردة.



شكل 3.2 شكل 3.2 توافق مخاليط الأسمدة السائلة (منقول من Fluid Fertilizer Foundation, 2009)

ليس كل الأسمدة السائلة تتوافق بعضها مع البعض الاخر عند خلطها ويوفر **(شكل 3.3)** دليل ارشادي لتوافق الخليط عندما تُمزج المواد السائلة. يُنصح دائماً بخلط كمية قليلة من السماد أو المادة الكيميائية في دورق لإختبار ملائمة الخلط عند مزج كميات كبيرة. إنّ إضافة السماد السائل مع مياه الري (التسميد بالري) يجري عادة للإقتصاد في العمالة، زيادة المرونة لتحديد وقت إضافة العنصر الغذائي وتحسين كفاءة العنصر الغذائي. هذا يجري في كل أنظمة الري بالضغط (مثل التنقيط، المرشّات الصغيرة، أو المحورية) وفي نظام ري بالأثلام (المروز). من المهم أن لا تسبب الأسمدة المستخدمة مع مياه الري أي انسداد لأجهزة الري أو ترسبات كيميائية قبل الوصول إلى المنطقة الموجهة اليها.

هنالك أسمدة ممتازة عديدة تتوافق مع أي نوع من أنظمة الري. وتتطلب إضافة أسمدة P إلى مياه ري تحتوي على وفرة من Ca و Mg الإنتباه والحذر لكي يتم تجنب الترسبات الكيميائية وانسداد في الأنابيب والمنقطات. أيضاً يجب التذكير أنّ توزيع العنصر الغذائي خلال التسميد مع مياه الري لن يكون بأفضل من تجانس توزيع الماء في الحقل.

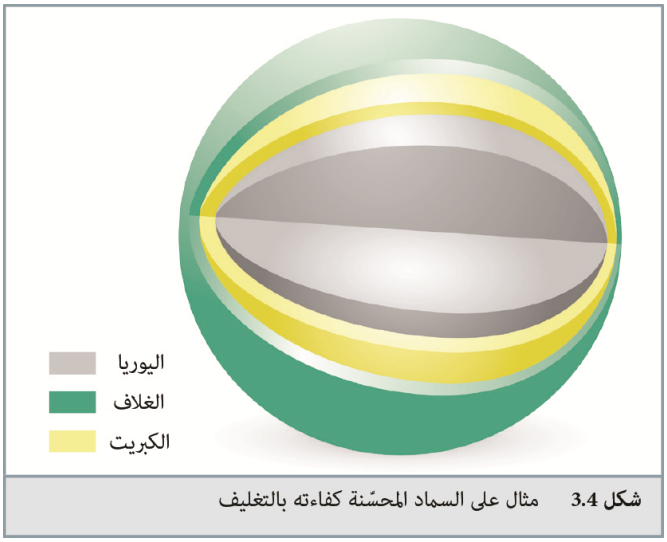
تُستخدم الأسمدة السائلة أيضاً للتسميد الورقي وذلك برش محلول سمادي مخفف على سطح الأوراق. هذه التقنية يمكن أن تكون فعالة بالخصوص في التغلب على أو منع النقص الغذائي أو لتلبية فترات الطلب عند الذروة للغذاء حيث يكون امتصاص الجذور غير كافي لتلبية إحتياجات النبات. مع ذلك تُعتبر التغذية الورقية تكملة لإمتصاص العنصر الغذائي من خلال النظام الجذري. تُستخدم العديد من المواد عالية الذوبان كأسمدة ورقية لمواجهة أي نقص غذائي محتمل. فالمحلول المُرش على سطح الورقة يكون على العموم مخففا نسبياً لكي يتم تجنب ضرر الأملاح (الأزموزي) على الأوراق. عندما يكون تركيز السماد عالي جداً في الرّش الورقي، فيمكن للنسيج الورقي أن يصبح جافاً مما يؤدي الى تلفه (هذا يُعزى إلى ما يسمى بحرق الورقة). إنّ تعليمات المُنتَج ينبغي أن يتم اتباعها بصورة دقيقة للوصول إلى الفائدة الغذائية القصوى.

السماد المضاف ورقياً

- **الأسمدة المعلقة** تُصنع بتعليق جزيئات صغيرة جداً ضمن المحلول حيث يُستخدم الطين المعلق أو مواد التبلور لمنع جزيئات السماد من استقرارها أسفل السائل. تتيح المعلقات إستخدام المواد السمادية المنخفضة الذائبية مقارنة بتلك المستخدمة بالأسمدة السائلة الرائقة (النقية) حيث يمكن الحصول على تراكيز عالية للعناصر الغذائية. يمكن مزج كميات كبيرة من العناصر الغذائية الصغرى في المعلقات بالإضافة إلى المبيدات النباتية والحشرات والتي لا تكون ملائمة للأسمدة الرائقة. يُستخدم عادة الرّج في الخزّان لإبقاء المعلق ممزوجاً بصورة جيدة وتُستخدم في حالة كهذه مرشّات ذات فوهات واسعة من تلك التي تُستخدم في الأسمدة السائلة الرائقة.

- **الأسمدة ذات الكفاءة المحسّنة** هي ليست مجموعة واحدة من المواد بل تحتوي على منتوجات وتقنيات تعمل على تحسين كفاءة استعمال السماد.

- **الأسمدة ذات التحرر البطيء والتحرر المسيطر عليه (أسمدة بطيئة الذوبان)** يمكن أن تكون مفيدة لتحسين كفاءة استخدام السماد. هنالك عدة آليات للسيطرة على اطلاق العنصر الغذائي من جزيئة السماد والأكثر شيوعاً هي عندما يضاف غلاف واقي من البوليمير (مركب كيميائي) أو S إلى السماد للسيطرة على تحلل وتحرير العناصر الغذائية **(شكل 3.4)** ويتراوح معدل التحرير اعتياديا من بضع أسابيع الى شهور عدة. إنّ الأسمدة الأخرى ذات التحرر البطيء قد تمتلك ذائبية أو مقاومة منخفضة للتحلل الميكروبي للسيطرة على تحرر العنصر الغذائي. إنّ كل من هذه المنتوجات قد يتلائم جيداً لمجموعة ظروف معينة، ولكن هذا لا يعني بأنها ملائمة جيداً لكل الظروف. لذلك يجب التوافق لمنتوجات معينة مع كل من التربة المناسبة والمحصول والظروف البيئية للحصول على الفائدة القصوى. والنيتروجين هو العنصر الغذائي الذي عادة ما يُستهدف للحصول على اسمدة بطيئة الذوبان و لكن هنالك حالات معينة يكون الأمر كذلك لعناصر غذائية أخرى.



شكل 3.4 مثال على السماد المحسّنة كفاءته بالتغليف

- **المثبطات الحيوية والكيميائية** في بعض الحالات تضاف إلى السماد لتعزيز أو تثبيط مؤقت لتفاعلات السماد في التربة. فمثبطات النترجة هي مواد مضافة تبطيء من تحول الأمونيا إلى النترات في التربة، وبالتالي يقلل من احتمالية غسل النترات أو عكس النترجة. من أصناف المواد المضافة الأخرى والتي يمكن استخدامها مع أسمدة اليوريا لتأخير تحولها إلى الأمونيا مؤقتا بواسطة تعطيل انزيم التربة الشائع، اليورييز حيث أن هذا التأخير قد يقلل من فقدان تطاير الأمونيا إلى الجو خصوصاً عندما تضاف اليوريا على سطح التربة.

- **المواد البوليمرية** هي بوليمرات سائلة ترتبط عند اضافتها للتربة مع كتأيونات التربة (الأيونات الموجبة) و تحد مؤقتا من التفاعلات الكيميائية التي يمكنها أن تقلل من ذائبية P.

3.4 أشكال أو صيغ مصلحات التربة العضوية : الأسمدة الحيوانية Manures والكومبوست Composts

إنّ المواد العضوية يمكن أن تكون مصادر ممتازة للعناصر الغذائية الصغرى والكبرى لتغذية النبات. وبما أنّ هذه المواد متباينة بدرجة كبيرة جداً بالإعتماد على مصادرها والتعامل معها وتصنيعها، لذلك هنا ستُعطى المبادئ العامة فقط.

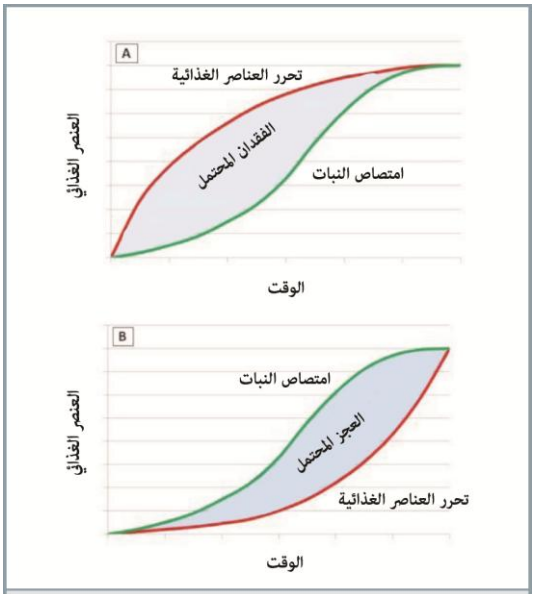
يتواجد معظم N في السماد الحيواني والكومبوست على شكل مكونات عضوية والتي يجب أن تتحول بواسطة ميكروبات التربة إلى أمونيا أو نترات (المعدنة mineralization) قبل امتصاصها بواسطة الجذور. إنّ معدلات عملية المعدنة تحدد بواسطة الفعالية المايكروبية والتي تعتمد على العوامل البيئية (مثل الحرارة والرطوبة) وخواص المادة العضوية (مثل نسبة C:N ومحتوى اللقنين) ومكان وضع المادة العضوية (مخلوطة). إنّ الفشل في جعل التزامن بين تحرر P وامتصاص النبات لـ N يمكن أن يؤدي إلى نقص N ونقص في العناصر الغذائية النباتية أو يؤدي إلى تحرر N بكميات فائضة عن حاجة النبات (**شكل 5.3**). إنّ نسب N و P في السماد الحيواني لا يكون في توازن ملائم مع متطلبات النبات. وعندما يضاف السماد الحيواني لتلبية متطلبات المحصول من N فإنّ P قد يتوفر من تلك الإضافة بحوالي 3 إلى 5 مرات أكثر من احتياج المحصول. إنّ إضافة السماد الحيواني على الأمد الطويل يمكن أن ينتج عنه تراكم P إلا إذا تم تركيز الإنتباه إلى هذ الاختلال في التوازن.

- تتباين **الأسمدة الحيوانية** بدرجة هائلة في مكوناتها الكيميائية والفيزيائية بسبب التغذية الخاصة بالحيوان والممارسات في إدارة السماد الحيواني. فالنيتروجين في الأسمدة الحيوانية يتواجد في المركبات العضوية وغير العضوية. ويمكن للنيتروجين في السماد الحيواني الحديث أن يكون غير ثابت لأنّ الأمونيا قد تُفقد مباشرة عن طريق التطاير. إنّ إضافة السماد الحيواني الحديث أو المزيج السائل (Slurry) على سطح التربة يمكن أن ينتج عنه فواقد كبيرة في N في بعض الحالات بواسطة التطاير. إنّ توقيت ومكان الإضافة هي من الإعتبارات المهمة لتقليل مثل هذه الفواقد. ولتقدير معدل الإضافة الصحيحة للسماد الحيواني ينبغي البدأ بالتحليل الكيميائي الدقيق لمحتوى العناصر الغذائية والتنبؤ بمعدلات تمعدن النيتروجين بعد الإضافة. إنّ غالبية P في السماد الحيواني والكومبوست يكون بشكل فوسفات غير عضوية وكل K يتواجد بشكل K^+ غير عضوي ويكون جاهز مباشرة لإمتصاص النبات.

- يحتوي **الكومبوست** عموماً على تراكيز منخفضة من العناصر الغذائية. إنّ الكوكمبوست المحضّر بصورة صحيحة يتحلل عادة ببطء ويعمل كسماد للنيتروجين (N) بطيئ الذوبان لأشهر أو سنوات عديدة. ويمكن أن يتباين الكومبوست بدرجة كبيرة جداً في النوعية والنضج ومحتوى العناصر الغذائية اعتماداً على المواد التي يحتويها و ظروف عملية التصنيع والتعامل معها.

3.5 التداخل بين العناصر الغذائية

يحدث التداخل عندما تكون الصيغة الكيميائية أو التركيز لعنصر غذائي معين يؤثر في سلوك عنصر غذائي آخر. هذه التداخلات لم تُفهم دائماً بصورة جيدة ولم توثّق جيداً، لكن من المعروف أنها تحدث في السماد وفي التربة وفي المنطقة الجذرية وداخل النبات، ولقد لوحظت في بعض العناصر الغذائية تداخلات إيجابية (توافقية). إنّ التفاعلات غير المرغوب بها (المتضادة) يمكن تجنبها من خلال مراقبة حالة العنصر الغذائي مع تحليل النبات والتربة لمنع الظروف المتطرفة غير المرغوب بها.



شكل 3.5 إنّ التزامن بين تحرير العنصر الغذائي واحتياج النبات هو التحدي فيما يخص المواد العضوية. التحرر السريع من المصادر العضوية ذات النسبة المنخفضة من C:N قد يوفر العناصر الغذائية بسرعة أكبر من احتياج النبات (A). المادة العضوية ذات النسبة العالية من C:N قد لا تحرر العناصر الغذائية بسرعة كافية لمواجهة احتياج النبات المزروع (B).

فيما يلي بعض الأمثلة على التداخل بين العناصر الغذائية: (1) وجود NH_4^+ يمكن أن يحسّن جاهزية P للنباتات، وبالتالي تحسين نمو النبات (2) التسميد المفرط لـ K يمكن أن يؤدي إلى تخفيض امتصاص Mg في بعض محاصيل العلف، ونتيجة لذلك تحصل مشاكل غذائية للحيوانات الرعوية (تكزز العشب grass tetany) وإصابة عالية بحمى الحليب والمشيمة عندما تتغذى عليها أبقار الحليب **(3)** التراكيز العالية من P في التربة يمكن أن يتداخل مع تمثيل Zn في بعض النباتات **(4)** زيادة في pH التربة الذي يلي إضافة الحجر الكلسي قد يحسّن جاهزية P و Mo ولكن يقلل من ذائبية Cu، Fe، Mn و Zn.

ليس هنالك مصدر صحيح واحد للعنصر الغذائي يناسب كل الظروف إذ ينبغي أن تثبت الحاجة لعناصر غذائية معينة قبل الإضافة قدر الأمكان. إنّ عوامل مثل جاهزية المنتج السمادي وتفاعل العناصر الغذائية في التربة ونشر المعدات والعائد الإقتصادي كلها يجب أن تؤخذ بالإعتبار وينبغي لمثل هذه القرارات المعقدة إعادة تقييمها بإستمرار لكي يتم اختيار السماد الصحيح.

المراجع

Havlin, J.L. et al. 2005. Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Mangement. 7th edition. Pearson Prentice Hall. NJ, USA.

UNIDO–IFDC. 1998. Fertilizer Manual. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands.

أسئلة ؟

7) الأسمدة بطيئة الذوبان يمكن أن تحسّن كفاءة استعمال العنصر الغذائي:
أ. تحت ظروف حقل معينة.
ب. كل العناصر الغذائية بصورة متساوية.
ج. بواسطة تعطيل عمل انزيم اليوريز.
د. في كل الظروف الحقلية.

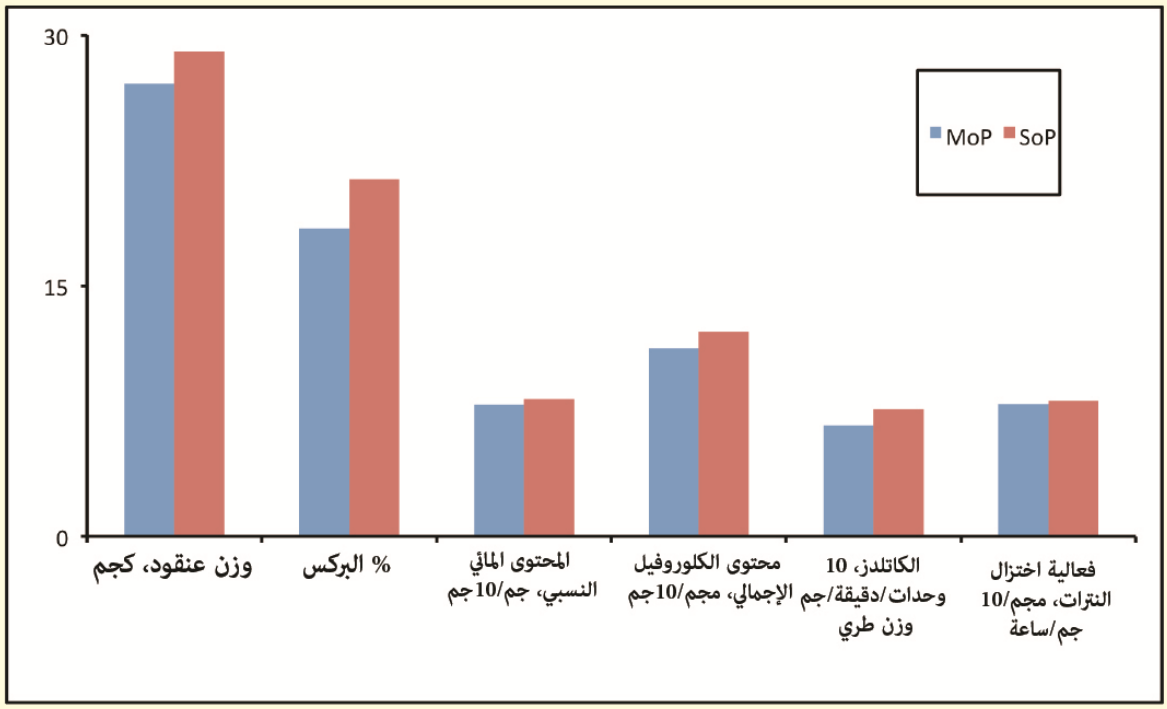
8) مثبطات اليوريز تقلل من فقدان الأمونيا أكثر عند إضافتها مع:
أ. نثر اليوريا على سطح التربة.
ب. خلط اليوريا في داخل التربة.
ج. نثر كبريتات الأمونيا على سطح التربة.
د. خلط يوريا نترات الأمونيا في داخل التربة.

9) بعد فترة وجيزة من الإضافة، تختلف فوسفات الأمونيا الأحادية (MAP) عن فوسفات الأمونيا الثنائية (DAP) في أنّ:
أ. يوفر DAP الفسفور بصيغة جاهزية أكثر للنبات.
ب. النيتروجين في DAP سيُستخدم بصورة أكثر سهولة من قِبل النباتات.
ج. فقط MAP سيُحول إلى الفوسفات المتعددة.
د. pH التربة حول حبيبة MAP تكون أقل.

10) معظم مصادر سماد البوتاسيوم:
أ. تحتوي على بوتاسيوم بصيغ كيميائية مختلفة.
ب. تختلف في الأيون السالب المرافق.
ج. ينبغي اختيارها بالإعتماد فقط على السعر.
د. يكون أكثر فعالية من السماد العضوي كمصدر للبوتاسيوم.

نموذج 3.1.1 اختيار المصدر الصحيح للبوتاس يحسّن غلة ونوعية الموز في الهند. يُعتبر البوتاسيوم عنصراً غذائياً مهماً في انتاج الموز من حيث الغلة والنوعية. إنّ كبريتات البوتاس (SOP أو K_2SO_4) مؤشرها الملحي منخفض وتوفر العنصر الغذائي النباتي S مقارنة بكلوريد البوتاس (MOP أو KCl) والذي يوفر العنصر الغذائي النباتي الكلوريد (Cl^-) بالإضافة إلى K. بيّنت دراسة لمحصول الموز في مقاطعة الهند الجنوبية (تأميل نيادو) فوائد إضافة SOP مقارنة مع MOP كما هو مؤشر في **شكل 1**.

مقتبس عن: Kumar, A.R. and N. Kumar. 2008. EurAsia J. BioSci 2(12):102–109.

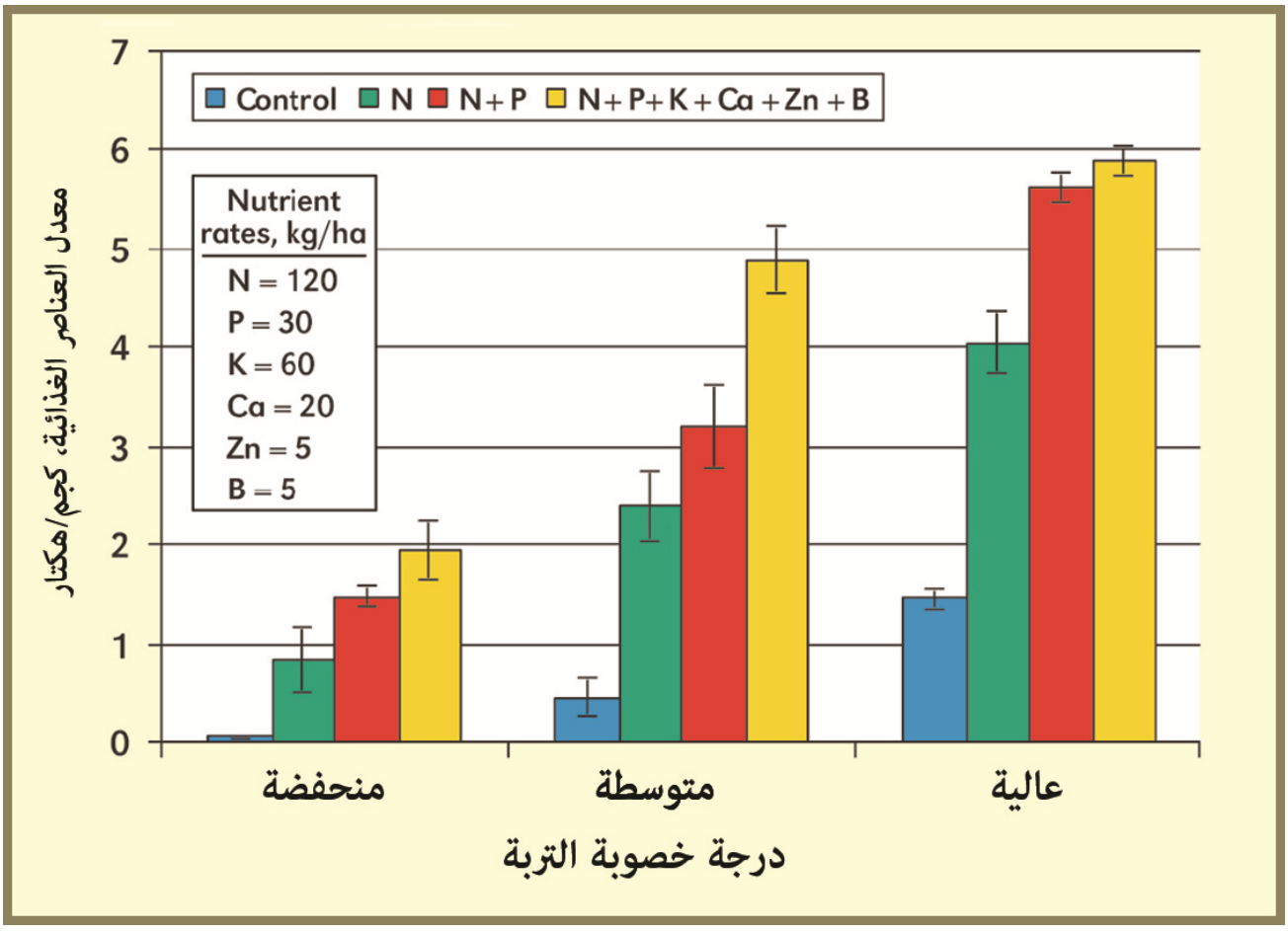


شكل 1 وزن عنقود الموز، البركس (السكريات الذائبة الإجمالية)، المحتوى المائي النسبي ومعاملات البناء الضوئي (محتوى الكلوروفيل، الكاتلاز وفعالية اختزال النترات) وتأثرها بمصادر البوتاسيوم MOP و SOP.

نموذج 3.2.1 تحقيق التوازن في العناصر الغذائية العضوية والمعدنية لمحصول الذرة الصفراء في افريقيا. تبين الدراسات في جنوب الصحراء الكبرى أنّ استخدام السماد يصبح دائماً أكثر ربحية وكفاءة في الحقول الخصبة. وعند تدهور الترب فإنّ إعادة خصوبة التربة من خلال التسميد المتوازن وإضافة المواد العضوية يكون ضروريا للوصول إلى انتاجية محصول عالية.

إنّ الخيارات الأخرى في إدارة خصوبة التربة مثل السماد الحيواني والدورة الزراعية وتحسين تبوير الأرض تكون أكثر فعالية عندما تُربط استراتيجياً مع السماد. في تجارب أجريت في حقول تتباين في خصوبة تربتها لعدة مواقع في جنوب الصحراء الكبرى فإنّ إضافة N لوحده أعطى أعلى زيادة في غلة الذرة الصفراء تحت ظروف خصوبة تربة عالية ومتوسطة. وأنّ إضافة P أيضاً أدى إلى زيادة نوعية في الغلة في الحقول عالية الخصوبة ولكن في الحقول متوسطة الخصوبة فإنّ إضافة الكتأيونات الأساسية (K و Ca) والعناصر الغذائية الصغرى (Zn و B) كانت مطلوبة لزيادة غلة المحصول نوعياً وأعلى من المعاملة N. في الحقول منخفضة الخصوبة، فالغلة زادت إلى أقل من 1 طن/هكتار بإضافة N وإلى أقل من 2 طن/هكتار بإضافة N، P، K، Ca، Zn و B. في مثل هذه الظروف فإنّ إضافة المصادر العضوية لزيادة المادة العضوية تكون مطلوبة لزيادة الإحتفاظ بالعناصر الغذائية التربة والماء والتزامن الأفضل لتجهيز العناصر الغذائية مع احتياج المحصول وتحسين ظروف التربة من خلال زيادة التنوع الحيوي للتربة.

المصدر: Zingore, S. 2011., Better Crops with Plant Food 95(1): 4–6.



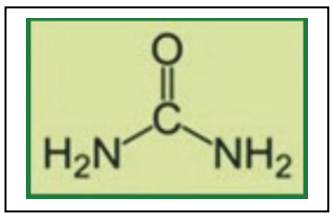
اليوريا

نموذج 3.3.1 اليوريا هي من أسمدة N الصلبة الأكثر استعمالاً في العالم. إنّ اليوريا أيضاً شائعة التواجد في الطبيعة كونها تُطرح في بول الحيوانات. فالمحتوى العالي من اليوريا يجعله كفوءاً لنقله إلى المزارع وإضافته للحقول.

الإنتاج. يستدعي انتاج سماد اليوريا تفاعل تحت السيطرة لغاز الأمونيا (NH_3) وثاني اوكسيد الكربون مع زيادة درجة الحرارة والضغط. إنّ اليوريا المنصهرة تُحول إلى كرات بآلات خاصة بعملية التحبب أو تحويلها بشكل مجموعة صلبة حيث يتم اسقاطها من برج.

قد يرتبط خلال انتاج اليوريا جزيئان من اليوريا عن طريق الصدفة لتشكل مركب يسمى بايوريت الذي يمكن أن يكون ضاراً عند رشّه على النبات الورقي. إنّ معظم أسمدة اليوريا التجارية تحتوي فقط على كميات قليلة من البايوريت نتيجة السيطرة على الظروف المحيطة خلال عملية التصنيع. ومع ذلك فإنّ اليوريا منخفضة البايوريت متوفرة لإستخدمات معينة.

تتواجد معامل تصنيع اليوريا حول العالم ولكن معظمها تقع قرب مناطق انتاج NH_3 لأن NH_3 هو المكوّن الرئيسي لليوريا. تُنقل اليوريا في أرجاء العالم بواسطة الناقلات البحرية والقوارب والقطارات والشاحنات.



الخواص الكيميائية

الصيغة الكيميائية	$CO(NH_2)_2$
محتوى N	%46
الذائبية بالماء (20مْ)	1.080 جم/ لتر

الإستخدام الزراعي. تستخدم اليوريا بعدة طرق لتوفير العنصر الغذائي N لنمو النبات. من الشائع على الأغلب خلطها مع التربة أو إضافتها على سطح التربة. وبسبب ذوبانيتها العالية فإنه قد يتم تذويبها بالماء وإضافتها للتربة كسائل، ويضاف مع مياه الري أو يُرش على أوراق النبات. إنّ اليوريا في رشها على الأوراق يمكن أن تُمتص بسرعة بواسطة أوراق النبات وبعد تماس اليوريا مع التربة أوالنبات فإنّ الإنزيم الطبيعي (اليورييز) يبدأ بتحويل اليوريا بسرعة إلى ما كانت عليه NH_3 بعملية تسمى التحلل المائي. خلال هذه العملية فإنّ N في اليوريا سيتعرض إلى فواقد غازية غير مرغوب فيها بشكل NH_3. يمكن استخدام تقنيات إدارة مختلفة لتقليل الفقدان لهذا العنصر الغذائي الثمين.

إنّ تحلل اليوريا عملية سريعة، اعتيادياً تحدث خلال عدة أيام بعد الإضافة. يمكن للنباتات أن تستهلك كميات قليلة من اليوريا كمصدر للنيتروجين N ولكنها غالباً تستخدم الأمونيوم (NH_4^+) والنترات (NO_3^-) التي تنتجها اليوريا بعد تحولها بواسطة اليورييز وأحياء التربة المجهرية.

إدارة الممارسات العملية. تعتبر اليوريا مصدر غذائي ممتاز لسد حاجات النبات من N. ولأنها تذوب بسرعة بالماء فإنّ اليوريا المضافة على السطح تنتقل مع المطر أو عملية الري إلى داخل التربة. تتحرك اليوريا ضمن التربة بحرية في ماء التربة حتى تتحلل مائياً لتشكل NH_4^+. ينبغي العناية لتقليل كل فواقد N الى الجو والمياه السطحية والمياه الجوفية. إنّ فواقد الأمونيا بواسطة التطاير يمكن إدارتها بالإنتباه الشديد إلى وقت الإضافة وموضعها (مكانها) وأيضا تجنب إضافة اليوريا عندما يبقى السماد على سطح التربة لفترات طويلة من الزمن. قد ينتج أيضاً في فواقد N غير المرغوب بها خسارة في غلة المحصول ونوعيته.

إنّ اليوريا سماد يحتوي على N بنسبة عالية ويمتلك خواص تخزينية جيدة ويسبب أقل تآكل لأجهزة الإضافة. إذا أُستخدمت بصورة صحيحة فإنّ اليوريا هي مصدر N ممتاز للنباتات.

الإستخدام غير الزراعي. اليوريا تُستخدم عادة في صناعات متنوعة. فهي تُستخدم في محطات توليد الطاقة وأنظمة عادم الديزل لتقليل انبعاث غازات اوكسيد النتروز (NO_x). يمكن استخدام اليوريا لتجهيز البروتين في غذاء الحيوانات المجترة. إنّ العديد من الكيماويات المصنعة الشائعة تمّ صنعها بإستخدام اليوريا كمكون مهم.

المصدر: http://www.ipni.net/specific

يوريا نترات الأمونيوم

نموذج 2.3.3 تعتبرمحاليل الأسمدة السائلة أو الأسمدة السائلة شائعة في مناطق عديدة لأنها آمنة في تداولها وملائمة للخلط مع العناصر الغذائية والكيماويات الأخرى وهي سهلة الإضافة. إنّ محلول اليوريا [$CO(NH_2)_2$] ونترات الأمونيوم [NH_4NO_3] التي تحتوي بين 28 و 32% N هي الأكثر شيوعاً لسماد N السائل.

الإنتاج. إنّ السماد يوريا نترات الأمونيوم السائل (UAN) سهل الانتاج نسبياً. يُخلط محلول ساخن يحتوي على اليوريا مع محلول ساخن من نترات الأمونيوم لتصنيع سماد سائل ورائق. بذلك فإنّ نصف N الإجمالي يأتي من محلول اليوريا والنصف الاخر من محلول نترات الأمونيوم. يُصنع UAN بشكل وجبات في بعض منشآت التصنيع أو بصورة مستمرة في منشآت أخرى. عموما لا تحدث أي انبعاثات أو نواتج نفايات عند عملية الخلط.

بما أنّ UAN هو محلول N مركز فإنّ ذوبانيته تزداد بإرتفاع درجة الحرارة. ولمنع مكونات N من الترسب بشكل بلورات، فإنّ محلول UAN يتم تصنيعه بتخفيف أكثر في المناطق الباردة ذات درجات الحرارة الشتوية المنخفضة. وعليه فإنّ تركيز N في أسمدة UAN التجارية يتراوح بين 28 و 32% N اعتماداً على جغرافية المنطقة ويضاف عادة مانع التآكل للمحلول النهائي لحماية الفولاذ بحاويات الخزن.

الخواص الكيميائية

	N %28	N %30	N %32
المكونات (% على أساس الوزن)			
نترات الأمونيوم	40	42	44
اليوريا	30	33	35
الماء	30	25	20
درجة الحرارة التي يحدث عندها التبلور (°م)	18-	10-	2-
pH المحلول	**تقريباً 7**		

الإستخدام الزراعي. يستخدم محلول UAN بصورة واسعة كمصدر N لتغذية النبات. إنّ جزء NO_3^- (25% من N الإجمالي) يكون جاهزاً مباشرة لإمتصاص النبات. أيضاً فإنّ الجزء NH_4^+ (25% من N الإجمالي) يمكن أن يتم تمثيله مباشرة بواسطة معظم النباتات ولكنه يتأكسد بسرعة من قِبل بكتيريا التربة ليكوّن NO_3^-. أما جزء اليوريا المتبقي (50% من N الإجمالي) فإنه يتحلل مائياً بواسطة انزيمات التربة ليكوّن NH_4^+ والتي بدورها تتحول إلى NO_3^- في معظم ظروف التربة السائدة.

إنّ محاليل UAN متنوعة كثيراً كمصدر لتغذية النبات، وبسبب خواصه الكيميائية فإنّ UAN يتوافق مع العديد من العناصر الغذائية الأخرى والكيماويات الزراعية، وغالباً ما تُخلط مع محاليل أخرى تحتوي على P، K وعناصر غذائية نباتية أخرى. إنّ الأسمدة السائلة يمكن مزجها لكي تلبي بصورة دقيقة بالإحتياجات الخاصة للتربة والنبات.

تُحقن عادة محاليل UAN في التربة تحت السطح أوتُرش على سطح التربة ويمكن إضافتها بشكل شريط أو حُزم على سطح التربة أو تضاف مع مياه الري أو تُرش على أوراق النباتات كمصدر للتغذية الورقية. مع ذلك قد يسبب UAN ضرراً للأوراق إذا تمّ رشه مباشرة على بعض النباتات، لذلك ينبغي اللجوء إلى تخفيفه بالماء قبل استخدامه.

إدارة الممارسات العملية. يمثل UAN مصدر ممتاز لتغذية النباتات. لذلك ولأنّ نصف N الإجمالي متواجد بشكل يوريا فإنّ إدارة إستثنائية قد تكون مطلوبة لتحديد وقت الإضافة وموضعها لتجنب فقدان الأمونيا بالتطاير. عند بقاء UAN على سطح التربة لفترات أطول (بضعة أيام) فإنّ انزيمات التربة ستحول اليوريا إلى NH_4^+ وهو الجزء الذي يمكن أن يُفقد كغاز أمونيا. وعليه لاينبغي بقاء UAN على سطح التربة لأكثر من بضعة أيام لكي يتم تجنب الفقدان الكبير. إنّ الموانع التي تبطئ من تحولات N هذه تضاف بعض الأحيان. وعندما يضاف UAN إلى التربة فإنّ جزيئات اليوريا و NO_3^- ستنتقل مع الماء بحرية إلى التربة. وستحتفظ التربة بـ NH_4^+ حالما يتم تماسه مع مواقع التبادل الكتأيوني على الطين أو المادة العضوية. وخلال 2 إلى 10 أيام فإنّ معظم اليوريا ستتحول إلى NH_4^+ وبالتالي لا يعود متنقلاً. إنّ NH_4^+ المضاف بالأصل و NH_4^+ المنحدر من اليوريا سيتحول أخيراً إلى NO_3^- بواسطة أحياء التربة المجهرية.

المصدر: http://www.ipni.net/specific

الأمونيا

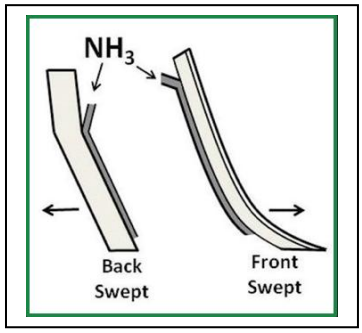
نموذج 3.3.3 الأمونيا (NH_3) هي الأساس لتصنيع كل أسمدة N. ويمكن إضافته مباشرة إلى التربة كعنصر غذائي نباتي أو يُحوّل إلى أنواع من أسمدة N الشائعة. هنا تكون الحاجة إلى وسائل آمنة واحتياطات محددة عند إدارة السماد.

الإنتاج. يحتوي الهواء في الجو على 80% غاز نيتروجين (N_2) ولكنه كيميائياً وحيوياً غير قابل للإستعمال. في بداية عام 1900 أمكن إجراء عملية جمع غاز النيتروجين N_2 والهيدروجين H_2 تحت ظروف من درجات الحرارة والضغط العالية وعُرف هذا التفاعل على أنه عملية هابر– بوش:

$$[3H_2 + N_2 \rightarrow 2NH_3]$$

الخواص الكيميائية

الأمونيا اللامائية (NH_3)	
محتوى N	%82
درجة الغليان	-33°م
الأمونيا المائية (NH_4OH)	
محتوى N	%24–20
pH	12–11



إنّ أنواع من مواد الوقود الأحفوري يمكن استخدامها كمصدر لـ H_2 ولكن الغاز الطبيعي (الميثان) هو الأكثر شيوعاً. لذلك فإنّ معظم انتاج NH_3 يحدث في المواقع التي يكون فيها الغاز الطبيعي متوفر.

إنّ الأمونيا هي غاز في الغلاف الجوي ولكنه يُنقل في الحالة السائلة بواسطة ضغطه أو تجميده تحت درجة غليانه (-33° م) ويُسوّق عالمياً بناقلات بحرية في حاويات مجمدة وعربات سكك بإستخدام الضغط وخطوط أنابيب للمسافات الطويلة.

الإستخدام الزراعي. الأمونيا ذات محتوى N أعلى من أي سماد تجاري جاعلاً منها مصدر شائع للنيتروجين بالرغم من الأخطار المحتملة التي يمتلكها وإجراءات الأمان المطلوبة عند استخدامه. فعند إضافة NH_3 مباشرة للتربة كسائل مضغوط فإنه يصبح بخار بمجرد خروجه من الحاوية لذلك يتم اضافة الأمونيا عادة تحت سطح على الأقل بـ 10 إلى 20 سم أو بطريقة ما لمنع فقده كبخار إلى الغلاف الجوي. أُستخدمت أنواع مختلفة من ساحبات ذات سكاكين مغروسة ومقابض مخصصة لإضافة NH_3 في الموقع الصحيح في التربة. إنّ الأمونيا ستتفاعل بسرعة مع ماء التربة لتكوين الأمونيوم (NH_4^+) والذي يتم الإحتفاظ به على مواقع التبادل الكتأيوني للتربة. والأمونيا في بعض الأحيان تذاب في الماء لإنتاج الأمونيا المائية. إنّ الأمونيا المائية لا تحتاج أن تُحقن عميقاً كما هي الأمونيا وبهذا توفر بعض المزايا خلال الإضافة الحقلية وأيضاً لها تدابير أمان أقل. إنّ الأمونيا السائلة غالباً تضاف مع ماء الري وتُستخدم في ظروف التربة الغدقة.

إدارة الممارسات العملية. يتطلب التعامل مع NH_3 انتباه شديد لاجراءات الأمان فعند مواقع الخزن وخلال الإضافة الحقلية يجب استخدام أجهزة حماية شخصية مناسبة. وبسبب كونه ذائب جداً بالماء فإنّ NH_3 الحر يتفاعل بسرعة مع رطوبة الجسم مثل الرئة والعين مسببة ضرراً كبيراً. لذلك لا ينبغي نقلها أو إضافتها بدون تدريب كافي لإجراءات السلامة.

بعد الإضافة مباشرة يسبب التركيز العالي لـ NH_3 المحيط بموقع الحقن تثبيط وقتي لميكروبات التربة. على أية حال فإنّ المجموعة الميكروبية ستتعافى حالما يتحول NH_3 إلى NH_4^+ ومنتشراً من نقطة الإضافة ليتحول بعد ذلك إلى نترات. ولتجنب أضرار المونيا على الإنبات ينبغي أن لا توضع البذور بالقرب من منطقة إضافة NH_3. إنّ هروب NH_3 غير المقصود للغلاف الجوي ينبغي تجنبه قدر الإمكان. إنّ انبعاث NH_3 مرتبط بالضباب في الجو والتغير في كيمياء ماء المطر. إنّ وجود تراكيز NH_3 مرتفعة في المياه السطحية يمكن أن يكون ضاراً للأحياء المائية.

الإستخدامات غير الزراعية. أكثر من 80% من انتاج NH_3 تُستخدم كأسمدة إما بالإضافة المباشرة أو بتحويلها إلى أنواع مختلفة من أسمدة N الصلبة والسائلة. مع ذلك هنالك العديد من الإستخدامات المهمة لـ NH_3 في التطبيقات الصناعية. فالمنظفات المنزلية يتم صنعها من محلول 5 إلى 10% من NH_3 مذاب في الماء (لتكوين هيدروكسيد الأمونيوم). وبسبب خواصه البخارية يُستخدم NH_3 على نطاق واسع كوسيلة للتجميد.

المصدر: http://www.ipni.net/specific

كبريتات الأمونيوم

نموذج 3.3.4 كبريتات الأمونيوم [$(NH_4)_2SO_4$] هي من أوائل وأوسع الأسمدة النيتروجينية استخداماً لإنتاج المحاصيل. أما الآن فهي الأقل شيوعاً في الإستخدام ولكن تكون ذات أهمية خصوصاً عندما يكون الإحتياج لكلا N و S وذائبيتها العالية توفر مرونة لعدد من التطبيقات الزراعية.

الإنتاج. إنّ كبريتات الأمونيوم (بعض الأحيان يُختصر AS أو AMS) قد تمّ انتاجها منذ أكثر من 150 سنة. في البداية كانت تُصنع من الأمونيا المتحررة خلال تصنيع غاز الفحم (المستخدم لإضاءة المدن) أو من فحم الكوك المستخدم لإنتاج الفولاذ. تُصنع AS من تفاعل حامض الكبريتيك والأمونيا الساخنة وتُحدد حجم البلورات الناتجة من خلال السيطرة على ظروف التفاعل. وعند الوصول إلى الحجم المطلوب تجفف البلورات وتنخل للحصول على حجم الجزيئات المرغوبة. إنّ بعض المواد تغلف بمكيف (conditioner) لتقليل الغبار والتكتل.

يتم توفير معظم المتطلبات الحالية لكبريتات الأمونيوم من خلال النواتج العرضية للصناعات المختلفة، على سبيل المثال فإنّ كبريتات الأمونيوم هي ناتج مشترك في عملية تصنيع النايلون. بعض النواتج العرضية التي تحتوي على الأمونيا أو يُستخدم فيها حامض الكبريتيك تتحول عادة إلى كبريتات الأمونيوم لإستخدامها في الزراعة. مع أنّ اللون يمكن أن يتراوح من الأبيض إلى البني الفاتح (البيج) فإنها تباع بإستمرار كبلورات ذات ذائبية عالية والتي تمتلك خواص تخزينية ممتازة. يتغير حجم الجزيئات اعتماداً على الغرض المطلوب.

الخواص الكيميائية	
الصيغة الكيميائية	$(NH_4)_2SO_4$
محتوى N	%21
محتوى S	%24
الذائبية بالماء	750 جم/ لتر
pH المحلول	5 إلى 6

بلورات $(NH_4)_2SO_4$

الإستخدام الزراعي. تُستخدم كبريتات الأمونيوم بالدرجة الأولى عندما تكون هنالك حاجة لتجهيز N وS لتلبية المتطلبات الغذائية للنباتات المزروعة. ولأنه يحتوي على 21% N فقط لذلك فإنّ هنالك مصادر سمادية أخرى تكون أكثر تركيزاً واقتصادية للتعامل معها ونقلها. مع ذلك فهي توفر مصدر ممتاز لـ S والذي له وظائف ضرورية عديدة في النباتات بضمنها تمثيل البروتين. ونظراً أنّ جزء *من* N موجود على صيغة أمونيا فإنّ كبريتات الأمونيوم غالباً ما تُستخدم في الترب الغدقة لإنتاج الرز حيث تكون الأسمدة التي أساسها نترات خياراً سيئاً بسبب احتمالية فقدانها نتيجة عملية عكس النترجة.

غالباً ما يضاف محلول يحتوي على كبريتات الأمونيوم المذابة إلى مرشات مبيدات الأدغال لتحسين فعاليتها في السيطرة على الأعشاب الضارة (الأدغال). هذه الممارسة لزيادة فعالية المبيد بكبريتات الأمونيوم تكون فعالة خصوصاً عندما يكون الماء المجهّز يحتوي تراكيز عالية من الكالسيوم، المغنيسيوم أو الصوديوم. تُستخدم كبريتات الأمونيوم ذات درجة النقاوة العالية لهذا الغرض لتجنب انسداد فوهات المرشة.
إدارة الممارسات العملية. بعد إضافتها إلى التربة، تذوب كبريتات الأمونيوم سريعاً إلى مكونات الأمونيوم والكبريتات، وإذا بقي على سطح التربة فقد تتعرض الأمونيوم إلى الفقدان بشكل غاز في الظروف القلوية. في هذه الحالات يجب أن تُخلط المادة في التربة بسرعة قدر الإمكان أو يُفضل إضافتها قبل عملية الري أو المطر المتوقع.

معظم النباتات قادرة أن تستهلك كل من الأمونيوم والنترات كنيتروجين للنمو. في الترب الدافئة تَشرَع الميكروبات بسرعة بتحويل الأمونيوم إلى نترات في عملية تسمى النترجة:
$[NH_4^+ + 2O_2 \rightarrow NO_3^- + H_2O + 2H^+]$ خلال هذا التفاعل الميكروبي تتحرر أيونات (H^+) الحامضية والتي تؤدي الى خفض pH التربة بعد الإستخدام المتكررللسماد. فكبريتات الأمونيوم لها تأثير حامضي على التربة بسبب عملية النترجة وليس من وجود الكبريتات والتي لها تاثير طفيف جداً على pH. إنّ القدرة في انتاج الحامض لكبريتات الأمونيوم يكون أعلى من نفس الإضافة لـ N من نترات الأمونيوم. وكمثال كل النيتروجين N في كبريتات الأمونيوم يتحول إلى نترات بينما فقط نصف N من نترات الأمونيوم سيتحول إلى نترات.

الإستخدامات غير الزراعية. كبريتات الأمونيوم عادة تضاف لمنتجات الخبز كمكيف للعجينة. هي أيضاً مكوّن في مسحوق اطفاء الحريق ومن عوامل عزل اللهب. لقد أُستخدمت في تطبيقات كثيرة في الكيماويات وعجينة الخشب والألبسة والصناعات.

المصدر: http://www.ipni.net/specific

الفوسفات النيتروجينية

نموذج 3.3.5 إنّ انتاج وإضافة أسمدة الفوسفات النيتروجينية يتم على النطاق المحلي أو الإقليمي الواسع ويتركز استخدامها أينما تكون هذه التقنية ذات فائدة. تُستخدم عملية التصنيع حامض النيتريك بدلاً من حامض الكبريتيك بمعالجة الصخر الفوسفاتي بحيث لا ينتج عنها الجبس كناتج عرضي.

الإنتاج. تُصنّع الغالبية من أسمدة P التجارية بتفاعل الصخر الفوسفاتي مع حامض الكبريتيك أو النيتريك. إنّ طريقة حامض الكبريتيك في انتاج أسمدة P تُنتج كميات كبيرة من كبريتات الكالسيوم (الجبس) كناتج عرضي وفيه يتم تكبّد كُلف إضافية للتخلص منه. وتختلف الفوسفات النيتروجينية لأنها تتضمن تفاعل الصخر الفوسفاتي مع حامض النيتريك. يُصنّع حامض النيتريك بواسطة أكسدة الأمونيا بالهواء بدرجات حرارة عالية. إنّ الفائدة الرئيسية لهذه الطريقة هي أنه القليل جداً أو لا شيء من S يكون مطلوباً. في تصنيع الفوسفات فإنّ Ca الفائض من الصخر الفوسفاتي يحوَل إلى سماد نترات الكالسيوم الثمين بدلاً من الجبس. وأول استخدام لطريقة الفوسفات النيتروجينية كانت في دولة النرويج حيث أن الكثير من الإنتاج العالمي لا زال موجوداً في اوروبا. التفاعل العام هو:

الصخر الفوسفاتي + حامض النيتريك ← حامض الفوسفوريك + نترات الكالسيوم + حامض الفلوريك المائي

إنّ حامض الفسفوريك الناتج غالباً ما يُخلط مع العناصر الغذائية الأخرى لتكوّن مركبات سمادية تحتوي عدة عناصر غذائية في حبيبة واحدة. إنّ الناتج المرافق لنترات الكالسيوم ونترات الأمونيوم الكلسية تباع بصورة مستقلة .

الخواص الكيميائية

تتباين الخواص الكيميائية بالإعتماد على توليفات العناصر الغذائية المستخدمة لصنع الحبيبة النهائية. الأسمدة الشائعة المصنوعة بطريقة الفوسفات النيتروجينية تشمل الدرجات القياسية التالية: 0–20–20، 0–25–25، 0–30–20، 17–17–17، 14–7–21، 20–20–10، 15–20–15 و 12–24–12 .

الإستخدام الزراعي. يمكن أن تمتلك أسمدة الفوسفات النيتروجينية مكونات غذائية ذات مدى واسع اعتماداً على الهدف من استخدامها، لذلك من المهم اختيار المكون الملائم لأي متطلب للمحصول والتربة المعينة. يُباع سماد الفوسفات النيتروجينية بشكل حبيبي لكي يُستخدم للإضافة المباشرة للتربة. وعادة ما يُنشر على سطح التربة أو يُخلط في المنطقة الجذرية أو يُضاف كحُزمة مركزة تحت سطح التربة قبل الزراعة.

إدارة الممارسات العملية. يحتوي سماد الفوسفات النيتروجينية كميات متباينة من نترات الأمونيوم والتي تجذب الرطوبة. لمنع التكتل فأسمدة الفوسفات النيتروجينية غالباً ما يتم تعبئتها في أكياس مانعة للرطوبة ومحمية منها قبل توزيعها للمزارع.

المصدر: http://www.ipni.net/specific

نترات الأمونيوم

نموذج 3.3.6 نترات الأمونيوم هي أول سماد نيتروجيني صلب منتج على نطاق واسع لكن انخفضت شعبيتها في السنوات الأخيرة. لقد كانت مصدر شائع للنيتروجين N لإحتوائها كلاً من النترات والأمونيوم وتمتلك محتوى غذائي عالي نسبياً.

الإنتاج. بدأ انتاج نترات الأمونيوم على نطاق واسع في الأربعينات عندما تمّ استخدامها ذخيرة حربية خلال وقت الحرب ولكن بعد انتهاء الحرب العالمية الثانية أصبحت نترات الأمونيوم متوفرة كسماد تجاري. إنّ انتاج نترات الأمونيوم سهل نسبياً، وفيه يتفاعل غاز الأمونيا مع حامض النتريك لتكوين محلول مركز وحرارة عالية.

تتشكل حبيبات السماد عندما يتم اسقاط قطرة من محلول نترات الأمونيوم المركز (95 إلى 99%) من برج لكي تتصلب. وتكون الحبيبات ذات الكثافة المنخفضة أكثر مسامية من الحبيبات ذات الكثافة العالية لذلك تكون مفضلة للإستخدام الصناعي بينما تستخدم الحبيبات ذات الكثافة العالية كسماد. وتُصنع نترات الأمونيوم الحبيبية بالرش المستمر للمحلول المركز على تحببات صغيرة في اسطوانة دوارة.

ولأنّ نترات الأمونيوم استرطابية وتمتص الرطوبة مباشرة من الجو لذا تُخزَّن عادة في مستودعات مكيفة هوائياً أو في أكياس مغلقة. إنّ السماد الصلب عادة يتم تغليفه بمركب يمتع الإلتصاق والتكتل.

تضاف في بعض الأحيان كميات قليلة من معادن كربونية قبل التصلب والتي تُزيل الخواص الإنفجارية لنترات الأمونيوم. هذه الإضافات تقلل تركيز N وهي معتدلة الذوبان جاعلة المنتج المُحوَّر أقل ملائمة للاستخدام من خلال أنظمة الري (التسميد مع الري).

حبيبات نترات الأمونيوم توفر كميات متساوية من النترات–N والأمونيوم–N وإضافتها ملائمة جداً للخضراوات والمحاصيل العلفية.

الخواص الكيميائية

الصيغة الكيميائية	NH_4NO_3
محتوى N	33 إلى 34 %
الذائبية بالماء (20مْ)	1,9 جم/ لتر

الإستخدام الزراعي. نترات الأمونيوم هي سماد شائع الإستخدام كونها توفر نصف النيتروجين N بصيغة نترات والنصف الاخر بشكل أمونيوم. تنتقل صيغة النترات بسهولة مع ماء التربة إلى الجذور والتي تكون عندها جاهزة مباشرة للإمتصاص من قِبل النبات. أما جزء الأمونيوم فيؤخذ من قِبل الجذور أو يتحول تدريجياً إلى نترات بواسطة أحياء التربة المجهرية. يفضل العديد من مزارعي الخضراوات مصدر نترات جاهزة مباشرة لتغذية النبات ولذلك يستخدمون نترات الأمونيوم وهي شائعة في تسميد المراعي والنباتات العشبية لأنها أقل عُرضة للفقدان بالتطاير من الأسمدة المصنّعة من اليوريا عندما تُترك على سطح التربة.

عادة تُخلط نترات الأمونيوم مع الأسمدة الأخرى لكن هذه المخاليط لا يمكن تخزينها لفترات طويلة لميلها لإمتصاص الرطوبة من الهواء. إنّ الذائبية العالية لنترات الأمونيوم تجعلها ملائماً بصورة جيدة لصنع المحاليل لغرض التسميد مع مياه الري أو للرش ورقياً.

إدارة الممارسات العملية. إنّ نترات الأمونيوم هي سماد N الشائع لسهولة التعامل معها ولإمتلاكها المحتوى الغذائي العالي. وهي ذائبة جداً في التربة وجزء النترات يمكن أن يتحرك بعيداً عن منطقة الجذور تحت الظروف الرطبة. يمكن أيضاً أن تتحول النترات إلى غاز اوكسيد النتروز بالظروف الرطبة جداً من خلال عملية عكس النترجة أما جزء الأمونيا فإنه لا يتعرض إلى فقدان كبير إلا في حالة اكسدته إلى النترات.

إنّ الإهتمام حول إستخدام السماد غير الشرعي كمتفجرات سبب بإصدار تعليمات حكومية مشددة في عدة أجزاء من العالم، وبسبب القيود على البيع والنقل فإنّ تجار السماد عزفوا عن تداول هذه المواد.

الإستخدامات غير الزراعية. تُستخدم نترات الأمونيوم المتحببة ذات الكثافة المنخفضة على نطاق واسع كمتفجرات في الصناعات المنجمية والمحاجر وفي مواقع البناء. ويكون السماد المستخدم مسامياً حتى يسمح بإمتصاص سريع لزيت الوقود (المسمى ANFO).

تصنع العبوات الباردة الفورية من كيسين– أحد الكيسين يحوي نترات الأمونيوم الجافة والثاني يحتوي على الماء. وعندما يُكسر الحاجز الفاصل بين الكيسين فإنّ نترات الأمونيوم تذوب بسرعة بتفاعل اندوثيرمي (ماص للحرارة) خافضاً درجة حرارة العبوة إلى 2 إلى 3مْ في وقت قصير جداً.

المصدر: http://www.ipni.net/specific

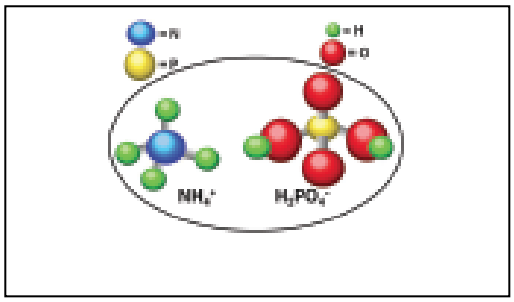
فوسفات الأمونيوم الأحادية

نموذج 3.3.7 فوسفات الأمونيوم الأحادية (MAP) أُستخدمت على نطاق واسع كمصدر إلى P وN. في الأعوام الأخيرة توسّع استعمالها بسرعة وتُصنع من مكوّنين شائعين في صناعة الأسمدة وهي تمتلك أعلى محتوى لـ P مقارنة بأي سماد صلب شائع.

الإنتاج. إنّ عملية تصنيع MAP سهلة نسبياً. في الطريقة الشائعة يتفاعل نسبة واحد إلى واحد من الأمونيا (NH_3) وحامض الفسفوريك (H_3PO_4) والمزيج السائل الناتج من MAP يُحوَل إلى مادة صلبة بجهاز التحبب. أما الطريقة الثانية فيتم فيها ادخال اثنتان من المواد الأولية بمفاعل عبر أنبوب والذي تتولد فيه من التفاعل حرارة لتبخير الماء وجعل MAP صلباً. إنّ الإختلافات في تصنيعها بهذه الطرق تكون أيضا في الإستخدام لمنتج MAP . وأحد المزايا في انتاج MAP ها امكانية استخدام H_3PO_4 ذو النوعية المنخفضة مقارنة بأسمدة P الأخرى التي غالباً ما تتطلب درجة نقاء عالية للحامض. إنّ أكثر مكون سمادي شيوعاً هو 0–52–11.

الخواص الكيميائية

الصيغة الكيميائية	$NH_4H_2PO_4$
محتوى N	10 إلى 20 %
محتوى P_2O_5	48 إلى 61 %
الذائبية بالماء (20مْ)	370 جم/ لتر
pH المحلول	4 إلى 4.5



الإستخدام الزراعي. أُستخدم MAP كسماد حبيبي مهم لعدة سنوات وهو ذائب مائياً لذا يذوب بسرعة في التربة إذا توفرت رطوبة كافية. وعند تحلله فإنّ المكونين الأساسيين للسماد تنفصل مرة أخرى لتحرير NH_4^+ و $H_2PO_4^-$ وإنّ كلاً من هذين العنصرين الغذائيين هما مهمان لإستدامة نمو المحصول بصورة سليمة. إنّ pH للمحلول المحيط بالحبيبة يكون ذو حموضة معتدلة جاعلاً MAP سماد ملائم خصوصاً في الترب ذات pH المعتدل والعالي. تبين الدراسات الزراعية عدم وجود فروقات معنوية بين تغذية P لأنواع من أسمدة P التجارية تحت معظم الظروف. يضاف MAP الحبيبي بأحزمة (أشرطة) مركزة تحت سطح التربة بقرب الجذور أو بحُزم سطحية وهو أيضاً يضاف عادة بنثره عبر الحقل وخلطه في التربة عند عمليات الحراثة. أما بشكل مسحوق فهو يكون مكون مهم للأسمدة المعلقة. وعندما يُصنع MAP من H_3PO_4 النقي فهو يذوب مباشرة ليتكون محلول رائق والذي يمكن أن يُستعمل للرش الورقي أو يضاف إلى مياه الري. إنّ محتوى P_2O_5 المكافئ لـ MAP ذات النقاوة العالية عادة يكون 61%.

إدارة الممارسات العملية. ليس هنالك محاذير خاصة مرافقة لإستخدام MAP. إنّ الحموضة الخفيفة المرافقة لهذا السماد تختزل احتمالية فقدان NH_3 للهواء ويمكن أن يوضع MAP بالقرب من البذور النامية دون الإعتبار لضرر NH_3. إنّ وضع MAP بشكل حُزم يحمي P من تثبيت التربة له ويُسهّل التوفيق بين امتصاص الأمونيوم والفوسفات بواسطة الجذور.

عندما يُستخدم MAP للرش ورقياً أو يضاف إلى مياه الري فلا ينبغي خلطه مع أسمدة الكالسيوم او المغنيسيوم. يمتلك MAP قدرة تخزينية وخواص للتعامل معه بصورة جيدة. إنّ بعض الشوائب الكيميائية (مثل الحديد والألمنيوم) تقدم خدمة طبيعية كبيرة اذ تعمل كمكيف لمنع التكتل. إنّ MAP النقي بدرجة عالية قد يضاف له المكيف أو قد يتطلب التعامل الخاص لمنع التكتل. وكما هو الحال مع أسمدة P فإنه ينبغي أن تُستعمل ممارسات إدارية صحيحة للتقليل من فقدان العنصر الغذائي للماء السطحي أو الجوفي.

إنّ المصدر عالي النقاوة لـ MAP يُستخدم كعنصر غذائي للحيوانات. إنّ NH_4^+ يتم تصنيعها إلى بروتين و $H_2PO_4^-$ تُستخدم في عدد من الوظائف الحيوية في الحيوانات.

الإستخدامات غير الزراعية. يُستخدم MAP في الطفايات الحاوية على الكيماويات الجافة الشائع تواجدها في الدوائر والمدارس والبيوت. إنّ رذاذ الطفاية ينثر MAP بشكل مسحوق ناعم والذي يغلف الوقود ويُطفئ اللهب بسرعة.

المصدر: http://www.ipni.net/specific

فوسفات الأمونيوم الثنائية

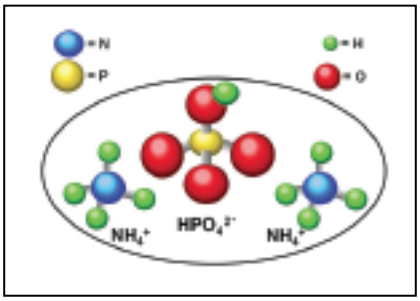
نموذج 3.3.8 فوسفات الأمونيوم الثنائية (DAP) هي سماد P الأكثر استعمالاً عالمياً. تتكون من اثنين من المكونات الشائعة في صناعة الأسمدة وهي شائعة بسبب محتواها الغذائي العالي نسبياً ولخواصها الفيزيائية المميزة.

الإنتاج. أصبحت أسمدة فوسفات الأمونيوم الثنائية شائعة في أول الأمر في الستينات وأصبح DAP بسرعة الأكثر انتشاراً بهذا الصنف من المنتجات. يُصنع بتفاعل مسيطر عليه لحامض الفسفوريك والأمونيا حيث بعد ذلك يتم تبريد المزيج الساخن المتكون ثم تحويله الى حبيبات وتنيخله. إنّ DAP يمكن تداوله وخزنه بصورة ممتازة. إنّ الدرجة القياسية لـ DAP هي (0–46–18) ومنتجات سمادية ذات محتوى غذائي أقل قد لايتم توصيفها مثل DAP .

إنّ المُدخلات المطلوبة لإنتاج طن واحد من سماد DAP هي تقريباً 1.5 إلى 2 طن من الصخر الفوسفاتي، 0.4 طن من S لإذابة الصخر و0.21 طن من الأمونيا. إنّ التغيرات في التجهيز أو الأسعار لأي من هذه المُدخلات ستؤثر في أسعار DAP وجاهزيته. يساعد المحتوى الغذائي العالي لـ DAP في تقليل كلف تداوله وشحنه واضافته. يُنتج DAP في أماكن عديدة في العالم وهو صناعة سمادية متداولة بصورة واسعة.

الخواص الكيميائية

الصيغة الكيميائية	$(NH_4)_2HPO_4$
محتوى N	%18
محتوى P_2O_5	%46
الذائبية بالماء (20مْ)	588 جم/ لتر
pH المحلول	8.0–7.5



الإستخدام الزراعي. يُعتبرسماد DAP مصدر ممتاز لـ P و N لتغذية النبات وهو ذو ذائبية عالية وبذلك فإنه يذوب بسرعة في التربة لتحرير الفوسفات والأمونيا الجاهزة للنبات. أما الخاصية البارزة لـ DAP فهي pH القلوية والتي تتكون حول الحبيبة المذابة.

وعندما تتحرر الأمونيا من إذابة حبيبات DAP فإنّ الأمونيا المتطايرة يمكن أن تكون ضارة للبادرات وجذور النبات القريبة منها مباشرة. فالضرر المحتمل يكون أكثر شيوعاً عندما يكون pH التربة أعلى من 7 وهي الظروف التي عادة توجد حول حبيبة DAP الذائبة.

ولمنع احتمالية ضرر البادرات، ينبغي العناية من خلال تجنب وضع تراكيز عالية من DAP قرب البذور النامية. إنّ الأمونيا الموجودة في DAP هي مصدر N ممتاز وهي بالتدريج ستتحول إلى نترات بواسطة بكتيريا التربة مؤدياً إلى ما يتبعه من انخفاض في pH. وعليه فإنّ ارتفاع في pH التربة حول حبيبة DAP هو تأثير وقتي. إنّ هذا الإرتفاع الأولي في pH التربة المجاورة إلى DAP يمكن أن يؤثر في التفاعلات الموقعية الصغيرة للفوسفات والمادة العضوية.

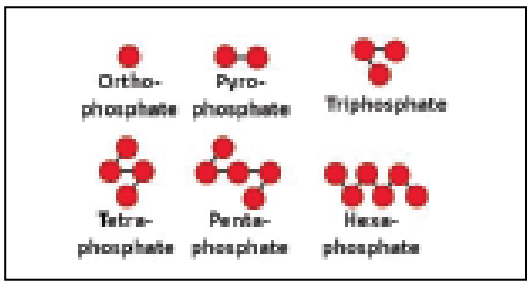
إدارة الممارسات العملية. هنالك فروقات في التفاعلات الكيميائية الأولية بين أسمدة P التجارية المختلفة في التربة ولكن هذه الإختلافات تصبح طفيفة مع الوقت (خلال أسابيع أو اشهر) وتكون أدنى ما يمكن طالما يتعلق الأمر بتغذية النبات. معظم المقارنات الحقلية بين DAP وفوسفات الأمونيوم الأحادية (MAP) تبين فروقات طفيفة أو لا توجد فروقات في نمو النبات والغلة بسبب استخدام مصدر P مع الإدارة الصحيحة.

الإستخدامات غير الزراعية. يُستخدم DAP في تطبيقات عديدة كمعيق للنار. فعلى سبيل المثال فإنّ خليط من DAP ومكونات أخرى يمكن نثرها في تقدم النيران لمنع الغابات من الإحتراق حيث يصبح بعد ذلك مصدر غذائي بعد زوال خطر النار. يُستخدم DAP في عمليات صناعية مختلفة مثل تشطيب المعادن ويضاف عادة إلى النبيذ لإستدامة تخمير الخميرة والى الجبنة لدعم مستنبت الأجبان.

المصدر: http://www.ipni.net/specific

الفوسفات المتعددة

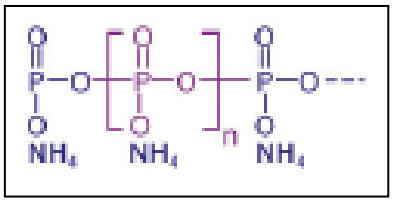
نموذج 3.3.9 نقص الفسفور يحد من نمو النباتات وإنتاجيتها في العديد من أرجاء العالم. لأنّ معظم الترب لها pH منخفض فإنّ هذا العنصر الغذائي عادة ما يضاف لتحسين غلة المحصول ونوعيته. إنّ الفسفور مشتق من الترسبات الجيولوجية في أرجاء العالم والفوسفات المتعددة هي سماد سائل ممتاز والمستخدم بصورة واسعة في الزراعة.



الإنتاج. إنّ حامض الفسفوريك هو المادة الأولية لمعظم الأسمدة الفوسفاتية التجارية. مع ذلك فإنّ الحموضة وبعض الخواص الكيميائية الأخرى تجعل هذه المادة صعبة الإستعمال مباشرة. وعند تفاعل حامض الفسفوريك والأمونيا يُفقد الماء وبذلك فإنّ جزيئات الفوسفات المنفردة تبدأ بالترابط بعضها بالبعض الآخر لتشكل سماد الفوسفات المتعددة السائل.

إنّ جزيئة الفوسفات المنفردة تسمى اورثوفوسفات أما كلمة «متعدد» فتعزى إلى جزيئات الفوسفات المتضاعفة المرتبطة بسلسلة. وكل حالة ربط لجزيئات الفوسفات لها اسم معين اعتماداً على طول الرابطة، مع أنّ الفوسفات هو المصطلح العام الذي يشمل كل هذه الجزيئات المرتبطة.

إنّ أكثر الأسمدة الفوسفاتية شيوعاً هي امونيوم الفوسفات المتعددة والتي تحتوي على المكونات ($N–P_2O_5–K_2O$): (10–34–0) أو (11–37–0). إنّ أسمدة الفوسفات المتعددة تعطي الفائدة من توفر المحتوى الغذائي العالي بشكل سائل رائق وخالي من البلورات والذي يكون مستقراً ضمن مدى درجات حرارة واسعة وله مدة تخزينية طويلة. تُخلط عدد من العناصر الغذائية الأخرى بصورة جيدة مع أسمدة الفوسفات المتعددة، جاعلة منها ناقل ممتاز للعناصر الصغرى التي قد تحتاجها النباتات.



الخواص الكيميائية	درجة السماد القياسية	
الإسم	10–34–0	11–37–0
الكثافة، كجم/ لتر	1.39	1.43
pH	5.9	6.1

الإستخدام الزراعي. نصف إلى ثلاثة أرباع من P في سماد الفوسفات المتعددة يكون على هيئة سلاسل بوليميرية. أما المتبقي من P (اورثوفوسفات) فيكون جاهزاً مباشرة لإمتصاص النبات. إنّ سلاسل الفوسفات البوليميرية تتكسر أولياً إلى جزيئات الفوسفات البسيطة بواسطة انزيمات تنتجها الأحياء المجهرية وجذور النبات. إنّ بعض الفوسفات المتعددة تتحلل بدون انزيمات حيث تكون فعالية الأنزيم أسرع في الترب الرطبة والدافئة. عادة فإنّ نصف مركبات الفوسفات تتحول إلى اورثوفوسفات خلال اسبوع أو اسبوعين، أما تحت ظروف باردة وجافة فإنّ التحويل قد يأخذ مدة أطول.

لأنّ الأسمدة الفوسفاتية تحتوي على توليفة من كِلا الأورثوفوسفات والفوسفات المتعددة فإنّ النبات قادراً على استخدام هذا المصدر السمادي بكفاءة عالية جداً. إنّ معظم الأسمدة السائلة الحاوية على P تمتلك فوسفات متعددة امونيومية في تركيبتها. تُستخدم الأسمدة السائلة عادة في الإنتاج الزراعي ولكنها لا تُستخدم بصورة واسعة من قِبل أصحاب المنازل. والسوائل تكون ملائمة للمزارعين لسهولة مزجها مع عناصر غذائية وكيماويات أخرى حيث أن كل قطرة من السائل تكون متماثلة بالضبط. في معظم الأحيان فإنّ قرار استخدام أسمدة جافة أو سائلة يعتمد على سعر العناصر الغذائية ومفاضلة تداول السماد والممارسات الحقلية بدلاً من الفروقات الزراعية النوعية.

إدارة الممارسات العملية. أُستخدمت الفوسفات المتعددة الأمونيومية أولياً كمصدر لتغذية P للنباتات. ولأنّ P تكون حركته محدودة في معظم الترب فينبغي بذل الجهود عملياً لوضع المادة بالقرب من الجذور النامية وينبغي للممارسات المتخذة أن تقلل حركة P من التربة إلى المياه المجاورة. إنّ وجود كميات كبيرة من P في المياه السطحية يمكن أن يحفز نمو طحالب غير مرغوب فيها.

الإستخدامات غير الزراعية. إنّ الفوسفات هي مكون أساسي في تغذية الإنسان. وتمّ اعتماد الفوسفات كإضافات للغذاء حيث لم تتطلب احتياطات خاصة في تداولها واستعمالها. أُستخدمت مركبات الفوسفات المتعددة على نطاق واسع كمانع لهب على منتجات عديدة ومنها الخشب والورق والأنسجة والبلاستيك وأُستخدمت أيضاً كمثبطات تجارية لحرائق الغابات. تتضمن طريقة عملها في أنّ الفوسفات المتعددة الأمونيامية تكوّن طبقة متفحّمة بعد ابتداء الحريق وبذلك تمنع استمرار المزيد من النيران.

المصدر: http://www.ipni.net/specific

السوبر فوسفات الأحادية

نموذج 3.3.10 السوبر فوسفات الأحادية (SSP) كانت أول سماد معدني تجاري وأدّت إلى تطور صناعة العناصر الغذائية النباتية الحديثة. هذه المادة كانت احدى أكثر الأسمدة شيوعاً واستخداماً لكن حلت أسمدة P الأخرى على نطاق واسع بدلا من الـ SSP بسبب محتوى P المنخفض نسبياً لها.

الإنتاج. بدأت صناعة الأسمدة الحديثة في أربعينات القرن التاسع عشر (1840) بإكتشاف أنّ إضافة حامض الكبريتيك إلى الفوسفات المتكونة طبيعياً قد أنتجت سماد ذائب ممتاز وأُعطي اسم السوبرفوسفات. لقد أُستخدمت عظام الحيوانات المدفونة بالأرض في البداية في هذا التفاعل لكن الترسبات الطبيعية لصخر الفوسسفات (أبتايت) حلّ مباشرة محل العظام المتوافرة بدرجة محدودة. إنّ صناعة SSP مشابه إلى ما يحدث طبيعياً مع العظام والأبتايت في الترب الحامضية. لقد تغيرت التقنية الأساسية قليلاً جداً في القرن الماضي، فصخر الفوسفات الأرضي يتفاعل مع حامض الكبريتيك ليكون مادة شبه صلبة والتي يتم تبريدها لساعات عديدة في حجرات خاصة. إنّ المادة شبه البلاستيكية تُحوَل بعد ذلك إلى أكوام مخزّنة لعدة اسابيع للمعالجة الإضافية. بعد ذلك تُطحن المادة المتصلبة وتُنخل إلى حجم الجزيئات الملائمة أو لحجم الحبيبي. التفاعل الكيميائي العام هو:

صخر الفوسفات + حامض الكبريتيك ⟵ فوسفات الكالسيوم الأحادية + الجبس

$$Ca_3(PO_4)_2 + 2H_2SO_4 \longrightarrow Ca(H_2PO_4)_2 + 2CaSO_4$$

يمكن انتاج SSP بسهولة على نطاق ضيق لسد المتطلبات المحلية. ولأنّ SSP يحتوي على كلا فوسفات الكالسيوم الأحادية (MCP ويسمى فوسفات الكالسيوم ثنائية الهيدروجين) والجبس، فليس هنالك مشاكل في التخلص من الفوسفوجبسم كناتج عرضي كما يحدث في تصنيع أسمدة P الشائعة الأخرى.

يُعرف SSP أيضاً على أنه السويرفوسفات الإعتيادي والسوبرفوسفات الطبيعي. في بعض الأحيان يتم الخلط بينه وبين منتج السوبرفوسفات الثلاثية (TSP) والذي يُصنع من تفاعل صخر الفوسفات مع حامض الكبريتيك.

الخواص الكيميائية

محتوى P_2O_5	16 إلى 20%
محتوى Ca	18 إلى 21%
محتوى S	11 إلى 12%
pH المحلول	< 2

السوبرفوسفات ذو الحبيبات المنفردة

الإستخدام الزراعي SSP هو مصدر ممتاز لثلاث عناصر غذائية نباتية. إنّ المكوّن P يتفاعل في التربة بطريقة مشابهة للأسمدة الذائبة الأخرى ووجود كلا من P و S في SSP يمكن أن يكون ذو فائدة زراعية حيث يكون كِلا هذين العنصرين الغذائيين يشكلان نقصاً في التربة. لقد أثبتت دراسات زراعية بأنّ SSP يتفوّق على أسمدة P الأخرى وهذا عادة بسبب احتوائه على S و/أو Ca. عندما يتوفر SSP محلياً، فقد وُجد بأنّه ذو استخدام واسع في تسميد المراعي والتي فيها يكون P و S مطلوباً. وكمصدر وحيد إلى P تكون كُلفة الـ SSP أعلى من أكثر الأسمدة المركزة الأخرى وهذا أدى إلى انخفاض الإقبال على استعماله.

إدارة الممارسات العملية. لا يتطلب استخدام SSP محاذير زراعية خاصة في تداوله وفي فعاليته الزراعية فهو مشابه لأسمدة الفوسفات الجافة أو السائلة الأخرى.

إنّ فقدان P في الجريان السطحي من الحقول المسمّدة يمكن أن تساهم في إحداث مشاكل لنوعية المياه. لذلك فإنّ الممارسات الحقلية التي تقلل من هذا الفقدان ينبغي تطبيقها.

الإستخدامات غير الزراعية. يُستخدم SSP أساساً كمصدر غذائي للنبات. مع ذلك فإنّ MCP والجبس (المكونان الأوليان في SSP) أُستخدما على نطاق واسع في منتجات عديدة، ومثال على ذلك اضافة MCP عادة لإثراء غذاء الحيوان. لقد أُستخدم MCP أيضاً روتينياً كخميرة لغرض المعجنات والجبس أُستخدم بصورة واسعة في أعمال البناء إضافة في الغذاء والأدوية.

المصدر: http://www.ipni.net/specific

السوبر فوسفات الثلاثية

نموذج 3.3.11 السوبر الفوسفات الثلاثية (TSP) هي واحدة من أوائل أسمدة P التي أصبحت شائعة الإستخدام في القرن العشرين. تقنياً عُرفت على أنها فوسفات الكالسيوم ثنائية الهيدروجين أو فوسفات الكالسيوم الأحادية [$Ca(H_2PO_4)_2$]. وهي مصدر ممتاز لـ P لكن استخدامها انخفض عندما أصبحت أسمدة P الأخرى هي الأكثر شيوعاً.

الإنتاج. إنّ مفهوم انتاج TSP بسيط نسبياً حيث يُنتَج TSP غير المحبب عادة بتفاعل صخر الفوسفات المطحون ناعماً مع سائل حامض الكبريتيك في خلاط من النوع المخروطي. أما TSP الحبيبي فيُصنع بنفس الطريقة لكن يُرش المزيج الناتج كغلاف على الجزيئات الصغيرة لتكوين حبيبات من الحجم المرغوب به. إنّ المنتج في كلا الطريقتين يُترك ليجف لعدة أسابيع حيث تكتمل التفاعلات الكيماوية تدريجياً. إنّ كيميائية وعملية التفاعل تتباين بعض الشيء اعتماداً على خواص الصخر الفوسفاتي.

الخواص الكيميائية

الصيغة الكيميائية	$Ca(H_2PO_4)_2.H_2O$
محتوى P_2O_5	44 إلى 48%
محتوى Ca	13 إلى 15%
الذائبية بالماء	عموماً > 90%
pH المحلول	1 إلى 3

يتوفر سوبرفوسفات الثلاثي بشكل حبيبات (كما في الشكل) وشكل غير حبيبي

الإستخدام الزراعي. يمتلك TSP العديد من المزايا الزراعية والتي تجعله مصدر شائع للفسفور P منذ سنين عديدة فهو يمتلك أعلى محتوى للفسفور P في الأسمدة الجافة التي لا تحتوي N. إنّ أكثر من 90% من P الكلي في TSP ذائب مائياً لذلك يصبح جاهزاً لإمتصاص النبات بسرعة وبمجرد ذوبان حبيبة السماد فإنّ محلول التربة المركز يصبح حامضياً. يحتوي TSP أيضاً على 15% كالسيوم (Ca) وبذلك يوفر عنصراً آخر لتغذية النبات.

إنّ الإستخدام الرئيسي لـ TSP في الحالات التي يتم فيها مزج عدد من الأسمدة الصلبة مع بعضها البعض لنثرها على سطح التربة أو لإضافتها كحُزم مركّزة تحت السطح. وهي أيضاً مرغوب بها لتسميد المحاصيل البقولية مثل البرسيم أو الفاصوليا والتي لا تكون فيها حاجة لمزيد من التسميد النيتروجيني لتجهيز تثبيت N بيولوجياً.

إدارة الممارسات العملية. إنّ الإقبال على استخدام TSP قد انخفض لأنّ محتواه الغذائي ($N+P_2O_5$) هو أقل من أسمدة فوسفات الأمونيوم مثل فوسفات الأمونيوم الأحادية والتي بالمقارنة تحتوي على 11% N و 52% P_2O_5. إنّ كلفة إنتاج TSP يمكن أن تكون أعلى من فوسفات الأمونيوم، جاعلاً من الجدوى الإقتصادية في استخدام TSP أقل تفضيلاً في بعض الحالات.

ينبغي إدارة كل أسمدة P بطريقة تمنع فقدان P مع المياه السطحية الجارية من الحقول. إنّ فقدان الفسفور من الأرض الزراعية إلى المياه السطحية المجاورة يمكن أن يساهم في التحفيز غير المرغوب به في نمو الطحالب لذلك فإدارة الممارسات العملية الغذائية الصحيحة يمكن أن تقلل من هذا الخطر.

الإستخدامات غير الزراعية. إنّ فوسفات الكالسيوم الأحادية من المكونات الأساسية في خميرة الحلويات (البيكنج باودر). يتفاعل فوسفات الكالسيوم الأحادية الحامضي مع مكون قاعدي لإنتاج ثاني اوكسيد الكربون (الخميرة) للعديد من المنتجات المخبوزة. تضاف فوسفات الكالسيوم الأحادية عادة لغذاء الحيوان لإحتوائها على معادن تجهّزه بكِلا الفوسفات والـ Ca.

المصدر: http://www.ipni.net/specific

الصخر الفوسفاتي

نموذج 3.3.12 الإضافات الفوسفورية تكون مطلوبة في معظم مناطق العالم لتحسين خصوبة التربة وانتاج المحصول. قد توفر الإضافة المباشرة للصخر الفوسفاتي غير المعامل (PR) للتربة مصدر مهم لتغذية النبات في ظروف معينة ولكن هنالك عوامل ومحددات متعددة ينبغي أن توخذ بعين الإعتبار.

الإنتاج. يتم الحصول على الصخر الفوسفاتي من الترسبات الجيولوجية الموجودة حول العالم. المكوّن الأساسي للصخر الفوسفاتي هو معدن فوسفات الكالسيوم (ابتايت). فهو يُستخلص أولياً من الترسبات البحرية الرسوبية مع كمية قليلة تُستحصل من مصادر الصخور النارية. إنّ معظم PR يُستخرج من خلال التعدين السطحي مع أنّ البعض الآخر يُستخلص من المناجم الجوفية.

يتم أولاً فحص الخام وتزال بعض الشوائب بالقرب من موقع المنجم. يُستخدم معظم PR لإنتاج الأسمدة الفوسفاتية الذائبة لكن يُستخدم البعض الآخر لإضافته مباشرة للتربة. وبينما يمكن إلى (PR) أن يكون مصدر ذو قيمة للفسفور P للنباتات فهو ليس دائماً يكون ملائماً للإضافة المباشرة. تعتمد ملائمته جزئياً على الشوائب المعدنية الموجودة طبيعياً مثل الطين والكربونات والحديد والألمنيوم (Al). إنّ فعالية PR للإضافة المباشرة تقيّم مخبرياً بإذابة الصخر في محلول يحتوي على حامض مخفف لمحاكاة ظروف التربة. إنّ المصادر التي تصنف على أنها ذات تفاعل عالي هي الأكثر ملائمة للإضافة المباشرة للتربة.

إنّ الإستخدام المباشر إلى PR يُجنب المعاملات الإضافية المرافقة لتحويل الأبتايت لصيغة ذائبة. قد يؤدي الحدّ الأدنى لعملية التحويل للحصول على مصدر غذائي منخفض الكُلفة ويجعله مقبولاً لنظم انتاج المحاصيل العضوية.

الإستخدام الزراعي. عندما يضاف سماد P الذائب بالماء للتربة فإنه يذوب بسرعة ويتفاعل لتكوين مركبات قليلة الذائبية. وعندما يضاف PR للتربة فإنه يذوب ببطء ليحرر العناصر الغذائية تدريجياً. لكن معدل التحلل قد يكون بطيء جداً لدعم نمو نبات جيد في بعض الترب. لجعل فعالية PR مثالية ينبغي أخذ هذه العوامل بنظر الإعتبار:

- pH التربة: يتطلب PR ظروف تربة حامضية ليكون مصدر غذائي فعال. فإستخدام PR لا يُنصح به عادة عندما يتجاوز pH التربة 5.5. إنّ إضافة كربونات الكالسيوم (الكلس) لرفع pH التربة ولتقليل سميّة Al قد يُبطئ من تحلل PR.
- قدرة التربة على تثبيت P: إنّ تحلل PR يزداد مع القدرة العالية للتربة لتثبيت P (مثل محتوى الطين العالي).

- خواص التربة: الكالسيوم المنخفض والمادة العضوية العالية يؤديان إلى اسراع تحلل PR.
- مكان الإضافة: إنّ نثر PR وخلطه بالحراثة يُسرّع من التفاعل مع التربة.
- الصنف: بعض أصناف النبات يمكن أن تستخدم PR بصورة أفضل بسبب افرازها أحماض عضوية من الجذور إلى التربة المحيطة.
- وقت الإضافة: إنّ الوقت المطلوب لإذابة PR يستلزم إضافته قبل احتياج النبات له.

إدارة الممارسات العملية. ليس كل مصادر PR غير المعاملة مناسبة للإضافة المباشرة للتربة. إضافة لذلك فإنّ العديد من الترب غير مناسبة لإستخدام PR. إنّ محتوى P الكلي للمادة السمادية لا يكون مؤشر جيد لإحتمال تفاعله في التربة. على سبيل المثال فإنّ العديد من مصادر PR النارية عالية في P الكلي لكنها ذات تفاعلية منخفضة وتوفر الحد الأدنى لغذاء النبات لأنها تذوب ببطء شديد. على أية حال إنّ فطريات (المايكوريزا) قد تساعد في اكتساب P من المواد قليلة الذائبية في بعض البيئات.

إنّ أكثر من 90% من P يُحوّل إلى سماد P ذائب من خلال تفاعله مع الحامض. هذا يشابه التفاعل الكيماوي الذي يخضع له PR عندما يتفاعل مع حموضة التربة. إنّ الفعالية الزراعية والإقتصادية إلى PR يمكن أن تكافئ أسمدة P الذائبة بالماء في بعض الحالات، لكن ينبغي أن تؤخذ بالإعتبار الظروف الخاصة عندما يُتخذ هذا الخيار.

المصدر: http://www.ipni.net/specific

كلوريد البوتاسيوم

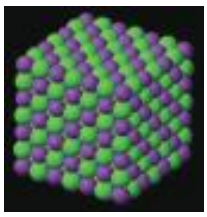
نموذج 3.3.13 تُستخدم أسمدة البوتاسيوم عادة للتغلب على نقص K في النبات. حينما لا يمكن للترب أن تجهِّز كمية K المطلوبة من قِبل المحاصيل فمن المهم تجهيز العنصر الغذائي النباتي الضروري هذا. كلوريد البوتاسيوم (KCl) المصدر الأكثر استخداماً يُعزى غالباً إلى كلوريد البوتاس أو MOP (مورات هو الإسم القديم لأي ملح يحتوي الكلوريد). يوجد البوتاسيوم دائماً في المعادن ككتأيون أحادي الشحنة (K^+).

الإنتاج. وُجدت ترسبات البوتاس المدفونة عميقاً في الأرض. فالمعدن السائد هو سلفايت (KCl) مخلوط مع معدن هلايت (كلوريد الصوديوم) والذي يشكل معدن مختلط يسمى سلفنايت. إنّ معظم معادن K يتم الحصول عليها من ترسبات بحرية قديمة وعميقاً تحت سطح الأرض. بعد ذلك تُنقل إلى وسائل معاملتها والتي فيها يُطحن الخام وتُفصل أملاح K عن أملاح الصوديوم. إنّ لون KCl يمكن أن يتباين من الأحمر إلى الأبيض اعتماداً على مصدر خام السلفنايت، وإنّ اللون الضارب إلى الحُمرة يأتي من الكميات الضئيلة لأوكسيد الحديد. ليس هنالك فروقات زراعية بين الأشكال الحمراء والبيضاء لـ KCl.

يُنتج بعض KCl بحقن ماء ساخن عميقاً داخل الأرض لإذابة معدن السلفنايت الذائبة وبعد ذلك ضخ المحلول الملحي إلى السطح والذي يتبخر عنده الماء. يُستخدم التبخير الشمسي للحصول على أملاح البوتاس الثمينة من الماء الملحي في البحر الميت والبحيرة الملحية العظمى (يوتا).

الخواص الكيميائية

الصيغة الكيميائية	KCl
تحليل السماد	0–0–60
محتوى K_2O	60–63%
محتوى Cl^-	45–47%
الذائبية بالماء (20مْ)	344 جم/ لتر
pH المحلول	تقريباً 7



كلوريد البوتاسيوم يحتوي نسبة واحد إلى واحد من العنصرين

الإستخدام الزراعي. كلوريد البوتاسيوم هو السماد الأكثر استخداماً على نطاق واسع بسبب كلفته المنخفضة نسبياً ولإحتوائه على K أعلى من أي مصدر آخر: 50 إلى 52% K، 60 إلى 63% K_2O و 45 إلى 47% Cl^-.

تُستخدم أكثر من 90% من إنتاج البوتاس العالمي لتغذية النبات. يُنثر غالباً كلوريد البوتاسيوم على سطح التربة قبل الحراثة والزراعة وقد يضاف أيضاً بحُزم مركزة قرب البذور. وبما أنّ إذابة السماد سيزيد تركيز الملح المذاب فإنّ KCl المضاف بشكل حُزم يُوضع بجانب البذور لتجنب ضرر تأثيرها على الإنبات.

يذوب كلوريد البوتاسيوم بسرعة في ماء التربة ويتم الإحتفاظ بـ K^+ على مواقع التبادل الكتأيوني السالبة الشحنة للطين والمادة العضوية. إنّ الجزء Cl^- سينتقل بسهولة مع الماء، والدرجة النقية جداً لـ KCl يمكن اذابتها في الأسمدة السائلة أو تضاف من خلال أنظمة الري.

كلوريد البوتاسيوم يتواجد بأشكال وبحجوم مختلفة

إدارة الممارسات العملية. يُستخدم كلوريد البوتاسيوم أولياً كمصدر K غذائي ومع ذلك هنالك مناطق تستجيب فيها النباتات بصورة جيدة لإضافة Cl^-. اعتيادياً فإنّ كلوريد البوتاسيوم هو المادة المفضلة لتلبية هذه المتطلبات. ليس هنالك تاثيرات نوعية على الماء أو الهواء المرافق لمعدلات الإضافة الطبيعية لـ KCl وقد تكون تراكيز الملح المرتفعة المحيطة بالسماد الذائب هو العامل الأهم لأخذه بالإعتبار.

الإستخدام غير الزراعي. البوتاسيوم ضروري لصحة الإنسان والحيوان ويجب أن يكون تناوله بإنتظام لأنّ الجسم لا يستطيع أن يخزّنه. يمكن استخدام كلوريد البوتاسيوم كبديل للأشخاص الذين يُحظر عليهم كلوريد الصوديوم في نظامهم الغذائي. لقد أُستخدم كعامل مذيب للثلوج وله قيمة تسميدية بعد ذوبان الثلوج. أُستخدم أيضاً لتنقية المياه عن طريق إستبدال الكالسيوم في المياه.

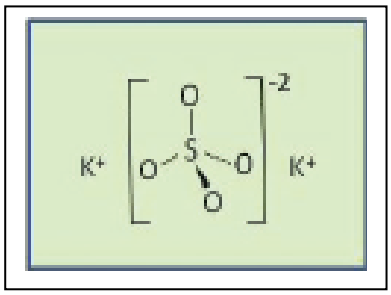
المصدر: http://www.ipni.net/specific

كبريتات البوتاسيوم

نموذج 3.3.14 يضاف عادة سماد البوتاسيوم لتحسين غلة ونوعية النباتات النامية في الترب التي تفتقر للتجهيز الكافي من العناصر الغذائية الضرورية. تأتي معظم أسمدة K من الترسبات الملحية القديمة في أرجاء العالم. إنّ كلمة "بوتاس" هي مصطلح عام في أغلب الأحيان يُعزى إلى كلوريد البوتاسيوم (KCl)، لكنها أيضاً تنطبق على كل الأسمدة الحاوية على K مثل كبريتات البوتاسيوم (K_2SO_4 والتي عادة تعزى إلى كبريتات البوتاس أو SOP).

الإنتاج. البوتاسيوم عنصر متوفر بكمية كبيرة نسبياً في القشرة الأرضية وإنتاج سماد البوتاس يحصل في كل قارة مأهولة. كما أنّ K_2SO_4 نادراً ما يوجد بصيغة نقية في الطبيعة وعوضاً عن ذلك فهو يكون مختلط طبيعياً مع الأملاح الحاوية على Mg، Na وCl^- وهذه المعادن تتطلب معاملات اضافية لفصل مكوناتها. تاريخياً يُصنع K_2SO_4 بتفاعل KCl مع حامض الكبريتيك. وعلى أية حال فقد أُكتشف أخيراً بأنه يمكن لعدد من المعادن الأرضية أن تتم معالجتها لإنتاج K_2SO_4 والآن هذه هي الطريقة الأكثر شيوعاً للإنتاج. على سبيل المثال إنّ المعادن الحاوية K طبيعياً (مثل الكنايت والشيونايت) يتم استخراجها وتُغسل بعناية بالماء والمحاليل الملحية لإزالة النواتج الثانوية وانتاج K_2SO_4. تُستخدم طريقة مشابهة لإستخراج K_2SO_4 من بحيرة الملح العظمى في يوتا ومن الترسبات المعدنية الجوفية.

في نيومكسيكو (امريكا) يُفصل K_2SO_4 من معادن (لانكبينايت) بتفاعلها مع محلول KCl والذي يُزيل النواتج الثانوية (مثل Mg) ويبقى K_2SO_4. تُستخدم تقنيات علاجية مشابهة في العديد من أرجاء العالم، وذلك بالإعتماد على سهولة الحصول على المواد الخام.



الخواص الكيميائية

الصيغة الكيميائية	K_2SO_4
محتوى K_2O	48–53%
محتوى S	17–18%
الذائبية بالماء (25°م)	120 جم/ لتر
pH المحلول	تقريباً 7

الإستخدام الزراعي. غالباً ما يكون تركيز K في التربة منخفض جداً لنمو جيد للنبات. تحتاج النباتات للبوتاسيوم لتكملة العديد من الوظائف الضرورية مثل تفعيل التفاعلات الأنزيمية وتركيب البروتينات وتكوين النشا والسكر وتنظيم تدفق الماء إلى الخلايا والأوراق.

تُعتبر كبريتات البوتاسيوم مصدراً ممتازاً لتغذية النباتات. إنّ جزء K في K_2SO_4 لا يختلف عن بقية الأسمدة البوتاسية الشائعة. ومع ذلك فهي توفر أيضاً مصدر مهم لـ S والذي في بعض الأحيان يكون أحد العناصر الناقصة لنمو النبات، والكبريت يكون مطلوباً في تركيب البروتين ووظائف الإنزيم. هنالك ترب ومحاصيل معينة ينبغي فيها تجنب اضافة Cl^- وحالات كهذه تجعل من K_2SO_4 مصدر مناسب جداً لعنصر K. تعادل ذائبية K_2SO_4 ثلث ذائبية KCl فقط، لذلك لا تتم إضافته مع مياه الري إلا إذا كانت هنالك حاجة لإضافة S.

تتوفر جزيئات السماد بحجوم عديدة. تُستخدم الجزيئات الناعمة (< 0.015 ملم) لعمل المحاليل للري أو للرش الورقي كونه يذوب سريعاً. إنّ الرش الورقي لـ K_2SO_4 مناسب لتزويد النبات بكميات إضافية من K و S. يجب الإنتباه أنّ الرش الورقي يمكن أن يحدث ضرر للورقة إذا كان التركيز عالي جداً.

إدارة الممارسات العملية. يُستخدم K_2SO_4 على الأغلب عندما تكون إضافة Cl^- من السماد الشائع KCl غير مرغوب فيه. إنّ المؤشر الملحي الجزئي لـ K_2SO_4 هو أقل من بعض أسمدة K الشائعة الأخرى، لذلك فإنه يعطي ملوحة أقل لكل وحدة من K. إنّ قياس الملوحة (EC) من محلول K_2SO_4 هو أقل من ثلث نفس التركيز من محلول KCl (10 ملي مول/لتر). وحينما تكون هنالك حاجة لمعدلات عالية من K_2SO_4 يُنصح عموماً بتقسيم الإضافة إلى دفعات متعددة وهذا يساعد على تجنب تراكم K الفائض في النبات وأيضاً يقلل من أي ضرر ملحي محتمل.

المصدر: http://www.ipni.net/specific

كبريتات المغنيسيوم البوتاسية (لانجبينايت Langbeinite)

نموذج 3.3.15 لانجبينايت هو مصدر فريد من نوعه لتغذية النبات كونه يربط طبيعياً ثلاثة عناصر غذائية ضرورية في معدن واحد. وهو يوفر تجهيز متاح بسهولة لكل من K، Mg و S للنباتات.

الإنتاج. لانجبينايت هو مادة جيولوجية مميزة موجودة في بضع مناطق من العالم فحسب. تأتي التجهيزات التجارية من لانجبينايت من مناجم تحت الأرض بالقرب من نيومكسيكو (الولايات المتحدة الأمريكية) والذي في البداية تمّ استخراجه منها تجارياً في الثلاثينات. هذه الترسبات تكونت منذ ملايين السنين عندما تُركت أنواع من الأملاح، بضمنها لانجبينايت، بعد تبخر قاع المحيط القديم حيث دُفنت هذه الترسبات الملحية عميقاً تحت مئات الأمتار من الرواسب. يتم استخراج ترسبات لانجبينايت حالياً بالآت حفر ضخمة حيث يتم غسلها من الشوائب وبعد ذلك تُطحن لحجوم جزيئات مختلفة. يُعتبر لانجبينايت سماد بوتاسي (أو حاوي K) بالرغم من احتوائه أيضاً على Mg و S المهمة. إنّ الكميات الضئيلة من شوائب اوكسيد الحديد تعطي بعض جزيئات لانجبينايت اللون الأحمر.

الخواص الكيميائية

الصيغة الكيميائية	$K_2SO_4.\ 2MgSO_4$
محتوى K_2O	%22–21
محتوى Mg	%11–10
محتوى S	%22–21
الذائبية بالماء (20°م)	240 جم/ لتر
pH المحلول	تقريباً 7

الإستخدام الزراعي. يُعتبر لانجبينايت سماد شائع خصوصاً عندما تكون عدة عناصر غذائية مطلوبة لتوفير تغذية كافية للنبات. وله ميزة احتوائه على K، Mg و S كلها في جزيئة واحدة والذي يساعد في توفير توزيع متجانس للعناصر الغذائية عند نثرها في الحقل. وبسبب الجانب الإقتصادي فإنّ لانجبنايت قد لا يُوصى به ليلبي كل متطلبات K للمحصول، وعوضاً عن ذلك فإنّ معدل الإضافة قد يكون معتمداً على الإحتياج إلى Mg و/أو S. إنّ لانحبينايت هو ذائب كلياً بالماء ولكنه أبطأ ذوباناً من بعض أسمدة K الشائعة الأخرى لأنّ جزيئاتها أعلى كثافة من مصادر K الأخرى. وعليه فهو غير مناسب لإذابته وإضافته من خلال أنظمة الري إلا في حالة المطحون ناعماً. وهو يمتلك pH متعادل ولذلك فهو لا يساهم في حموضة التربة أو مكوناتها وهذا يختلف عن مصادر Mg الشائعة الأخرى (مثل الدولومايت) والذي يرفع من pH التربة وعن عنصر S أو كبريتات الأمونيوم والتي تخفض pH التربة. غالباً يُستخدم في حالات يكون فيها السماد الخالي من Cl^- مرغوباً كما هو الحال مع المحاصيل الحساسة إلى Cl^- (بعض الخضراوات ومحاصيل أشجار معينة). إنّ لانجبينايت هو سماد وفير بالعناصر الغذائية مع مؤشر ملحي منخفض نسبياً. وفي ضوء ذلك فإنّ مصادر لانجبينايت محددة وتقتضي التصريح لإستخدامها في إنتاج المحاصيل العضوية في بعض الدول.

عملية التعدين الجوفي في المناجم

إدارة الممارسات العملية. لانجبينايت ليس فيه شروط ومحاذير لإستخدامه بيئياً وغذائياً عند استخدامه بمعدلات زراعية اعتيادية. يتم بيع صيغة واحدة من لانجبينايت كمصدر مصنف لإستخدامه كأعلاف غذائية إلى K و Mg و S للحيوانات والدواجن. كل هذه العناصر الغذائية الثلاثة مطلوبة لتغذية الحيوان وكل منها لها دور أيضي معين لصحة حيوان مثالية. هذه المادة الغذائية قد تمّ الإعتراف على أنها آمنة من قِبل المؤسسات الحكومية. وكما هو الحال مع كل العناصر الغذائية النباتية ينبغي متابعة أفضل إدارة الممارسات العملية للإستخدام الصحيح لهذا المصدر وينبغي مثلاً أن يتم توافق حجم معين للجزيئات مع احتياج معين.

الإستخدام غير الزراعي. ليس هنالك تطبيقات صناعية رئيسية تخص لانجبينايت خارج النطاق الزراعي.

المصدر: http://www.ipni.net/specific

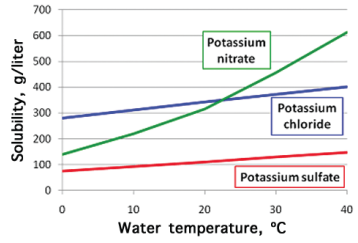
نترات البوتاسيوم

نموذج 3.3.16 نترات البوتاسيوم (KNO_3) هي مصدر ذائب لنوعين رئيسيين من العناصر الغذائية النباتية الضرورية. تُستخدم عادة كسماد للمحاصيل ذات القيمة العالية والتي تستفاد من التغذية بالنترات (NO_3^-) ومصدر للبوتاسيوم (K^+) الخالي من الكلور (Cl^-).

الإنتاج. يُصنع سماد نترات البوتاسيوم (بعض الأحيان يُعزى إلى نترات البوتاس بـ NOP) اعتيادياً بتفاعل كلوريد البوتاسيوم (KCl) مع مصدر للنترات. واعتماداً على الأهداف والمصادر المتوفرة فإنّ النترات قد تأتي من نترات الصوديوم، حامض النتريك أو نترات الأمونيوم. إنّ KNO_3 الناتج من عمليات التصنيع يكون متماثلاً بغضّ النظر عن عملية التصنيع. يُباع نترات البوتاسيوم عادة بشكل مادة بلورية ذائبة مائياً بقصد إذابتها وإضافتها بالماء أو بشكل حبيبات لإضافتها بالتربة.

الخواص الكيميائية

الصيغة الكيميائية	KNO_3
محتوى N	%13
محتوى K2O	%46–44
الذائبية بالماء (20°م)	316 جم/ لتر
pH المحلول	7 إلى 10



ذائبية بعض أسمدة K الشائعة بالماء

الإستخدام الزراعي. يكون استخدام KNO_3 مرغوباً خصوصاً في ظروف تكون فيها الحاجة لمصدر غذائي عالي الذائبية وخالي من الكلور. فمجمل N يكون جاهز مباشرة لإمتصاص النبات كنترات بحيث لا يتطلب أي نشاط ميكروبي وتحويل إضافي في التربة. ويفضل المزارعون المهتمون بالخضراوات ذات القيمة العالية ومحاصيل الفاكهة أحياناً استخدام مصدر ذو أساس نترات للتغذية في جهودهم لتعزيز الغلة والنوعية. يحتوي نترات البوتاسيوم كمية عالية نسبياً من K بنسبة N إلى K تقريباً 3:1. إنّ العديد من المحاصيل لها متطلبات عالية من K ويمكنها أن تمتص من التربة كمية من K تعادل نفس الكمية أو أكثر من N عند الحصاد.

يمكن اجراء اضافات KNO_3 للتربة قبل موسم النمو أو كإحتياج تكميلي خلال موسم النمو حيث يُرش في بعض الأحيان بشكل محلول مخفف على أوراق النبات لتحفيز العمليات الفسيولوجية أو للتغلب على نقص العناصر الغذائية. إنّ الإضافة الورقية لـ K خلال تكوين الثمار يمكن أن يكون ذو فائدة لبعض المحاصيل لأنّ هذه المرحلة للنمو غالباً ما تتطابق مع الطلب العالي لـ K خلال فترة انخفاض فعّالية الجذور وامتصاص العناصر الغذائية. وهذه الاضافة تُستخدم أيضاً لإنتاج نباتات البيوت البلاستيكية والزراعة المائية.

بلورات وحبيبات KNO_3

إدارة الممارسات العملية. إنّ كُلا من N و K مطلوبان للنباتات لدعم نوعية النبات وتكوين البروتين ومقاومة الأمراض وكفاءة استخدام الماء. وعليه غالباً ما تكون اضافة KNO_3 للتربة أو من خلال نظام الري خلال موسم النمو لدعم النمو الجيد والصحي للنبات. يُمثل سماد نترات البوتاسيوم جزءاً صغيراً فقط من سوق سماد K العالمي وهو يُستخدم بدرجة أساسية أينما تكون مكوناته وخواصه قادرة على توفير منفعة خاصة للمزارعين حيث من السهل تداوله وإضافته وهو يتوائم مع العديد من الأسمدة الأخرى. إنّ هذا ينطوي على إستخدامه في العديد من المحاصيل بالخصوص ذات القيمة العالية بالإضافة إلى المحاصيل الحبوبية والليفية.

تسمح الذائبية العالية نسبياً لـ KNO_3 تحت الظروف الحارة إنتاج محاليل أكثر تركيزاً من أسمدة K الشائعة الأخرى ويستدعي الأمر إدارة مياه جيدة للحفاظ على النترات من انتقالها إلى ما تحت المنطقة الجذرية.

الإستخدامات غير الزراعية. لقد أُستخدمت نترات البوتاسيوم لفترة طويلة للألعاب النارية والبارود ويُستخدم الآن على نطاق واسع في الغذاء للمحافظة على نوعية اللحوم والأجبان. إنّ بعض معاجين الأسنان الخاصة تحتوي KNO_3 لتخفيف حساسية الأسنان. يُستخدم خليط من KNO_3 ونترات الصوديوم ($NaNO_3$) للخزن الحراري لأجهزة الطاقة الشمسية.

المصدر: http://www.ipni.net/specific

كيسيرايت Kieserite

نموذج 3.3.17 كيسيرايت هو معدن متكون طبيعياً والذي يُعرف كيميائياً على أنه كبريتات المغنيسيوم المتبلور مع جزيء ماء واحد ($MgSO_4.H_2O$) وهو يُستخرج من الترسبات البحرية الجيولوجية ويوفر مصدر ذائب لكل من Mg و S لتغذية النبات.

الإنتاج. يُستحصل كيسيرايت بدرجة رئيسية من الترسبات الجوفية العميقة للمعادن في ألمانيا. وهو موجود في بقايا المحيطات القديمة والتي تبخرت والآن هي مدفونة تحت سطح القشرة الأرضية. هذه الموارد المعدنية تحتوي على مختلف العناصر الغذائية النباتية الثمينة. تُجلب المادة الخام إلى السطح وعندها يتم فصل أملاح المغنيسيوم من أملاح البوتاسيوم والصوديوم بإستخدام العملية الإلكتروستاتيكية (ESTA) الجافة المبتكرة.

تُباع بلورات كيسيرايت الناعمة بهدف الإضافة المباشرة للتربة أو يتم تحويلها الى حبيبات ذات جزيئات أكبر والتي تكون ملائمة أفضل للسماد الذي يُنثر ميكانيكيا أو يُخلط بكميات كبيرة مع الأسمدة الأخرى.

الخواص الكيميائية

الصيغة الكيميائية	KNO_3
محتوى N	%13
محتوى K2O	%46–44
الذائبية بالماء (20°م)	316 جم/ لتر
pH المحلول	7 إلى 10

كيسيرايت حبيبي كيسيرايت ناعم

الإستخدام الزراعي. يوفر كيسيرايت صيغة عالية التركيز لنوعين من العناصر الغذائية النباتية الضرورية Mg و S. ولأنّ إضافات كيسيرايت ليس له تأثيرات أساسية على pH التربة، فيمكن تجهيزه لكل أنواع الترب بغضّ النظر عن pH التربة. عادة يُستخدم قبل أو خلال موسم النمو لمواجهة المتطلبات الغذائية للمحاصيل، وبسبب ذائبيته العالية فهو يُستخدم لتوفير كل من Mg و S خلال فترات الذروة لإحتياج المحصول. وبما أنّ كيسيرايت هو معدن أرضي مستخرج من ترسبات متكونة طبيعياً فقد أصبح مسموحاً أن يكون مصدر للعنصر الغذائي العضوي من قِبل مؤسسات التصريح للأسمدة العضوية. يُستعمل كيسيرايت بذاته كسماد ورقي أو في أنظمة التسميد مع الري ولكنه يُستخدم كمادة خام في انتاج ملح إبسوم Epsom ($MgSO_4.7H_2O$) والذي يكون ذائب كلياً ومناسب لكل من التسميد مع مياه الري والإضافة الورقية.

عمليات التعدين لإستخراج الكيسيرايت

إدارة الممارسات العملية. إنّ العديد من الترب تكون منخفضة بمحتواها من Mg وتتطلب عناصر غذائية تكميلية لدعم غلة المحصول ونوعيته. فالترب خشنة النسجة والترب ذات pH المنخفض (مثل الترب الإستوائية المتجوية بشدة) تتصف غالباً بتجهيز منخفض من Mg للنباتات. تحت هذه الظروف يكون كمتطلب سابق أن يُرفع محتوى Mg في التربة بواسطة التسميد المناسب.

إنّ تجزئة اضافات Mg إلى دفعتين أو أكثر هو مايُوصى به في مناطق ذات أمطار شديدة لكي يتم تجنب فقدانه بالغسل. أما الترب في المناخات المعتدلة وبمحتوى طين عالي قد تمتلك محتوى Mg أعلى وغالباً اقل عُرضة لفواقد الغسل.

إنّ معدلات اضافة Mg تختلف اعتماداً على عوامل عديدة مثل متطلبات محصول معينة، وكمية الإزالة خلال عمليات الحصاد، وقابلية معادن التربة على تحرير ما يكفي من Mg بالوقت المناسب لدعم غلة المحصول ونوعيته. تكون معدلات إضافة كيسيرايت إعتيادياً بمدى 200 إلى 300 كجم/هكتار للعديد من المحاصيل. إنّ المتطلبات الإضافية من Mg و S خلال فترة احتياج الذروة للمحصول يمكن تلافيه بالإضافة الورقية للمواد مثل ملح إبسوم أو من مجموعة مصادر غذائية ذائبة.

المصدر: http://www.ipni.net/specific

الكبريت

نموذج 3.3.18 يتوزع الكبريت على نطاق واسع في أرجاء العالم وبأشكال عديدة. في بعض الترب لا يوجد S كافي لإحتياج المحاصيل وهنالك العديد من المنتجات السمادية الممتازة الحاوية على S والتي يمكن استعمالها لمعالجة النقص أينما يحدث.

الإنتاج. يتوفر عنصر الكبريت بكثرة نسبياً في القشرة الأرضية وقد تم استخلاصه كعنصر كبريت نقي من الترسبات البركانية والقباب الملحية. أما حالياً فيُستحصل عادة كمنتج مشترك من معالجة الوقود الأحفوري. إنّ الفحم والبترول الخام والغاز الطبيعي تحتوي اعتيادياً بين 0.1% و 4% من S والذي يُعزل خلال عملية التصفية أو تنقية الغازات المحترقة. تُستخدم أنواع من المعادن الأرضية الشائعة كمصادر لـ S لغرض الزراعة.

يمتلك عنصر S درجة انصهار منخفضة نسبياً (115°م) لذلك فهو غالباً ما يُنقل ويتم تداوله بالحالة السائلة الساخنة حتى يتم تحويله إلى المنتج النهائي. يُحوّل غالبية منتج S عالمياً إلى حامض الكبريتيك (H_2SO_4) لمزيد من المعالجة حيث أنّ الإستخدام الرئيسي لحامض الكبريتيك هو إنتاج سماد الفوسفات.

مصادر الكبريت الشائعة

غير– الذائب	عنصر S
شبه– الذائب	الجبس (15 إلى 17% S)
الذائب	كبريتات الأمونيوم (24% S)؛ ملح ابسوم (13% S)
	كيسيرايت (23% S)؛ لانجبينايت (22% S)
	كبريتات البوتاسيوم (18% S)؛ ثايوسلفايت (10 إلى 26% S)

أقراص الكبريت تحتوي كميات قليلة من الطين لتشجيع الإنتشار والأكسدة

عنصر الكبريت

الإستخدام الزراعي. إنّ عنصر S ليس ذائب مائياً ويجب أن يُؤكسد بواسطة بكتيريا التربة (ثايوباسيليز) إلى كبريتات (SO_4^{2-}) قبل أن يُمتص بواسطة جذور النبات. والتفاعل العام في التربة هو: $2S + 3O_2 + 2H_2O \rightarrow 2H_2SO_4$. يتم التحكم بسرعة العملية الميكروبية بواسطة العوامل البيئية مثل درجة حرارة التربة والرطوبة بالإضافة إلى الخواص الفيزيائية لـ S.

تستخدم النباتات غالباً وحصرياً الكبريتات كمصدرها الأولي للتغذية، حيث تتحول إلى مكونات ضرورية عديدة مثل البروتينات والإنزيمات. لقد أُستخدمت طرق متنوعة لتشجيع تحويل عنصر S إلى كبريتات جاهزة للنبات. إنّ سرعة أكسدة عنصر S مرتبط مباشرة بحجم الجزيئة، حيث أنّ الجزيئات الأصغر تمتلك مساحة سطحية أعلى لتعمل عليه بكتيريا التربة. وعليه فإنّ جزيئات S الكبيرة قد تحتاج أشهر أو سنين من الفعل البايولوجي قبل أكسدة كميات نوعية من الكبريتات. أما الجزيئات الناعمة وبحجم الغبار فهي تتأكسد بسرعة لكن ليس من السهل إضافتها.

أحد الطرق لتحسين معدل أكسدة S هي إضافة كمية قليلة من الطين إلى S المنصهر قبل تبريده وتكوين حبيبات صغيرة (أقراص). وعند إضافتها إلى التربة ينتفخ الطين بالماء وتتفتت الأقراص إلى جزيئات ناعمة والتي تتأكسد بسرعة.

يمكن مزج طبقات رقيقة جداً من عنصر S خلال تصنيع حبيبات السماد. إنّ هذا S يتأكسد بسرعة ويصبح جاهزاً لإمتصاص النبات وهذا التفاعل يمكن أن يكون له تأثير إيجابي على جاهزية النبات لبعض العناصر الصغرى مثل الزنك (Zn) والحديد (Fe) والذي يصبح أكثر ذوباناً بإنخفاض pH. إنّ عنصر S المطحون ناعماً يضاف في بعض الأحيان للمعلق السمادي. يُستخدم عنصر S على نطاق واسع كمبيد فطري لحماية المحصول، حيث ينبعث كبريتيد الهيدروجين السام من التفاعل بين عنصر S والنسيج الفطري الحي. يُستخدم عنصر S وحامض الكبريتيك عادة في استصلاح الترب الحاوية على الصوديوم بكميات كبيرة وفي معالجة بعض مياه الري.

إدارة الممارسات العملية. يتوفر الكبريت بأشكال مختلفة لمواجهة المتطلبات النباتية المهمة. يضاف عنصر الكبريت عموماً بوقت مبكر من احتياج النبات بهدف تضمين فترة الفارق الزمني للأكسدة البكتيرية والتحول إلى كبريتات. ولأنّ الكبريتات هي أيون سالب (أنأيون) فهي عُرضة للفقدان بالغسل كما هي النترات. على أية حال ليس هنالك تأثيرات بيئية سلبية تترافق مع التركيزات المثالية للكبريتات في الماء.

الإستخدامات غير الزراعية. يُستعمل الكبريت بصورة واسعة في العديد من المنتجات الإستهلاكية وفي التطبيقات الصناعية ومن الشائع تحويله إلى كبريتات لإستخدامها في الألبسة والمطاط والمنظفات والورق.

المصدر: http://www.ipni.net/specific

الثيوسلفات

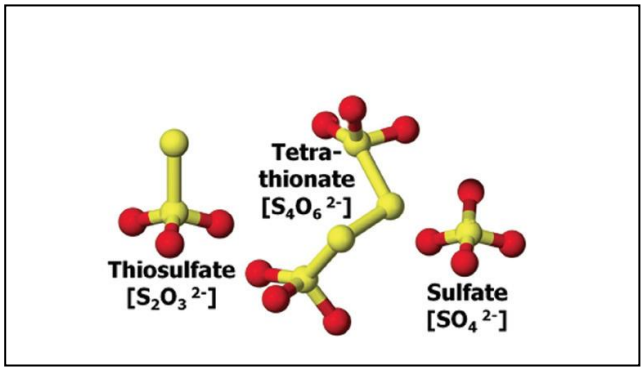
نموذج 3.3.19 أسمدة الثيوسلفات ($S_2O_3^{2-}$) هي سوائل نقية والتي توفر مصدر S ويمكن استخدامها في حالات متنوعة. أيضاً فهي تحوي على عناصر غذائية أخرى بضمنها N كأمونيوم (ATS)، بوتاسيوم (KTS)، كالسيوم (CaTS) أو مغنيسيوم (MgTS).

الإنتاج. إنّ ATS هو السماد السائل الأكثر شيوعاً بالإستعمال ويحتوي على S ويُصنع بواسطة تفاعل ثاني اوكسيد الكبريت وعنصر S والأمونيا المائية. تُنتج أسمدة الثيوسلفات السائلة الشائعة الأخرى بطريقة مماثلة.

إنّ الثيوسلفات ذائبة بدرجة كبيرة بالماء وهي تتوافق مع العديد من الأسمدة السائلة. تُخلط عادة ATS مع نترات امونيوم اليوريا (UAN) لإنتاج السماد ذات الإستخدام الشائع 5–0–0–28 (5% S).

الخواص الكيميائية

الصيغة	الإسم الشائع	محتوى العنصر الغذائي	الكثافة كجم/ لتر	pH
$(NH_4)_2S_2O_3$	ATS	N %12؛ S %26	1.34	7 إلى 8.5
$K_2S_2O_3$	KTS	K_2O %25؛ S %17	1.46	7.5 إلى 8
CaS_2O_3	CaTS	C %16 ؛ S %10	1.25	6.5 إلى 8
MgS_2O_3	MgTS	Mg %4؛ S %10	1.23	6.5 إلى 7.5



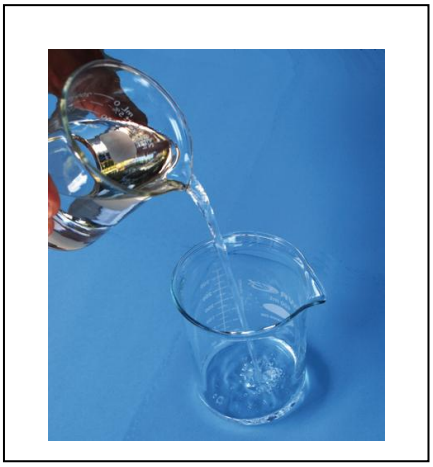
الإستخدام الزراعي. بعد إضافته للتربة، يتفاعل معظم الثيوسلفات بسرعة لتكوين تتراثيونيت والتي بدورها تتحول إلى كبريتات. إنّ الثيوسلفات عموماً غير جاهزة للإمتصاص من قِبل النبات إلى أن تتحول إلى كبريتات. في الترب الدافئة هذه العملية تكتمل لحد كبير خلال أسبوع أو أسبوعين.

إنّ الثيوسلفات عامل مختزل كيميائي وأيضاً ينتج حموضة بعد أكسدة S وبسبب هذه الخواص فإنّ لجزيئة الثيوسلفات تأثيرات فريدة على كيمياء وأحياء التربة. على سبيل المثال قد تبين أنّ اضافة حُزمة من ATS قد حسّن من ذائبية بعض العناصر الصغرى. يجب أن يتم اتباع الدليل الإرشادي المحلي عندما تُستخدم الإضافات القصوى من الثيوسلفات لوضعها في خط زراعة البذور.

يمكن للثيوسلفات أن يبطئ من تحلل اليوريا وتحويل اليوريا إلى امونيوم (NH_4^+) وتقلل فواقد غاز الأمونيا (NH_3) عندما تُخلط كميات كافية من ATS مع UAN. هذا التأثير المثبط على الأرجح هو بسبب تتراثيونيت قبل تحوله إلى كبريتات وليس بسبب الثيوسلفات بذاته. والنترجة (تحويل NH_4^+ إلى نترات) أيضاً كانت بطيئة بوجود ATS. ومع أنّ pH الإبتدائي لأسمدة الثيوسلفات قريبة من التعادل فإنّ الثيوسلفات يتأكسد ليكوّن حامض الكبريتيك و NH_4^+ وبوجود ATS يتكوّن حامض النتريك، وذلك يؤدي الى تكوين حموضة خفيفة للتربة في منطقة الإضافة.

قد تضاف أسمدة الثيوسلفات من خلال جميع أنظمة الري وإنّ العديد منها تُستخدم في رش الاوراق لتوفير مصدر سريع لتغذية النبات (لا يُوصى به مع ATS).

إدارة الممارسات العملية. لوحظ نقص الكبريت في المحاصيل حول أرجاء العالم. إنّ الثيوسلفات هو مادة سمادية ثمينة لأنها سهلة التداول والإضافة، وتتطلب احتياطات أمان قليلة جداً وهي تتوافق (تتوائم) مع الأسمدة الشائعة الأخرى. مع ذلك ينبغي عدم خلط هذه الأسمدة مع محاليل عالية الحموضة لأنّ هذا سيسبّب تحلل جزيئة الثيوسلفات وما يترتب عليه من تحرير غاز ثاني اوكسيد الكبريت الضار.



الإستخدام غير الزراعي. تُستعمل مواد الثيوسلفات في تطبيقات صناعية متنوعة. ففي معالجة التصوير الفوتوغرافي تُستعمل لربط ذرات الفضة الموجودة في الفيلم أو الورقة. يُستعمل ثيوسلفات الصوديوم في أنظمة معالجة المياه لإزالة الكلورين. وهو أيضاً يُستخدم لإستخلاص الذهب كونه يشكل معقد قوي مع هذا المعدن في عملية غير سامة.

المصدر: http://www.ipni.net/specific

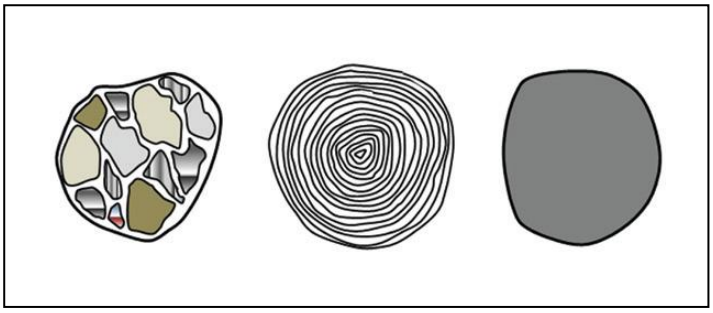
السماد المركب

نموذج 3.3.20 تتطلب العديد من الترب إضافة عناصر غذائية ضرورية عديدة لتخفيف النقص في النبات. قد يمتلك المزارعون الخيار في اختبار توليفة من الأسمدة بعنصر غذائي واحد أو إستخدام سماد يمتلك عدة عناصر غذائية مرتبطة ببعضها في كل جزيئة سماد. إنّ هذه التوليفة من الأسمدة (مركبة أو معقدة) يمكن أن تقدم مزايا منها ملائمتها في الحقل والإدخار الإقتصادي وسهولة تلبية الإحتياجات الغذائية للمحصول.

الإنتاج. تُصنع الأسمدة المركبة بإستخدام المواد السمادية الأساسية مثل NH_3، فوسفات الأمونيوم، اليوريا، S وأملاح K. أُستخدمت عدة طرق لتصنيع هذه الأسمدة بعمليات تصنيع معينة يحددها توفر المكونات الأساسية ومحتوى العنصر الغذائي المرغوب به في المنتج النهائي. هنا نذكر أربعة أمثلة وبإيجاز.

- **طرق الضغط (التكتيل):** تتضمن ربط جزيئات سمادية صغيرة بعضها بالبعض الآخر بإستخدام الضغط وعامل رابط أو رابطة كيميائية. يتم الربط بنسب عناصر غذائية مختلفة بإستخدام جزيئات صغيرة والتي قد لا تناسب الإستخدامات الأخرى.

- **الأسمدة على أساس الاضافة:** يتم تصنيعها بتكرار إضافة غشاء رقيق لمزيج العنصر الغذائي السائل والذي يتم تجفيفه بإستمرار، حيث تتكون طبقات متعددة إلى أن يتم الوصول إلى حجم الحبيبة المرغوبة.

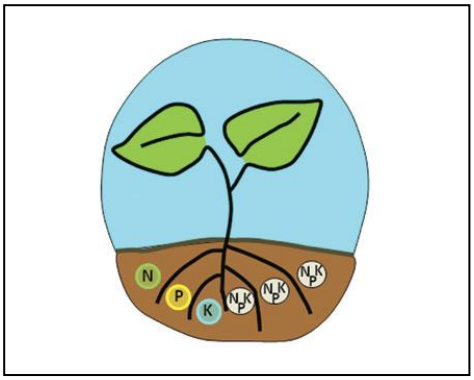


- **المفاعلات الأنبوبية:** تُستخدم لصهر NH_3 كيميائياً وحوامض تحتوي على S أو P وعناصر غذائية أخرى (مثل مصادر K والعناصر الغذائية الصغرى) إلى سماد صلب بالمحتوى الغذائي المرغوب.

- **عملية النتروفوسفات:** تتضمن تفاعل الصخر الفوسفاتي مع حامض النتريك لتكوين خليط مركب يحتوي على N وP. إذا أضيف مصدر لـ K خلال العملية سينتج عن ذلك سماد صلب يحتوي على N ، P و K.

الإستخدام الزراعي. يحتوي السماد المركب على عناصر غذائية متعددة في كل حبيبة منفردة من السماد. هذا يختلف عن المزيج الناتج من أسمدة مخلوطة بعضها مع البعض للوصول إلى مكون غذائي بالمعدل المرغوب. هذا الفرق يتيح للسماد المركب ليُنثر وبذلك فإنّ كل حبيبة تقدم خليط من العناصر الغذائية عند ذوبانها بالتربة حيث يُستبعد إحتمال تكتل المصادر الغذائية خلال عملية النقل أو الإضافة. ويمكن الوصول إلى توزيع متجانس للعناصر الغذائية الصغرى في المنطقة الجذرية عند ادخالها في الأسمدة المركبة. هذه الأسمدة تكون فعالة بالخصوص عند إضافتها كدفعة أولية غذائية ما قبل الزراعة.

هنالك نسب معينة للعناصر الغذائية متوفرة عند تجار الأسمدة لترب ولظروف محصول معينة. هذه الطريقة تقدم ميزة البساطة في اتخاذ قرارات السماد المركب، ولكنها لا تسمح بالمرونة لمزج الأسمدة لتلبية متطلبات معينة للمحصول. غالباً ما يجد المهتمون بإدارة المروج وأصحاب المنازل بأنّ الأسمدة المركبة هي المرغوبة.



إدارة الممارسات العملية. تكون الأسمدة المركبة أحيانا أكثر كُلفة من التوليفة السمادية أو المزج الفيزيائي لمصادر الأسمدة الأولية كونها تتطلب معاملات إضافية. مع ذلك عند الأخذ بالإعتبار لكل العوامل المتعلقة بتداول السماد واستخدامه فإنّ الأسمدة المركبة قد تقدم مزايا كثيرة.

إنّ النيتروجين هو العنصر الغذائي الشائع والمهم إدارته بتأنٍ ورويّة وإعادة إضافته بدقة خلال موسم النمو. وقد لا يكون ممكناً تجهيز كمية كافية من N قبل الزراعة لمواجهة المتطلبات الكلية (بإستخدام السماد المركب فقط) دون التجاوزفي كمية بعض العناصر الغذائية الأخرى. قد يُنصح بإستخدام السماد المركب في بداية موسم النمو وفيما بعد يضاف فقط سماد N كلما دعت الحاجة.

تُنتَج عادة الأسمدة المركبة مناطقياً لمواجهة احتياج المحصول محلياً. هنالك مدى واسع من الخواص الكيميائية والفيزيائية والتي يمكن تعديلها لتلبية هذه الإحتياجات. على سبيل المثال الرغبة في تقليل P في جريان مياه الامطار الغزيرة في المناطق الحضرية أدّى في بعض المجتمعات الى تقييد إضافات P للأسمدة المركبة المباعة لغرض النباتات العشبية والزينة. إنّ الترب لمنطقة ما والتي تعاني من نقص في عنصر غذائي معين قد تحصل على العنصر الموجود داخل السماد المركب.

الخواص الكيميائية. تتباين الصيغ الكيميائية بدرجة كبيرة. تشمل الأسمدة المركبة الشائعة: 10–10–10، 12–12–12، 17–17–17، 14–7–21، والعديد من الصيغ الأخرى.

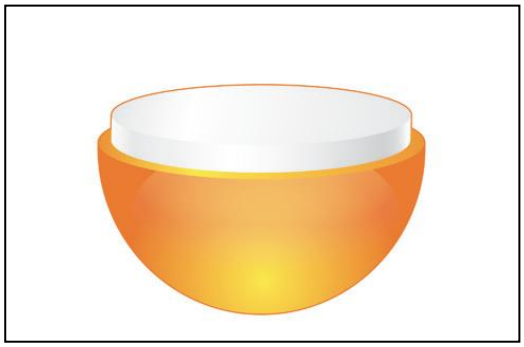
المصدر: http://www.ipni.net/specific

السماد المغلف Coated Fertilizer

نموذج 3.3.21 أضيفت أنواع عديدة من المغلفات الى جزيئات السماد للسيطرة على ذائبيتها في التربة. إنّ السيطرة على معدل اطلاق العنصر الغذائي يمكن أن يقدم مزايا متعددة بيئية واقتصادية وانتاجية.

الإنتاج. أُستخدمت مواد مختلفة لتكون أغلفة للأسمدة الذائبة. ومن المعتاد إضافة الأغلفة للسماد الحبيبي أو القرصي ولكنها تُستخدم في بعض الأحيان على الأسمدة بعناصر غذائية متعددة. ولأنّ اليوريا تمتلك محتوى N هو الأعلى من بين الأسمدة الذائبة الأخرى فهي المادة الأساس لمعظم الأسمدة المغلفة.

إنّ عنصر الكبريت (S) هو أول غلاف سمادي أُستخدم على نطاق واسع ويتم برش S المنصهر على حبيبات اليوريا، يتبعها إضافة شمع مانع للتسرب لغلق أي شقوق أو خلل في التغليف. لقد اجريت فيما بعد تطبيق بعض التحسينات على التقنية عندما تم تغطية طبقة S بطبقة رقيقة من بوليمر عضوي. تُصنع الأسمدة المغطاة الأخرى بتفاعل أنواع من بوليمرات ذات أساس صمغي على سطح حبيبة السماد. أما التقنية الأخرى فهي بإستخدام بوليمرات البولياثيلين ذات النفاذية المنخفضة بالإشتراك مع أغلفة بنفاذية عالية. إنّ المواد المغلفة وعملية التغليف تختلف بين المصنّعين وإنّ تركيب وسُمك غلاف السماد يتم تعديله بعناية فائقة للسيطرة على معدل إطلاق العنصر الغذائي للإضافات المهمة. يمكن ان تختلف مدة إطلاق العنصر الغذائي من الأسمدة المحددة من عدة أسابيع إلى أشهر عديدة، وهنالك تكلفة إضافية مع إضافة الغلاف إلى جزيئة السماد وبذلك فإنّ الأسمدة المغلفة تكون أكثر تكلفة من المواد غير المغلفة.



الإستخدام الزراعي. تُستخدم الأسمدة المغلفة في مختلف الحالات الزراعية منها والبستانية وهي توفر تجهيز طويل الأمد للعناصر الغذائية والتي قد تقدم مزايا عديدة وتتضمن:

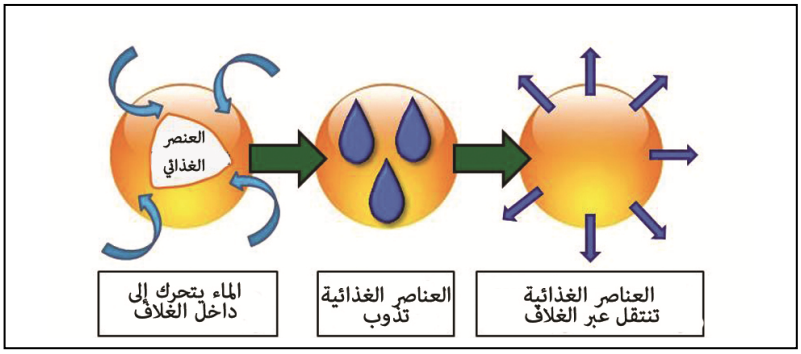
- إطلاق عنصر غذائي مستدام والذي قد يقلل من فواقد الغسل والغازات.
- قد يُقلل كلف الأيدي العاملة والإضافة من خلال استبعاد الحاجة لإضافات السماد المتعدد.
- مقاومة أكبر للبادرات للسماد الموضوع بالقرب منها.
- إطلاق العنصر الغذائي على الأمد الطويل قد يوفر تغذية نبات أكثر تجانساً ونمو أفضل وتحسين أداء النبات.

إنّ أقصى فائدة من السماد المغلف يمكن الحصول عليها فقط عندما يتم توافق فترة إطلاق العنصر الغذاي مع الفترات التي يمتص بها النبات ذلك العنصر الغذائي.

إدارة الممارسات العملية. إنّ التنبؤ بنمط إطلاق العنصر الغذائي من الأسمدة المغلفة بترب وظروف زراعة ذات نطاق واسع معقد نوعاً ما لأنّ ذلك الإطلاق تتحكم به أنواع عديدة من العوامل البيئية. على سبيل المثال تُطلق العديد من الأسمدة المغلفة بسرعة أعلى مع زيادة رطوبة ودرجة حرارة التربة في حين تعتمد بعض النواتج السمادية على الفعالية الميكروبية لإطلاق العنصر الغذائي. إنّ فهم ميكانيكية إطلاق العنصر الغذائي يكون مساعداً في الحصول على أقصى قيمة من الأسمدة المغلفة.

إنّ بعض المواد المغلفة تكون هشّة نسبياً وتكون عُرضة للتآكل والحك وتتحطم تحت البيئات القاسية حيث ينبغي تجنب التعامل المفرط متى كان ذلك ممكناً.

الإستخدامات غير الزراعية. إنّ تكنولوجيا التحكم بالإطلاق مهمة لعديد من التطبيقات وربما أكثرها شهرة هي الإطلاق المستدام للأدوية التي تحافظ على تركيز مستقر في مجرى الدم والتي تؤخذ ضمن فترات معينة. أيضاً أُستخدمت المواد المغلفة في البيطرة ولأغراض السيطرة على الآفات.



المصدر: http://www.ipni.net/specific

الجبس

نمذوج 3.3.22 الجبس هو معدن شائع يُستخرج من السطح والترسبات الجوفية. يمكن أن يكون مصدر ثمين لكل من Ca و S للنباتات وقد يوفر مزايا لخواص التربة في ظروف معينة.

الإنتاج. يوجد الجبس بشكل بلورات وصخور وعموماً هو نتيجة تبخر المياه المالحة إذ أنه أحد المعادن الشائعة في الظروف الرسوبية. يُستخرج الصخر الأبيض أو الرمادي من حُفر مفتوحة أو ترسبات جوفية، بعد ذلك يُطحن ويُستخدم لأغراض عديدة بدون أي معالجات إضافية. يحتوي الجبس الزراعي عموماً $CaSO_4.2H_2O$ (ثنائي الهيدرات dihydrate) وتحت الظروف الجيولوجية من درجة الحرارة العالية والضغط يتحول الجبس إلى اللامائي ($CaSO_4$ بدون ماء).

يأتي الجبس كمنتج ثانوي من محطات طاقة الوقود الأحفوري والتي فيها يُنقى S من الغاز العادم. أيضاً فالجبس هو منتج ثانوي من معالجة الصخر الفوسفاتي إلى حامض الفسفوريك. يُطحن الجبس الذي يُحصل عليه من تدويرمواد ألواح الجدران ناعماً ويُستخدم للإضافة للتربة.

الخواص الكيميائية

نوع كبريتات الكالسيوم	الصيغة والتركيب	الذائبية
ثنائي الهيدرات (جبس)	$CaSO_4.2H_2O$ Ca %33 S %18 ماء %21	2.05 جم/ لتر
اللامائي	$CaSO_4$ Ca %29 S %23	2.05 جم/ لتر
هيمي هيدرات (جص باريس)	$CaSO_4.1/2H_2O$	يعود إلى جبس عند إضافة الماء

الإستخدام الزراعي. يضاف الجبس (بعض الأحيان يُطلق عليه الجص الأرضي) عموماً إلى الترب إما كمصدر للعناصر الغذائية أو لتحوير وتحسين خواص التربة. إنّ الجبس ذائب بالماء نوعاً ما، لكنه أكثر ذوباناً من الصخر الكلسي (اللايم ستون) بـ 100 مرة في ترب ذات pH متعادل. وعند إضافته للتربة فإنّ ذوبانيته تعتمد على عوامل عديدة بضمنها حجم الجزيئات، رطوبة التربة، وخواص التربة. يذوب الجبس في الماء لإطلاق Ca^{2+} وSO_4^{2-} من دون تأثير مباشر نوعي على pH التربة بل بالعكس من ذلك فإنّ الحجر الكلسي يعادل الحموضة في الترب ذات pH المنخفض. وفي الترب الحامضية يُستخدم الجبس في بعض الأحيان كمصدر Ca ذائب نسبياً لتخفيف سميّة الألمنيوم.

تستفيد بعض التربة من إضافة الجبس كمصدر Ca. في ترب ذات محتوى صوديوم عالي (Na) فإنّ Ca الذي يطلقه الجبس سيميل إلى الإرتباط بقوة أكبر من Na على مواقع التبادل في التربة، وهذا سيحرر Na حتى تُغسل من منطقة الجذور. فحينما يُستخدم الجبس في استصلاح الترب العالية في Na، عموماً ينتج عنه تعزيز وتحسين للخواص الفيزيائية للتربة مثل تقليل الكثافة الظاهرية، زيادة النفاذية وغيض الماء، وتقليل تقشّر التربة. في معظم الظروف فإنّ إضافة الجبس بذاته لن يجعل من الترب المضغوطة أو الطينية الثقيلة رخوة.

إدارة الممارسات العملية. إنّ الإستخدام المعروف عن الجبس هو تجهيز الكالسيوم Ca لفستق الحقل (الفول السوداني) والذي يمتلك نمط فريد من نوعه للنمو. وعادة يُنشر الجبس على سطح التربة ويُخلط في المنطقة الجذرية. توجد أجهزة والتي تسمح للجبس المطحون ناعماً لتوزيعه من خلال أنظمة الري. في بعض الأحيان يُعمل منه حبيبات لجعل إضافته أكثر ملائمة للاستخدام في البيوت والمروج العشبية.

الإستخدامات غير الزراعية. إنّ الإستخدام الأساسي للجبس هو كمادة للبناء (مثل الجص والألواح الجدارية). ولغرض البناء يُطحن الجبس ويُسخّن (التكلس) لإزالة معظم الماء المربوط مما يؤدي إلى تكوين جص هميدرات hemi–hydrate (جص باريس). وعند إضافة الماء لاحقاً فإنّ المسحوق يعود إلى جبس ويُجفف ليكون بحالة صخر صلب. أُستخدم الجبس بكثافة في تطبيقات كثيرة أخرى، منها التبريد المائي (تكييف المياه) في الغذاء والصناعات الدوائية ووضع المثبطات في الإسمنت.

المصدر: http://www.ipni.net/specific

الصخر الكلسي Limestone

نموذج 3.3.23 كربونات الكالسيوم هو المكون الرئيسي للصخر الكلسي وقد أُستخدم على نطاق واسع كمصلِح لمعادلة حموضة التربة وتوفير Ca لتغذية النبات. إنّ مصطلح كلس (لايم) يُعزى إلى منتجات عديدة لكن للإستخدام الزراعي فهو عموماً يُعزى إلى الصخر الكلسي الأرضي.

الإنتاج. إنّ الصخر الكلسي هو صخر رسوبي شائع وموجود في ترسبات جيولوجية منتشرة على نطاق واسع. ولقد أُستخدم عبر التاريخ كمادة بناء وكعامل لصق وفي الزراعة لتحسين الترب الحامضية. ومادة الكلس الزراعية (كلس زراعي) تم تعريفها على نطاق واسع وهي أي مادة تحتوي على Ca أو Mg وقادرة على تعديل الحموضة. إنّ العديد من المواد يمكن تصنيفها على أنها كلس زراعي.

يُستخلص الكلس الزراعي من المحاجر أو المناجم ويتطلب إعتيادياً السحق الميكانيكي. إنّ نعومة الكلس الزراعي مهم في تحديد مدى سرعة تفاعله مع حموضة التربة. فالصخر الكلسي ذو حجم الجريئات الأصغر يتفاعل بسرعة لأنه هنالك مساحة سطحية مكشوفة (معروضة) أكبر للتفاعل الكيميائي. إنّ الجزيئات الأكبر تكون أبطأ في تفاعلها لكنها توفر مصدر مستدام وطويل الأجل لمعادلة الحموضة. يُثبّت قياس حجم الجبيبات عادة على ملصق المنتج.

تقلل المواد الأخرى الموجودة في الكلس الزراعي مثل الطين من نقاوته وتُضعف قدرته لمعادلة الحموضة. إنّ فعالية الكلس الزراعي يتم تصنيفها وتقييمها على أساس مقارنته مع كربونات الكالسيوم النقية ($CaCO_3$) حيث يُعبّرعنها كنسبة مكافئ لكربونات الكالسيوم. يكون الكلس الزراعي أكثر ذوباناً في الترب الحامضية من الترب المتعادلة أو القلوية ويُكشف عن وجود $CaCO_3$ في التربة بالفعالية أو «الفوران أو الأزيز» (Fizz) عند إضافة قطرة من الحامض القوي.

الخواص الكيميائية

الصخر الكلسي/ الكلسايت: كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) غالباً غير ذائبة في الماء لكن تزداد ذوبانيتها في الظروف الحامضية (تحتوي 40% Ca كأقصى حد).

الدولومايت: كربونات المغنيسيوم الكلسية [$Ca–Mg((CO_3)_2$] غالباً غير ذائبة بالماء لكن ذائبيتها تزداد في الظروف الحامضية (تحتوي بين 2 إلى 13% Mg).

الكلس المطفأ (هيدراتي): هيدروكسيد الكالسيوم [$Ca(OH)_2$]. نسبياً غير ذائب في الماء، يكوّن محلول ذو pH >12.

الكلس المحروق/ الكلس الحي: اوكسيد الكالسيوم [CaO] يتفاعل مع الماء لتكوين الكلس المائي.

الإستخدام الزراعي. إنّ الإستخدام الأساسي للكلس الزراعي هو رفع pH للترب الحامضية وتقليل تركيز الألمنيوم (Al) في محلول التربة. والنمو الضعيف للمحصول في الترب الحامضية إلى حد كبيرهو بسبب Al الذائب والذي يكون ساماً لجذور نباتات كثيرة. والكلس يقلل Al الذائب بتفاعلين:

يوفر إضافة الكلس الزراعي أيضاً Ca الثمين (وممكناً Mg) لتغذية النبات. إنّ بعض الفوائد الثانوية لمعادلة حموضة التربة بالكلس الحي تتضمن :

- زيادة جاهزية P
- تحسين تثبيت N بالبقوليات
- تعزيز تعدين N وعملية النترجة
- استعمال أفضل للماء واستعادة العناصر الغذائية وأداء نبات بنظام جذري متعافي.

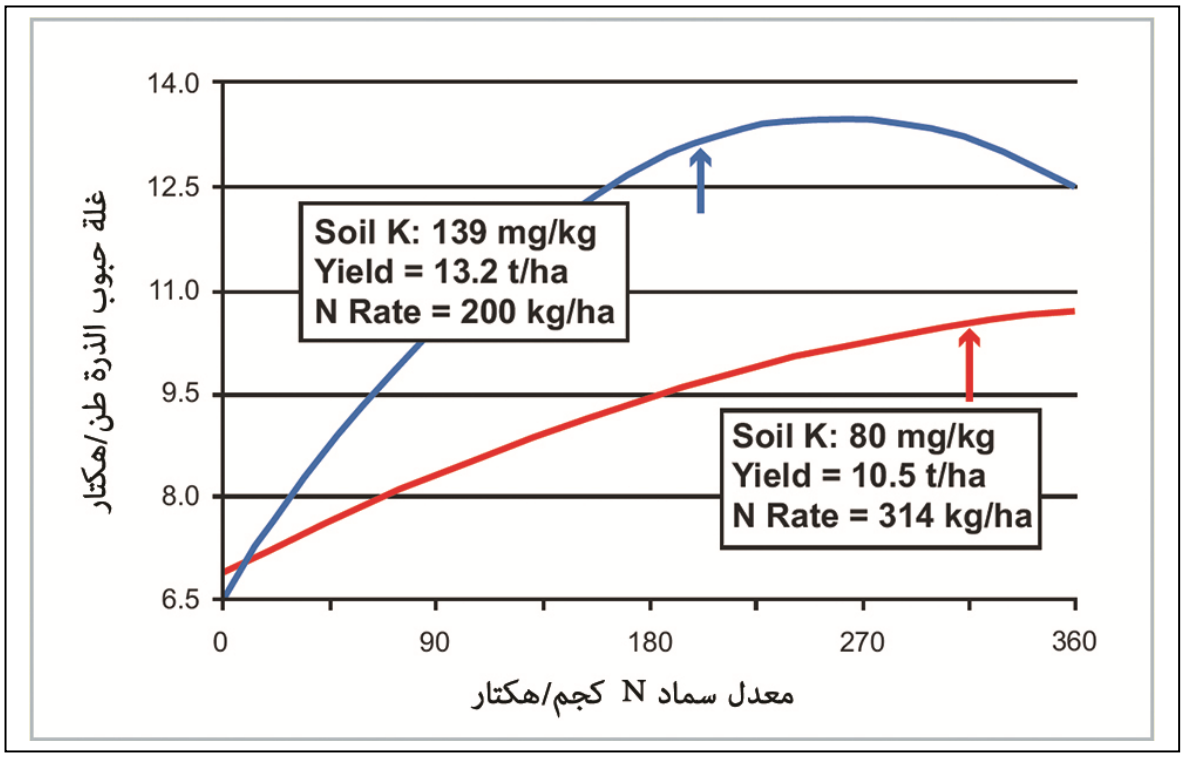
إدارة الممارسات العملية. يمكن تحديد كمية الكلس الزراعي المطلوبة لجعل التربة عند مدى pH مرغوب به بسهولة في المختبر. من الشائع جداً نشر الكلس الزراعي بتجانس على التربة وبعد ذلك خلطه في المنطقة الجذرية. إنّ تعديل حموضة التربة هي ليس عملية تكون لمرة واحدة بل يجب تكرارها من وقت لآخر اعتماداً على ظروف التربة والبيئة وتقاس المعدلات المضافة الإعتيادية بالأطنان لكل هكتار.

الإستخدامات غير الزراعية. إنّ الصخر الكلسي هو واحد من أكثر شيوع مواد الأرض استخداماً. وإضافة لإستعماله في البناء والتشييد فإنّ الصخر الكلسي له تطبيقات منوعة مثل السيطرة على تلوث الهواء، أنظمة المعالجة لمياه الشرب ومياه الصرف الصحي، تثبيت التربة، الأدوية، مضادات الحموضة ومستحضرات التجميل.

المصدر: http://www.ipni.net/specific

نموذج 3.5.1 تحقيق التوازن بين N و K هو المفتاح لتحسين الغلة وكفاءة استعمال N. الفائدة القصوى من إضافة سماد N تم الحصول عليها من هذا المثال في اوهايو، الولايات المتحدة الأمريكية عندما تم تصحيح النقص الثانوي لـ K .

(المصدر: Murell and Munson. 1990. Better Crops with Plant Food 83(3):28:31)



الفصل الرابع
المبادئ العلمية التي تحدد المعدل الصحيح

إنّ المبادئ العلمية التي تحدد المعدل الصحيح لإضافة العنصر الغذائي تحت ظروف معينة هي التالية:

- **مراعاة المصدر والوقت ومكان إضافة العنصر الغذائي.**
- **تقدير احتياج النبات الغذائي.** ترتبط الغلة مباشرة بكمية الغذاء الممتصة بواسطة المحصول حتى مرحلة النضوج. إنّ اختيار هدف منطقي للغلة التي يمكن الوصول إليها بإدارة مثالية للمحصول والعناصر الغذائية وتغييراتها في الحقل ومن موسم لآخر يوفر دليل ارشادي مهم في تقدير احتياج النبات الغذائي الإجمالي.
- **استخدام الطرق المناسبة لتقدير كمية العنصر الغذائي.** وقد تتضمن الطرق المستخدمة تحليل التربة والنبات، التجارب الحقلية لتحديد إستجابة المحصول للعنصر الغذائي المضاف.
- **تقييم كل المصادر.** يتضمن هذا التقييم تقدير كمية وجاهزية العناصر الغذائية المتوفرة للنبات من السماد الحيواني والسماد العضوي المركب والمخلفات الصلبة وبقايا المحصول وترسبات الغلاف الجوي ومياه الري، بالإضافة إلى الأسمدة التجارية.
- **التنبؤ بكفاءة استعمال السماد.** بعض الفقدان لا يمكن تجنبه، لذلك لكي يُستوفى إحتياج النبات فإنّ كمية المفقود يجب أن تؤخذ بنظر الإعتبار وتعويضها.
- **مراعاة تأثيرات موارد التربة.** إذا تجاوزت مخرجات العناصر الغذائية (الممتصة من قبل النباتات و المستنزفة من التربة) المُدخلات فإنّ خصوبة التربة ستنخفض على الأمد الطويل.
- **مراعاة الجدوى الإقتصادية للمعدل المضاف.** المعدل الإقتصادي للإضافة هو ذلك الذي تساوي فيه آخر وحدة من العنصر الغذائي المضاف في قيمتها مقدار الزيادة في غلة المحصول التي تنتجها تلك الوحدة (قانون تناقص الغلة). وفيما يخص العناصر الغذائية التي تحتفظ بها التربة فإنّ قيمتها ينبغي أن تؤخذ بالإعتبار بالنسبة للمحصول المستقبلي. كما يجب تقييم احتمالات التنبؤ بالمعدلات المثلى اقتصادياً والتأثير الناشئ من الخطأ في التنبؤ على صافي العائدات.

إنّ إضافة عنصر غذائي معين بمعدل أقل أو أعلى من الإحتياج قد يعطي انتاج ما للمحصول وسيكون لذلك تبِعات اقتصادية و/أو بيئية. فعندما تكون أسعارالسماد ومصادر العناصر الغذائية الأخرى رخيصة نسبياً بالمقارنة مع قيمة المحصول الذي يتم انتاجه، فإنّ الحافز في اعطاء توصية غذائية دقيقة يكون ضئيلاً إلا إذا كانت هنالك استجابة سلبية للمستويات المفرطة من العناصر الغذائية (مثال: كميات كبيرة جداً من N تسبب الرقاد في محاصيل الحبوب الصغيرة، وانخفاض محتوى السكر للبنجر السكري أو انخفاض في جودة القطن) أو تبِعات بيئية (مثال: تلويث P للمسطحات المائية). على أية حال عندما تكون فيها تكلفة العنصر الغذائي عالية و/أو أسعار المحاصيل منخفضة، سيزداد اهتمام المزارع في وضع برامج تسميد كفوءة جداً.

إنّ قانون الحد الأدنى ينص على «أنّ غلة المحصول تتحدد بالعنصر الموجود في الحد الأدنى». بعبارة أخرى، فإنّ نقص أحد العناصر الغذائية لا يمكن التغلب عليه بواسطة زيادة العنصر الآخر. لذلك فإنّ كل العناصر الضرورية الـ 17 يجب أن تكون موجودة بكميات كافية للإيفاء بمتطلبات المحصول المزروع. إنّ المعدل الصحيح مشروط بأن يكون أيضاً المصدر والوقت والمكان جميعها صحيحة. فإختبار المصدر الصحيح للسماد يجب أن يؤدي إلى تزويد الكمية الصحيحة وبالصيغة المناسبة للنبات وفي الوقت الصحيح وفي المكان الصحيح لتلبية إحتياجات النباتات المزروعة.

جدول 1.4 كمية العنصر الغذائي الممتص في المجموع الخضري لمحاصيل مختلفة

المحصول **	المنطقة	كجم امتصاص/ طن *			
		N	P_2O_5	K_2O	S
البرسيم (DM)	الأرجنتين	27	5.7	25	3.5
الشعير	الأرجنتين	26	9.2	24	4.2
حشائش برمودا	الولايات المتحدة	23	6.0	25	
الكانولا	الصين	43	27	87	
الحمص	الهند	46	8.4	50	
الذرة	الولايات المتحدة	18	9.6	25	
العنب	الصين	5.6	5.2	8.5	
الماسترد	الهند	33	15	11	14
البرتقال	الصين	2.6	0.8	3.6	
الأجاص	الصين	4.5	1.5	5.0	
الفستق	الهند	63	12	37	3.9
الكمثرى	الصين	5.0	2.0	5.0	
البازلاء الخضراء	الهند	42	15	31	4.3
البطاطا	الصين	4.5	1.0	7.1	
الرز	الولايات المتحدة	16	8.4	24	
العصفر	الهند	39	8.4	22	13
الذرة البيضاء	الهند	22	13	34	
فول الصويا	الولايات المتحدة	82	18	38	
البنجر السكري	الصين	4.8	1.4	9.3	
القصب السكري	الصين	1.8	0.4	2.1	
دوار الشمس	الأرجنتين	40	25	35	5.0
التبغ	الصين	39	12	71	
البندورة (الطماطم)	الهند	2.8	13	3.8	
القمح (ربيعي)	الولايات المتحدة	37	13	26	
القمح (شتوي)	الولايات المتحدة	32	11	33	

* إنّ معامل امتصاص العنصر الغذائي قد تختلف حسب المناطق وحسب ظروف النمو. يُنصح بإستخدم البيانات المتوفرة محلياً أينما كان ذلك ممكناً.

** DM = على أساس الوزن الجاف.

4.1 تقدير إحتياج النبات من العناصر الغذائية

إنّ المبدأ العلمي الأساسي لإختيار معدل السماد الصحيح هو موائمة توفير العنصر الغذائي مع احتياج النبات للعنصر الغذائي. ويُعزى الإحتياج الغذائي إلى الكمية الكلية للعناصر الغذائية التي يحتاجها المحصول للإمتصاص في خلال موسم النمو. تُزال بعض هذه العناصر الغذائية مع الجزء المحصود للمحصول و بذلك يتم استنزافها من التربة، بينما المتبقي من العناصر الغذائية يتم تدويرها و ارجاعها للتربة مع بقايا المحصول الغير محصود. في بعض الحالات فإنّ مقدار الممتص من العنصر الغذائي والمزال مع الجزء المحصود من التربة تكون متساوية كما هو الحال في حصاد النباتات العلفية حيث يُزال معظم المجموع الخضري. في حالات أخرى، مثلاً في انتاج الحبوب يُزال جزء من العناصر الغذائية الكلية الممتصة فقط من الحقل بواسطة النبات.

تحتاج النباتات للعناصر الغذائية بكميات مختلفة وعلى العموم تكون الحاجة الى العناصر الغذائية الكبرى بكميات كبيرة. في ترب المناخات المعتدلة فإنّ العناصر الغذائية الكبرى المسماة الأولية (N، P، و K) وهي التي تحدّ من غلة المحاصيل في أغلب الأحيان من تلك المسماة الثانوية (Ca، Mg، و S). هذا الإختلاف بين العناصر الغذائية الأولية والثانوية قد لا يصحّ في العديد من الترب الإستوائية. إنّ الإحتياج الكلي للعنصر الغذائي لمحصول معين يمكن تقديره بضرب الغلة الممكن تحقيقها (الغلة المستهدفة) لذلك المحصول بالعامل المناسب المبين في **جدول 4.1**. وعادة ما تكون الحاجة للعناصر الغذائية الصغرى بكميات قليلة.

وكلما كانت الغلة أعلى كان الإحتياج الغذائي أكبر إلا أنّ تحديد مستوى الغلة المنشود لإعتماده في تحديد معدل السماد يعتبر صعباً لصاحب القرار. إنّ بعض الخطوط الإرشادية المفيدة هي:

- مستوى الغلة المستهدف أو المنشود ينبغي أن يكون واقعي ويمثل تحدياً في نفس الوقت.
- النهج الشائع في تقدير غلة مستهدفة واقعية هو استهداف 80% من الغلة المحتملة للمحصول (لا يكون الماء والعناصر الغذائية عاملان محددان) في ظروف مناخية معينة. يمكن أن تساعد نماذج (موديلات) محاكاة المحصول في تحديد الغلة المحتملة.
- يمكن اعتماد مقدار الغلة المستهدفة ما بين قيمة أعلى من المعدل للغلة وأعلى مقدار للغلة تمّ الوصول اليها أخيراً في ذلك الحقل المعني أو أحد الحقول التي لها تاريخ انتاجي مشابه وإدارة مشابهة كغلة مستهدفة.
- اختبار مقدار للغلة يعادل 10% أكثر من معدل 3 إلى 5 سنوات لمحصول لم يعاني من نقص شديد في الغلة بسبب الجفاف أوالأمطار الغزيرة أو الآفات. أُتخذ أيضاً كطريقة مقترحة لتحديد مستوى الغلة المنشود، وهذه الطريقة تتطلب أن يُحتفظ بسجيلات حقلية خاصة حيث تُعتمد فقط تلك الحقول التي تكون بنفس القدرة الانتاجية في إجراء التقديرات.
- الغلة المستهدفة تُعتمد على أنها مسمَدة حتى لا تنقص الغلة بالضرورة في أي سنة عن ذلك المستوى. إنّ الطقس غير المرغوب فيه والذي يُنتج أيضاً غلة استثنائية غالباً ما يؤدي إلى اطلاق عناصر غذائية استثنائية من التربة أو كفاءة عالية غير عادية لإستعمال العنصر الغذائي .

أحد التحديات الرئيسية في استخدام النهج المعتمد على الغلة لتحديد معدلات السماد هي أنّ مستويات الغلة تتغير بدرجة كبيرة في بيئة معينة من سنة لأخرى، بالإضافة إلى تغيرها بين مواسم النمو خلال السنة. إنّ استجابة المحصول للسماد تتذبذب أيضاً نتيجة البيئة بغض النظر عن غلة المحصول المحتملة. فكِلا الغلة المحتملة واستجابة المحصول تؤثران في متطلبات معدل السماد السنوية. إنّ العوامل الأخرى التي غالباً ما تؤخذ بالإعتبار جنباً إلى جنب مع الغلة المحتملة لتقدير احتياج النبات للعنصر الغذائي هي نظام الزراعة، وانتاجية التربة ونسب سعر السماد إلى سعر المحصول. أُستخدمت أيضاً المعادلات والنماذج التي تتنبأ بغلة المحصول وامتصاص العنصر الغذائي لضبط معدل N الموصى به.

4.2 تقدير تزويد التربة للعنصر الغذائي

تزود التربة جزء من احتياج النبات للعنصر الغذائي وتعتمد قدرة التربة على تزويد العناصر الغذائية للمحصول المزروع على آليات عديدة وتتضمن:

- المعدنة والتثبيت العضوي للعناصر الغذائية في التربة.
- إمتزاز وإنتزاز (عكس الإمتزاز) العناصر الغذائية على ومن التربة.
- تفاعلات الترسيب والتحلل والتي تنظم كميات العنصر الغذائي في محلول التربة.
- تفاعلات الأكسدة و الإختزال التي تغيّر حالات العناصر الغذائية متعددة التكافؤ وذائبية.
- اعتراض الجذور والجريان الكتلي وإنتشار العناصر الغذائية في المحلول نحو الجذور و إمتصاصها

تحتوي المادة العضوية في التربة معظم العناصر الغذائية المطلوبة لنمو النبات لكن العديد من هذه العناصر الغذائية توجد بكميات قليلة جداً، إلا أنه في بعض أنظمة الزراعة يمكن لمادة التربة العضوية أن تكون المصدر السائد للعناصر الغذائية خصوصاً N و S. إنّ كمية المادة العضوية الممعدنة إلى صيغ غذائية جاهزة للنبات تتباين حسب كمية ونوع المادة العضوية ووجود ظروف مفضلة للتحلل الميكروبي، وهذه العوامل تجعل أيضاً من التنبؤ بكميات العناصر الغذائية والتي سوف تكون جاهزة للنبات خلال موسم النمو صعبة.

جدول 4.2 العوامل المؤثرة على تجهيز و توفير مختلف العناصر الغذائية في التربة بصيغ قابلة لإمتصاص النبات †

العامل	N	P	K	S	Ca + Mg	الصغرى
pH التربة	X	X	X	X	X	X
الرطوبة	X	X	X	X	X	X
درجة الحرارة	X	X	X	X	X	X
التهوية	X	X	X	X	X	X
مادة التربة العضوية	X	X		X	X	X
كمية الطين	X	X	X	X	X	X
نوع الطين		X	X		X	X
بقايا المحصول	X	X	X	X	X	X
انضغاط التربة		X	X			
حالة العنصر الغذائي في التربة		X	X		X	
العناصر الغذائية الأخرى		X	X		X	X
نوع المحصول	X	X			X	X
السعة التبادلية الكتأيونية (CEC)			X		X	X
% تشبع CEC					X	

† هذا الجدول يوفر قائمة بالعوامل غير الشاملة وهي فقط القصد منها توفير مثال للعوامل السائدة والقواسم المشتركة بين العناصر الغذائية.

تتأثر جميع الآليات الخمس المذكورة أعلاه والمؤثرة على تجهيز عنصر غذائي في التربة بالصفات الفيزيائية للتربة مثل النسجة ونوع وكمية الطين، والصفات الكيميائية مثل pH، وظروف المناخ وتشمل

درجة الحرارة والرطوبة والتهوية. يعطي **جدول 4.2** قائمة بعدة عوامل مؤثرة في جاهزية مختلف العناصر الغذائية للنبات.

إنّ الوسيلة الأفضل لتحديد مساهمات التربة بتوفير العنصر الغذائي للنبات هو فحص التربة، ويمكن الإطلاع على معلومات مفصلة حول كيفية أخذ عينات التربة وفحص التربة في الفصل 8. يمكن أن يكون فحص التربة فعالا في تحديد معدل السماد الصحيح، الا أنه غير متوفر دائماً أو عملياً في العديد من المناطق حول العالم بسبب عقبات البنى التحتية. إنّ فحص التربة هو الآخر لا يكون وسيلة موثوقة دائماً لتقدير توفر بعض العناصر الغذائية الاكثر حركة مثل N و S في المناطق الرطبة والغزيرة الأمطار. في مثل هذه السيناريوهات توفر استجابة المحصول من تجارب تقنية القطاع المحذوف في التصميم التجريبي omission plots (بدون إضافة العنصر الغذائي المعني واضافة ما يكفي من كل العناصر الغذائية المحددة الأخرى) تقدير غير مباشر لقدرة التربة على تجهيز العنصر الغذائي، بينما يعطي الفرق في الغلة بين التسميد الكامل والقطاع المحذوف تقريب لإستجابة إضافة العنصر الغذائي المعني المحتملة.

أسئلة؟

1) أحد المبادئ الجوهرية السبعة والتي تحدد المعدل الصحيح تحت ظروف معينة هو:
أ. تقييم كل مصادر العنصر الغذائي الجاهزة.
ب. افتراض كفاءة عالية للإستعمال.
ج. وضع التركيز الأكبر على الإقتصاد.
د. إضافة أكبر كمية يمكن توقع احتياج النبات لها.

2) العناصر الغذائية الكبرى الأولية يطلق عليها أولية لأنها:
أ. تُمتص بكميات هي الأكبر من كل العناصر.
ب. في أغلب الأحيان تحدّ من غلة المحصول من تلك التي يُطلق عليها ثانوية.
ج. هي من أوائل العناصر الغذائية المكتشفة.
د. هي أغلى ثمناً من تلك التي يطُلق عليها ثانوية.

3) قانون ليبيج للحد الأدنى ينص على أنّ غلة المحصول تُحدد بواسطة:
أ. N، P، و K.
ب. Ca، Mg، و S.
ج. العناصر الغذائية الصغرى.
د. العنصر الموجود بالكمية الأكثر تحديداً (في الحد الأدنى).

4) يتضمن تقييم احتياج النبات اختيار غلة مستهدفة واقعية لأنّ:
أ. امتصاص العنصر الغذائي يتناسب مع الغلة.
ب. الغلة لا يمكن أن تتجاوز هذف الغلة المختار.
ج. كمية الإضافة ينبغي أن يساوي امتصاص العنصر الغذائي.
د. الطقس الذي يُنتج غلة استثنائية يقلل كفاءة استعمال العنصر الغذائي.

4.3 تقدير كل مصادر العنصر الغذائي المتوفرة

عند اختيار المعدل الصحيح للسماد تكون المساهمة بإتجاه مواجهة متطلبات المحصول للعنصر الغذائي من كل المصادر الغذائية المتوفرة والتي يجب أن تؤخذ بالإعتبار. تشمل بعض هذه المصادر إمدادات العناصر الغذائية الطبيعية (تلك التي لا تضاف للأرض مثل بقايا المحصول والأسمدة الخضراء) والأسمدة الحيوانية والأسمدة العضوية المركبة والمواد الصلبة الحيوية وترسبات الغلاف الجوي ومياه الري. إنّ كمية وجاهزية العناصر الغذائية للنبات في هذه المصادر يمكن أن تتباين بصورة واسعة وقد يكون من الصعوبة تقديرها؛ ومع ذلك ينبغي بذل الجهود لكي يتم حسابها. إنّ معدل محتوى العناصر الغذائية لبعض الأسمدة الحيوانية المختارة مذكورة في **جدول 4.3** وهذه تتباين بدرجة كبيرة من منطقة لأخرى ومن مزرعة لأخرى، وعموماً من المفضل استخدام تقديرات مناسبة محلياً أو تحليل مخبري للمواد المضافة.

أسئلة؟

5) الوسيلة الأفضل لتقدير العنصر الغذائي في التربة هو فحص التربة لأن:
أ. فحص التربة الموثوق متوفر على نطاق عالمي.
ب. فحص التربة يمكن أن يكون فعالاً في تحديد معدل السماد الصحيح.
ج. فحوصات التربة الموثوقة لـ N متوفرة للمناطق غزيرة الأمطار.
د. فحص التربة يتنبأ بإعتراض جذور النبات للعناصر الغذائية.

6) إمدادات المواد الغذائية المحلية تشمل:
أ. المواد الصلبة الحيوية.
ب. الأسمدة العضوية المركبة.
ج. بقايا النباتات.
د. مياه الري.

7) تثبيت N التكافلي هو مصدر N محلي (طبيعي) مهم في التربة لأن:
أ. مكروبات التربة تثبت N لكل أصناف المحاصيل.
ب. البقوليات يمكن أن تثبت كميات كبيرة من N.
ج. البقوليات يمكن أن تثبت كميات كبيرة من P و K.
د. المحاصيل التي تلي المحصول البقولي تحتاج لكميات أكبر من N.

جدول 4.3 المادة الجافة التقريبية وكمية العنصر الغذائي في أسمدة حيوانية مختارة (عن Havlin et al. 2005)

نوع الحيوان	نظام معالجة المخلفات	المادة الجافة %	العنصر الغذائي كجم/ طن			
			N		P_2O_5	K_2O
			جاهز*	الكلي†		
أنظمة معالجة المواد الطلبة						
الخنزير	بدون فرشة	18	3	5	4.5	4
	فرشة	18	2.5	4	3.5	3.5
حيوانات اللحوم	بدون فرشة	15	2	5.5	3.5	5
	فرشة	50	4	10.5	9	13
حيوانات الحلوب	بدون فرشة	18	2	4.5	2	5
	فرشة	21	2.5	4.5	2	5
الدواجن	بدون قش	45	13	16.5	23	17
	قش	75	18	28	22.5	17
	حفرة عميقة (سماد مركب عضوي)	76	22	34	32	22.5
أنظمة معالجة المواد السائلة						
الخنزير	حفرة سوائل	4	10	18	13.5	9.5
	خندق الأكسدة	2.5	6	12	13.5	9.5
	بحيرة ضحلة (لاغون)	1	1.5	2	1	0.2
حيوانات اللحوم	حفرة سوائل	11	12	20	13.5	16
	خندق الأكسدة	3	8	14	9	14.5
حيوانات الحلوب	لاغون	1	1	2	4.5	2.5
	حفرة سوائل	8	6	12	9	14.5
الدواجن	لاغون	1	1.2	2	2	2.5
	حفرة سوائل	13	32	40	18	48

* $N\text{-}NH_4^+$ جاهزاً للنبات خلال موسم النمو.

† $NH_4^+\text{-}N$ بالإضافة إلى N العضوي الذي سيتحول ببطء إلى N الجاهز.

المصدر: Sutton et al., 1985, Univ. of Minn. Ext. Bull AG–FO–2613

يُعتبر تثبيت N تكافلياً بواسطة البقوليات أحد مصادر N الطبيعية الأكثر أهمية في الترب وتُجرى تعديلات لمعدل N لمحاصيل الدورة الزراعية بوجود البقوليات في العديد من الدلائل الإرشادية لإدارة العنصر الغذائي. غير أنّ كميات تثبيت N وما يتبع من جاهزية N للمحاصيل اللاحقة تكون عُرضة لإختلافات كبيرة بسبب عدد من العوامل. إنّ تقدير مدى تثبيت N بمحاصيل بقولية مختلفة مذكورة في **جدول 4.4**. لأن وجود البقوليات يمكن أن يؤثر على قرارات معدل N للمحاصيل المتعاقبة، فإنّ أداء المحصول البقولي بما في ذلك تكوين العقد الجذرية والغلة و N المتبقي ترتبط مباشرة بالتسميد الملائم بالعناصر الغذائية الأخرى خصوصاً P و K.

جدول 4.4 كمية تثبيت N سنوياً بواسطة محاصيل بقولية مختلفة

المحصول البقولي	N المثبت ، كجم/هكتار/سنة
البرسيم الحجازي (الفصة)	250 – 150
البرسيم	150 – 100
البيقية	150 – 50
فول الصويا	150 – 50
الفاصوليا الجافة	50 – 30
البزاليا الحقلية	250 – 3
العدس	190 – 3
الفستق (الفول السوداني)	200 -35

ينبغي أن تُستخدم القيم المنشورة في تحديد معدلات الإضافة وهي معدلات من مصادر متعددة ومن التقديرات المحلية.

تحتوي بقايا المحصول على كميات كبيرة من العناصر الغذائية ويساهم إعادة تدويرها الى التربة بتوفير العناصر الغذائية طبيعياً. من جهة أخرى فإنّ حصاد بقايا المحصول يؤدي إلى إزالة العناصر الغذائية من التربة خصوصاً K، ويجب أن تُعتبر عنصراً سلبياً في التوازن الغذائي. إنّ إعادة تدوير بقايا النباتات اضافة إلى مساهمتها في المحتوى الغذائي الأصلي في التربة فهي تحسّن أيضاً من ميزانية الكربون العضوي للتربة ورطوبة التربة والأنظمة الحرارية وتعزيز بناء التربة وتساعد في السيطرة على التعرية. إنّ معدل كمية العناصر الغذائية المزالة مع القش أو العلف لمحاصيل عديدة مبينة في **جدول 4.5**. يمكن أن تختلف كمية العناصر الغذائية المزالة في بقايا المحصول المزالة من التربة حسب كمية المطر والتجوية التي يمكن أن تتعرّض إليهما وعوامل أخرى مثل التخفيف من طول النبتة.

تشمل المحاصيل التي تزرع كغطاة للتربة (cover crops) أنواع واسعة من الأصناف النباتية (الأكثر شيوعاً الحشائش والبقوليات) والتي تُزرع في فترة ما بين المحاصيل ذات المردود العالي أو تُبذر في المساحة ما بين صفوف أشجار الفاكهة أو الكروم. وهي يمكن أن تساعد في تقليل تعرية التربة وتقلل غسل النترات وتساهم في توفيرالمادة العضوية والعناصر الغذائية للمحاصيل اللاحقة بعد تحللها. إنّ محاصيل التغطية البقولية ستوفر N إضافي من خلال التثبيت الحيوي. تعتمد كمية N المثبّتة على عوامل عديدة، وبما أن فترة النمو والكتلة الحيوية المتجمعة لمحصول التغطية تكونان عادة أقل من المحصول بموسم كامل، فإنّ كمية N المثبّتة ستكون أقل من تلك المبينة في **جدول 4.4**.

إنّ مساهمة العنصر الغذائي من مصادر طبيعية للمحصول يكون مختلفا بدرجة كبيرة والدليل الإرشادي المحلي ينبغي استخدامه عندما يكون جاهزاً وذلك لتعديل توصيات معدل السماد بموجبه.

4.4 التنبؤ بكفاءة استخدام السماد

إنّ كفاءة استخدام السماد (FUE) هي العامل الرئيسي في تحديد معدل السماد المطلوب. لقد تمّ تغطية موضوع كفاءة استعمال السماد في الفصل 9. إنّ كل توصيات المعدل تجعل من الإفتراضات حول FUE ضمنية أوموجودة بوضوح في المعادلات المستخدمة في حساب التوصيات. وحتى مع أفضل الممارسات المعتمدة على الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية للنبات 4R فإنّ كمية السماد المستهلك بواسطة النبات سيكون أقل من 100%. في حين يسعى المزارعون لتقليل الفواقد وزيادة الكفاءة فإنّ بعض العناصر الغذائية المضافة قد تُستخدم أيضاً بواسطة أحياء التربة لا سيّما في أثناء بناء مستوى مادة التربة العضوية. أيضاً فإنه غالباً ما تتأثر كفاءة امتصاص العنصر الغذائي السمادي سلباً بآليات الداخل والفاقد والذي يكون موجوداً في كل الحقول. تختلف كفاءة استخدام السماد أيضاً حسب خصوصية كل موقع بما في ذلك الطقس ونوع التربة والنظام الزراعي، ولهذا السبب ينبغي تضمين تعديل للكفاءة عند تحديد متطلبات معدل السماد. إنّ الهدف الأساسي للادارة المتكاملة للعناصر الغاذئية للنبات 4R هو إستخدام الممارسات التي تمتزج فيها عناصر كل من المصدر والوقت والمكان الصحيح داخل الأنظمة الزراعية ذات الإدارة الجيدة لتحقيق FUE عالية بُغية تقدير المعدل الصحيح.

إنّ احدى الطرق في حساب FUE والتي تكون مفيدة في تحديد الإحتياج للمعدل الغذائي هي الكفاءة الزراعية (AE). والكفاءة الزراعية هي كمية الزيادة في الغلة لكل وحدة سمادية مضافة. وعندما تُستخدم نفس الوحدات لزيادة الغلة ومعدل السماد فإنّ التعبير يصبح بشكل نسبة وبدون وحدات ويُحتسب كما يلي:

حيث أنّ: 1) Y هو غلة المحصول بإضافة العنصر الغذائي السمادي
2) Y_o هو غلة المحصول بدون إضافة العنصر الغذائي المعني
3) F هي كمية العنصر الغذائي السمادي المضاف

إنّ قيم AE الإعتيادية هي: 10–25؛ و >20 في أنظمة الإدارة المتكاملة لمعدلات العنصر الغذائي المنخفضة نسبة للمعدل المثالي أو في التجهيز المنخفض لعنصر غذائي في التربة.

وبإعتبار محصول بغلة مقدارها 9.500 وحدة أشارت دراسات القطاع المحذوف في التجارب الحقلية بأنّ AE لـ N (AE_N) في الموقع هو 20 (20 وحدة زيادة في الحبوب لكل وحدة N مضافة) وبغلة متوقعة للقطاع المحذوف بدون N = 6.000 وحدة. يجب هنا أن تكون وحدات الغلة ووحدات السماد هي نفسها (على سبيل المثال، كجم/هكتار للحبوب و كجم/هكتار لسماد N). يُحسب معدل السماد كما يلي:

سماد N = (الغلة الممكن تحقيقها – غلة القطاع المحذوف بدون N)/ AE_N

بإستخدام الأرقام في المثال السابق فإنّ معدل توصية N تكون:

سماد N = (9.500 – 6.000)/20 = 175 وحدة

الطريقة الأخرى لحساب FUE المستخدمة بعض الأحيان في تحديد متطلبات معدل العنصر الغذائي هي كفاءة الإسترجاع recovery efficiency (RE). إنّ كفاءة الإسترجاع هي الزيادة في امتصاص المحصول للعنصر الغذائي في أجزاء النباتفي المجموع الخضري (لمعظم المحاصيل) كجزء من المعدل المضاف للعنصر الغذائي. ويُحسب كالآتي:

حيث أنّ: 1) U هو امتصاص العنصر الغذائي الكلي للكتلة الحية للمحصول فوق الأرض بإضافة العنصر الغذائي
2) U_o هو امتصاص العنصر الغذائي الكلي للكتلة الحية للمحصول فوق الأرض بدون إضافة العنصر الغذائي
3) F هي كمية العنصر الغذائي السمادي المضاف

يمكن إعادة ترتيب هذه المعادلة لحساب معدل العنصر الغذائي السمادي المطلوب كالآتي:

وكما في المثال السابق حيث أُستخدمت AE فيمكن استخدام غلة القطاع المحذوف في التجارب الحقلية لكن في هذه الحالة يجب تحويل الغلة إلى امتصاص، وطبيعياً بإستخدام قيم الإمتصاص الإعتيادية لكل وحدة من غلة المحصول مثل تلك المبينة في **جدول 4.1**. إنّ المدى النموذجي لقيم RE حقلياً بإضافة N إلى المحاصيل الحبوبية هو 0.3 إلى 0.5 (30 إلى 50%). عند تطبيق أفضل ممارسات الإدارة فيمكن زيادتها إلى مدى 0.5 إلى 0.8 (50 إلى 80%). وبإستخدام الغلة في مثال AE وبإفتراض 0.0215 وحدة امتصاص N لكل وحدة من الغلة و RE = 0.5 فإنّ معدل السماد يُحسب كالآتي:

سماد N = [(9.500 × 0.0215) – (6.000 × 0.0215)] /0.50 = 150 وحدة

4.5 تقييم أثر موارد التربة

تؤثر تغذية النبات على جودة موارد التربة بطرق عديدة. أولاً عندما تتواجد العناصر الغذائية للنبات بمستويات تجعل من نمو النبات مثالياً، فإنّ كمية الكربون العضوي الذي تساهم به النباتات إلى التربة يكون أكبر منه عندما يُحدَد نمو النبات بواسطة العناصر الغذائية. إنّ مساهمة الكربون بدرجة أكبر يساعد في المحافظة على مادة التربة العضوية وفي بناء أو إبطاء الإنخفاض لمادة التربة العضوية والتي هي العامل الأساسي في المحافظة على بناء التربة. وبدوره يؤثر بناء التربة في مقدرة التربة على الإحتفاظ بالماء والعديد من الخواص الأخرى المهمة لنمو النبات. ثانياً يتم الإحتفاظ بالعديد من العناصر الغذائية في الترب، ومعدل إضافاتها للترب تؤثر في مستويات نسبها الجاهزة في التربة مع الوقت.

تشمل العناصر الغذائية التي تحتفظ بها التربة P و K ومعظم العناصر الغذائية الواردة في فحص التربة (انظر الفصل 8 لمعلومات أكثر حول فحص التربة). وعندما تكون التربة فقيرة جداً بهذه العناصر الغذائية فإنّ كميات كبيرة جداً وأكبر من الكميات المستنزفة بواسطة المحصول قد تكون مطلوبة لتوفير غلة محصول مثلى. وعندما تمتلك الترب مستويات عالية جداً من هذه العناصر الغذائية فإنّ كميات أقل من تلك المستنزفة قد تكون كافية. فعندما تكون الترب عند المستوى الأمثل أو المرغوب من هذه العناصر الغذائية فعادة ما يُفترض بأنّ هذه المستويات سيتم الحفاظ عليها طالما أنّ كميات العنصر الغذائي المضافة كل سنة تساوي كمية العنصر الغذائي في المحصول المحصود.

يبين **جدول 4.5** معاملات استنزاف العنصر الغذائي لمحاصيل مختارة، حيث أنّ **جدول 4.5** يبين قيم اعتيادية للمحاصيل المذكورة لكن القيم الحقيقية يمكن أن تتباين بدرجة كبيرة كما موضح في **جدول 4.6**. لهذا السبب فإنّ البيانات المحلية هي التي ينبغي أن تُستعمل أينما كان ذلك ممكناً.

قد تتطلب بعض الترب إضافات قد تزيد أو تكون أقل من استنزاف المحصول للمحافظة على مستويات فحص التربة المرغوب بها. تتضمن أمثلة من النوع الأول الترب التي تثبّت P أو K إما من خلال الإمتصاص والترسيب الكيميائي أو حجزها (الإطباق عليها) بين طبقات الطين. قد تكون ترب أخرى في حالة تؤدي الى

حدوث المعدنة لكل من P و K من معادن التربة أو الجزء العضوي للتربة. لهذا السبب يكون من الطبيعي التوصية بفحص الترب كل 3 إلى 5 سنوات للعناصر الغذائية المحتجزة مثل P و K لتحديد إذا كانت مستويات فحص الترب محتفظة حقيقة بالمستوى المرغوب. يساعد فحص التربة في تحديد فيما إذا كانت معدلات العناصر الغذائية المضافة ينبغي أن تكون أعلى أو تساوي أو تكون أقل من كميات العناصر الغذائية المستنزفة بواسطة حصاد المحصول.

أسئلة؟

8) إذا تمّ إجراء دراسة القطاع المحذوف من العنصر الغذائي وكانت Y هي 9.000 كجم/هكتار، Y_o هي 7.500 كجم/هكتار و AE_N هي 15، ماذا يكون معدل N الموصى به لنفس المحصول وفي نفس ظروف الحقل بـ كجم/هكتار؟

أ. 50
ب. 100
ج. 150
د. 200

9) كفاءة الإسترجاع النموذجية لسماد N المضاف للحبوب هو:

أ. 10 إلى 25%.
ب. >20% في أنظمة الإدارة الجيدة.
ج. 30 إلى 50%.
د. 50 إلى 80%.

10) على الأمد البعيد يتم الإحتفاظ بمستويات للعناصر الغذائية الجاهزة عند المستويات المثالية في معظم الترب عندما تكون كمية العنصر الغذائي المضاف:

أ. تتجاوز امتصاص المحصول.
ب. أقل من استنزاف المحصول.
ج. يساوي استنزاف المحصول.
د. تساوي امتصاص المحصول.

جدول 4.5 استنزاف العنصر الغذائي في الجزء المحصود لمحاصيل مختارة

	الإستنزاف كجم/طن *			
المحصول **	**N**	**P_2O_5**	**K_2O**	**S**
البرسيم الحجازي (الفصة) [DM]	26	6.0	25	2.7
البرسيم (المادة الجافة DM)	21	5.5	27	1.5
حشائش بهيا	22	6.0	18	
الشعير (حبوبي)	21	8.3	6.7	1.9
قش الشعير لكل طن حبوب	8.3	3.3	25	2.1
قش الشعير	6.5	2.6	20	1.5
فاصوليا (جافة)	1.5	0.4	0.5	0.3
حشيش برمودا	23	6.0	25	
برسيم رجل الطير (DM)	23	5.5	21	
البلوجراس (DM)	15	6.0	23	2.5
البروجراس (DM)	16	5.0	23	2.5
القمح الأسود	17	5.0	4.4	
حبوب كونولا	38	24	40	6.8
ذرة حبوبية	12	6.3	4.5	1.4
علف الذرة (67% ماء) لكل طن حبوب	29	9.1	21	3.2
علف الذرة (67% ماء)	4.9	1.6	3.7	0.6
عيدان الذرة لكل طن حبوب	8.0	2.9	20	1.3
عيدان الذرة	8.0	2.9	20	1.3
القطن (النسالة)	64	28	38	
عيدان القطن	9.4	3.3	11	
العكرش (DM)	19	6.0	27	2.9
حبوب الكتان	45	13	11	3.4
قش الكتان	13	2.9	39	2.7
حبوب الدخن	28	8.0	8.0	1.6
قش الدخن	7.7	2.2	20	
زيت النعناع	1900	1100	4500	
حبوب الشوفان	24	8.8	5.9	2.2
قش الشوفان لكل طن حبوب	9.7	5.0	29	3.4
قش الشوفان	6.0	3.2	19	2.3
حشائش بستانية (DM)	18	6.5	27	2.9
جوزة الفستق (الفول السوداني)	35	5.5	8.5	
عيدان الفستق	16	3.4	12	
درنات البطاطا	3.2	1.2	5.5	0.3
Vine البطاطا	2.0	0.5	3.0	0.2
البرسيم الأحمر (DM)	23	6.0	21	1.5

الإستنزاف كجم/طن *				
المحصول **	**N**	**P_2O_5**	**K_2O**	**S**
حشائش كناري القصب (DM)	15	6.6	13	
حبوب الرز	13	6.7	3.6	
قش الرز	8.3	2.7	21	
حبوب الشيلم	25	8.2	5.5	1.8
قش الشيلم لكل طن حبوب	14	3.8	27	2.5
قش الشيلم	6.0	1.5	11	1.0
حشائش الشيلم (DM)	22	6.0	22	
حبوب الذرة البيضاء	13	7.8	5.4	1.2
عيدان الذرة البيضاء لكل طن حبوب	11	3.2	17	2.4
عيدان الذرة البيضاء	14	4.2	21	3.0
الذرة البيضاء صنف سودان (DM)	15	4.8	17	2.9
حبوب فول الصويا	55	12	20	3.0
تبن فول الصويا (DM)	23	5.5	13	2.5
عيدان فول الصويا لكل طن حبوب	18	4.0	17	2.8
عيدان فول الصويا	20	4.4	19	3.1
جذور البنجر السكري	1.9	1.1	3.7	0.2
قمة البنجر السكري	3.7	2.0	10	0.2
قصب السكر	1.0	0.7	1.8	
حبوب دوار الشمس	27	9.7	9.0	2.5
عيدان دوار الشمس لكل طن حبوب	28	2.4	41	6.0
عيدان دوار الشمس	12	1.0	17	2.5
التبن (DM)	11	6.0	29	
تيموثي (DM) (عشب اوروبي)	13	5.5	21	1.0
الطماطم (البندورة)	1.3	0.5	2.9	
أوراق التبغ	36	9.0	57	6.0
البيقية (DM)	29	7.5	25	
قش القمح لكل طن حبوب	12	2.7	20	2.3
قش القمح	7.6	1.9	15	2.7
حبوب القمح (ربيعي)	25	9.5	5.5	1.7
حبوب القمح (شتوي)	19	8.0	4.8	1.7

* معاملات استنزاف العنصر الغذائي المذكورة قد تتغير مناطقياً اعتماداً على ظروف النمو. إستخدم البيانات المتوفرة محلياً أينما كان ذلك ممكناً.

** DM = على أساس المادة الجافة؛ وبخلاف ذلك فالمحتوى الرطوبي هو معيار اتفاقية التسويق أو عند المحتوى الرطوبي المحدد.

مثال: بإستخدام **جدول 4.5** كمثال للموازنة الغذائية فإنّ 10 طن/هكتار لمحصول الذرة استنزف 63 كجم P_2O_5 من التربة (10×6.3=63). وبذلك فإنّ الإضافة للحفاظ على P_2O_5 سيكون 63 كجم/هكتار.

جدول 4.6 التباين في استنزاف العنصر الغذائي في الجزء المحصود للذرة وفول الصويا والقمح في منيسوتا، الولايات المتحدة الأمريكية (Nathan, 2011).

الإستنزاف كجم/طن									
القمح			فول الصويا			الذرة			
K_2O	P_2O_5	N	K_2O	P_2O_5	N	K_2O	P_2O_5	N	
5.2	8.0	18.5	18.5	11.5	46.8	4.5	6.2	12	المعدل
5.0	8.2	18.7	18.7	11.7	45.7	4.3	6.1	12	الوسيط
3.3	5.0	12.2	12.3	7.0	32.8	2.1	4.1	7.0	الأدنى
7.8	11	25.2	22.3	14.8	61.8	7.7	10.7	17.3	الأقصى
17.5	13.3	14.4	10.6	14.1	11.8	23.4	17.1	13	CV %
174	179	177	267	270	269	512	509	511	العدد

جُمعت عينات الحبوب من كل المقاطعات في الولاية خلال 3 سنوات. ثلثي العينات تقع بين زائد وناقص (CV) واحد من المعدل.

4.6 تقدير الجدوى الإقتصادية لمعدل الإضافة

يعرّف معدل العنصر الغذائي المثالي الإقتصادي (EONR) بأنه المعدل الذي ينتج عنه أكبر عائد نقدي من العنصر الغذائي المضاف للمحصول الحالي. هذا المعدل يكون عادة أقل من معدل العنصر الغذائي المثالي الزراعي (AONR) والذي هو المعدل الأدنى الذي ينتج عنه أقصى غلة للمحصول التي قد تنخفض إذا زادت كلفة المُدخلات وبقيت أسعار المحصول ثابتة. والعكس من ذلك إذا زادت أسعار السلعة وبقيت كلفة المُدخلات ثابتة فإنّ EONR سيقترب من AONR . غالباً فإنّ التذبذبات في أسعار المحصول والسماد تحدث في وقت واحد وتبقى النسبة بين المُدخلات والمُخرجات نفسها و EONR لا تتأثر نوعياً.

هدف الوصول إلى EONR هو النهج المستخدم عادة للعناصر الغذائية مثل N وS والتي تكون متحركة في التربة ولا تبقى على حالها من سنة لأخرى. أما بالنسبة للعناصر الغذائية التي تبقى وتحتفظ بها التربة بما فيها P و K، فإنّ مزايا إضافة العنصر الغذائي تظهر عادة على الأمد البعيد؛ وعليه فإنّ كُلفها تكون ثابتة لعدة سنوات. تكون الإضافات عادة بمعدلات لتعزيز خصوبة التربة فوق EONR لإستجابة محصول لسنة واحدة، ولكن قد تصبح اقتصادية لفترة زمنية طويلة عند الأخذ بالإعتبار الإستجابات في السنين اللاحقة.

تشمل مزايا تعزيزمستويات خصوبة التربة للمدى المثالي المرونة العالية في اختيارات المصدر والمعدل والوقت والمكان، وتمنح المرونة العالية المزارعين الإستفادة من ظروف السوق وتذبذب أسعار السماد. إنّ نسب الأسعار العالية (كلفة المُدخلات العالية نسبة إلى قيمة المحصول) تزيد من أهمية استخدام ممارسات الإدارة الأفضل لتحديد معدلات إضافة السماد المطلوبة لتحسين غلة المحصول والربحية. أما نِسب الأسعار المنخفضة (كلفة المُدخلات المنخفضة نسبة إلى قيمة المحصول) فغالباً ما ينتج عنها مخاطر ربحية أقل؛ على أنّ المخاطر البيئية المرافقة للإضافة المفرطة للعنصر الغذائي تكون أكبر. انظر الجزء 5.8 لتفاصيل أكثر.
تحت أي سيناريو اقتصادي تكون أفضل إدارة للمخاطر حينما يتم اتباع المبادئ العلمية لإختيار معدل السماد الصحيح [4R].

المراجع

IPNI. 2005. Nutrients Removl in Harvested Portion of crop. Norcross, GA. [On–line].

Havlin, J.L. et al. 2005. Soil Fertility nd Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management. 7th edition. Pearson Prentice Hall. NJ, USA.

Nathan, M. 2011. Improving accuracy of nutrient removal estimates status report. University of Missouri, Colombia.

نموذج 4.1.1 يُحدَد احتياج سماد N للقمح والذرة الصفراء في الأرجنتين بصورة أفضل بتقييم N التربة قبل الزراعة. في الحقيقة تقييم N (غير العضوي) الجاهز عند وقت الزراعة كان وسيلة مفيدة لتحديد احتياجات سماد N في المناطق شبه الرطبة وشبه الجافة في أرجاء العالم. ولمنطقة معينة يمكن تقدير مستوى N الجاهز عند الزراعة ولا يُتوقع الإستجابة لسماد N عندما يكون المستوى أعلى من ذلك. هذه المنهجية تمّ معايرتها ولاقت نجاحاً في مناطق عديدة وخاصة منطقة بامباس في الأرجنتين لمحصولي القمح والذرة الصفراء. إنّ معدلات السماد النيتروجيني (Nf) تمّ تقديرها من الفرق بين مستوى NREQ وكمية NO_3^-–N المحددة قبل الزراعة:

$$Nf = NREQ – X$$

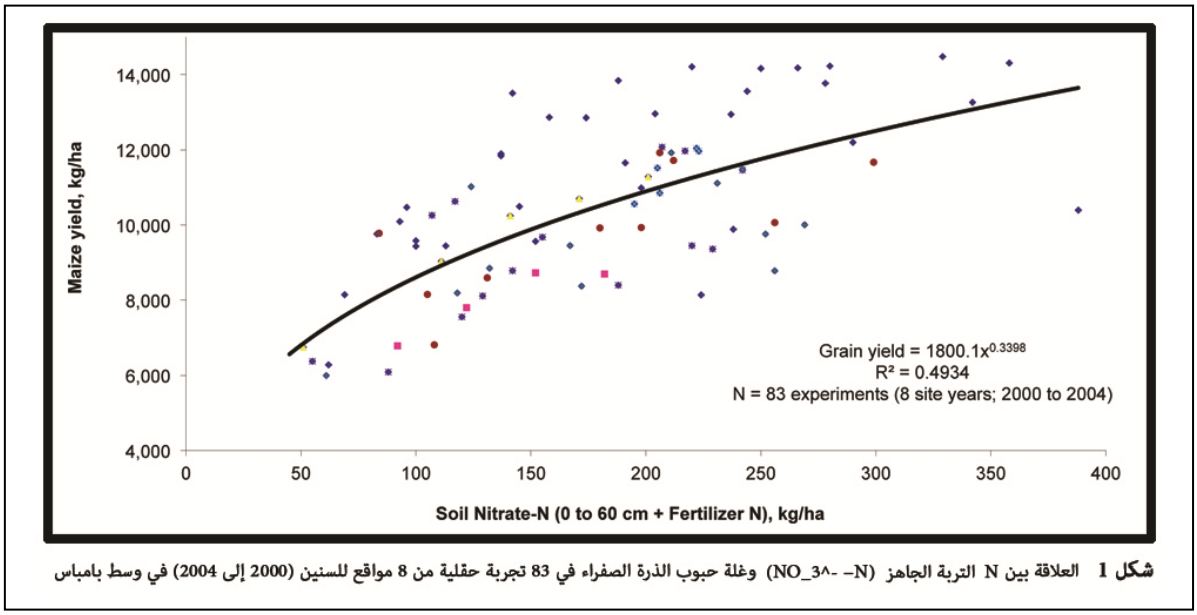
حيث أنّ: Nf هي كمية سماد N الممكن إضافتها.
NREQ هي N التربة زائداً سماد N المطلوب.
X هي كمية NO_3^-–N في التربة عند عمق 0–60 سم.

في **الشكل 1** إذا أشار فحص التربة عند الزراعة بجاهزية 70 كجم/هكتار NO_3^-–N والغلة المقدّرة هي 7,700 كجم/هكتار. كذلك إذا كانت الغلة التي يمكن الوصول إليها في حقل معين هي 10.000 كجم/هكتار فإنّ NREQ التي ينبغي الوصول إليها من N الجاهز هي 150 كجم/هكتار ومعدل N الموصى به سيكون 80 كجم/هكتار من سماد N.

إنّ مستويات NREQ للقمح والذرة الصفراء بموجب الغلة المتوقعة لمناطق بترب ومناخات مختلفة مبينة في **جدول 1**.

المصدر:

Bianchini A.F. Garcia and Melchiori. 2008. In J. Hatfield and R. Follet (Eds). Nitrogen The Environment: Sources, Problems, and Management. Elsevier–Academic Press, San Diego, CA, USA pp 105–124.



شكل 1 العلاقة بين N التربة الجاهز (NO_3^- –N) وغلة حبوب الذرة الصفراء في 83 تجربة حقلية من 8 مواقع للسنين (2000 إلى 2004) في وسط بامباس

جدول 1 الغلة المتوقعة وما يقابلها من متطلبات N لمناطق مختلفة			
المنطقة	**مستوى NREQ (0-60سم، NO_3^-–N)**	**الغلة المتوقعة**	**المرجع**
ـــكجم/هكتار ـــ			
القمح			
جنوب شرق بيونس آيرس	125	3.500	Gonzālez Montaner et al., 1991
جنوب شرق بيونس آيرس	175	–5.000 5.500	Gonzālez Montaner et al., 2003
وسط وجنوب سانتافي	92	–3.500 4.000	Salvagiotti et al., 2004
جنوب سانتافي وقرطبة	150–100	–3.200 4.400	Garcia et al., 2006
الذرة الصفراء			
شمال بيونس آيرس	150	9.000	Ruiz et. al., 2001
شمال بيونس آيرس	170–150	10.000	Alvarez et al., 2003
وسط وجنوب سانتافي	135 162	9.500> 9.500<	Salvagiotti et al., 2004
جنوب سانتافي وقرطبة	200–150	–10.000 11.000	Nutrition network CREA Southern Santa Fe, 2009

نموذج 4.1.2 حساب معدلات السماد في الحبوب بإستخدام بيانات تقنية القطاع المحذوف في التصميم التجريبي (Omission plot data). إنّ تقنية القطاع المحذوف في التصميم التجريبي للعنصر الغذائي تَستخدم لحساب معدلات السماد للحبوب (الرز، القمح، الذرة الصفراء) معلومات غلة الحبوب المستحصلة من قطاعات حُذف منها العنصر الغذائي المعني عند المستويات العالية وأضيفت العناصر الغذائية الأخرى لضمان أن لا تكون محددة للغلة. أُستخدمت الغلة من القطاع المحذوف في التجارب الحقلية كتقدير غير مباشر لقدرة تجهيز التربة للعنصر الغذائي المحذوف. والفرق بين غلة الحبوب بين القطاع المحذوف وآخر مسمّد عند المستويات العالية يمكن أن يُستخدم لتقدير معدل السماد المطلوب لمختلف الغلات المستهدفة.

جدول 1 الغلات من تجارب تقنية القطاع المحذوف في التصميم التجريبي للقمح الشتوي في الهند

المعاملة	الغلة، كجم/هكتار
1. معدلات كافية من N ، P و K	5556
2. N محذوف ، معدلات كافية من P و K	1667

بما أنّ معدل N المضاف في القطاع (الوفرة ample) في **جدول 1** كان 150 كجم/هكتار، فالكفاءة الزراعية «AEN» لهذا القطاع كانت [(5556–1667) /150] = 26 كجم حبوب لكل كجم سماد N.

إذا تم افتراض نفس قدرة تزويد N من التربة ونفس مستوى الكفاءة (26 كجم/كجم) لحقول أخرى في المنطقة فإنّ **جدول 2** يبين المعدلات الناجمة التي يوصى بها لمختلف الغلات المستهدفة (مثال الحقول رقم 1 ورقم 2). إذا أقيم القطاع المحذوف في المنطقة بمحصول يختلف عن المحاصيل السابقة وأعطى غلة لحقل رقم 3 فهذه المعلومات يمكن استخدامها أيضاً في حساب المعدل.

جدول 2 حساب المعدل لثلاث أمثلة في حقول قمح شتوية

رقم الحقل	الغلة المستهدفة كجم/هكتار	غلة القطاع المحذوف في التصميم التجريبي كجم/هكتار	حساب معدل N، كجم/هكتار
1	6500	1667	26/(1667–6500) = 186
2	4500	1667	26/(1667–4500) = 109
3	6500	2500	26/(2500–6500) = 154

وبالمقارنة بالقيم المستحصلة عبر تجارب عديدة فإنّ قيم AE_N المحسوبة من البيانات في **جدول 1** عالية نسبياً (انظر الجزء 4.4 و**جدول 3**). إنّ التوصيات تكون أكثر دقة عندما يمكن استحصال قيم محلية **لمحدودية الموقع** لـ AE_N ولغلة القطاع المحذوف والغلة المستهدفة.

جدول 3 المستويات المرصودة لـ AE_N للحبوب من تجارب زراعية مختارة في الهند

المحصول	مضاف N فقط [1]	N مع وفرة من P و K [2]	ممارسة المزارعين، بنجاب [2]	إدارة العنصر الغذائي محدودية الموقع
الذرة الصفراء	7–4	14–7	—	26.28 [3]
القمح	12–7	24–17	—	20.28 [3]
الرز	12-7	23–14	10–8	22.34 [4]

[1] Biswas, P.P. and P.D. Sharma, 2008. Indian J. Fert. 4(7): 59–62.
[2] Khurana, H.S. et al. 2007. Agron. J. 99:1436–1447.
[3] IPNI unpublished dta 2011.
[4] Singh, B. et al. 2012. Field Crops Research 126: 63–69.

إنّ تقنية القطاع المحذوف في التصميم التجريبي للعنصر الغذائي يمكن أن تكون بديلاً مقبولاً للطريقة المبنية على أساس فحص التربة وخاصة في مناطق العالم التي لا تتوفر فيها خدمات تحليل التربة، حيث أنّ هذه الحالة هي السائدة في العديد من الدول النامية.

نموذج 4.6.1 معدلات N المثلى الإقتصادية للقطن في تربة مزيجة طينية غرينية في ألباما تتغير قليلاً مع تغيرات الأسعار. في هذا المثال، مع أنّ أسعار القطن و N تتغير كثيراً فإنها تتغير عادة معاً مع المحافظة على ثبات نِسب السعر إلى الكُلفة نسبياً وثبات EONR نسبياً.

مقتبس عن:

Snyder, C.S. and W.M. Stewart. 2005. Using the most profitable nitrogen rate in your Cotton Production System. [On– line].

	سعر القطن			
سعر N	1.15 دولار/كجم	1.37 دولار/كجم	1.58 دولار/كجم	1.81 دولار/كجم
دولار/كجم ($/kg)	معدل N المثالي الإقتصادي، دولار/كجم			
1.10	91	94	96	99
1.21	88	92	95	97
1.32	87	91	93	96
1.43	85	88	92	95
1.54	83	86	91	94
1.65	81	85	90	93

نموذج 4.6.2 تتغير المعدلات الإقتصادية المثلى لـ N للذرة قليلاً فقط مع ظروف السوق خلال فترة الـ 10 سنوات. وفي وسط غرب وشمال غرب مناطق أنديانا، قُدّر المعدل المطلوب لإزالة محدوديات N لمحصول الذرة التي تلي فول الصويا بـ 192 كجم N/هكتار. إنّ المعدل المثالي الإقتصادي – يُعرّف على أنه المعدل الذي تُسترد عنده الإضافة الأخيرة من سماد N من زيادة غلة الحبوب بما يكفي لتغطية كلفته – حيث يعتمدعلى النسبة السعرية وتكون عموما منخفضة. وما بين 2000 و2009 تراوحت النسبة السعرية بين سماد N وحبوب الذرة (معبر عنها دولار/طن N مقسومة على دولار/طن حبوب) بين 5 و10 (النسبة العالية تعكس سماد أكثر غلاءً نسبياً). إنّ المعدلات الموصى بها (كجم/هكتار) ضمن هذا المدى للنسب السعرية تتباين كما مبين في الجدول التالي.

مقتبس عن:
Camberato et al. 2011. Nitrogen management guidelines for Indiana. [On– line].

سعر الحبوب، دولار/طن						
كلفة N/طن	110 دولار	130 دولار	150 دولار	170 دولار	190 دولار	210 دولار
440 دولار	181	183	184	185	185	186
660 دولار	†177	178	180	181	183	183
880 دولار	171	175	177	178	179	180
1100 دولار	167	170	173	175	177	178
1320 دولار	162	166	169	171	174	175
1540 دولار	156	162	166	168	170	172
1760 دولار	152	158	162	165	168	170
1980 دولار	148	153	158	162	165	167
2200 دولار	142	149	155	159	162	165

† القيم المضللة تمثل توصيات EONR (كجم/هكتار) عند نسب سعرية (معبر عنها دولار/طن N مقسومة على دولار/طن حبوب) ما بين 5 و 10.

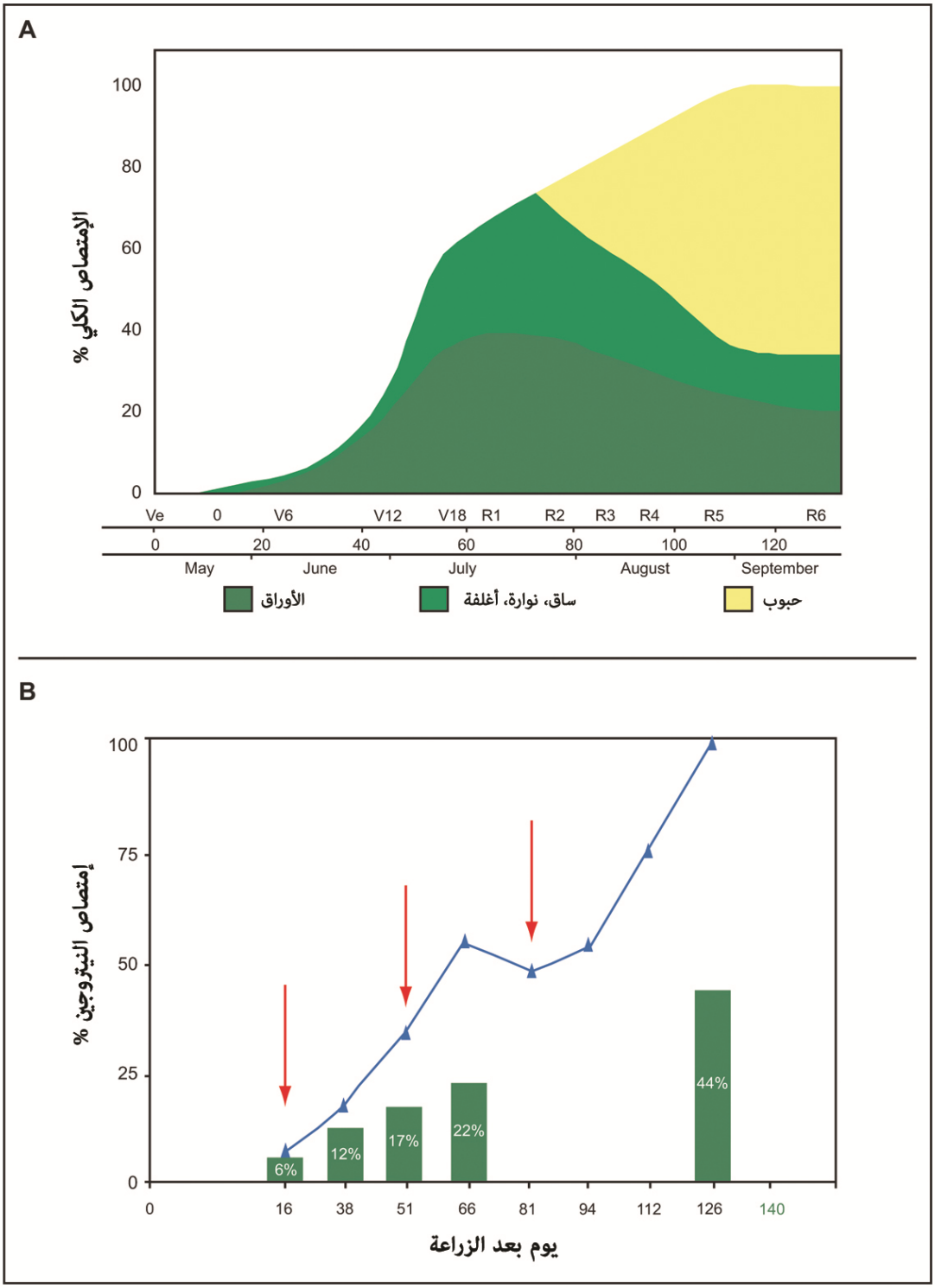
الفصل الخامس
المبادئ العلمية لتحديد الوقت الصحيح

إنّ المبادئ العلمية الأساسية التي تحدد الوقت الصحيح لإضافة العنصر الغذائي تحت ظروف معينة هي التالية:

- **مراعاة المصدر والوقت ومكان الإضافة.**
- **تقدير وقت امتصاص النبات.** ينبغي أن تضاف العناصر الغذائية للتوافق مع إحتياج المحصول للعنصر الغذائي خلال الموسم والذي يعتمد على تاريخ الزراعة وصفات النمو للنبات و مدى حساسية النقص عند مراحل نمو معينة، ... الخ.
- **تقدير ديناميكية تزويد العنصر الغذائي في التربة.** توفر معدنة المادة العضوية للتربة كميات كبيرة من العناصر الغذائية ولكن إذا فاقت حاجة المحصول الكميات المحررة فإنّ نقصها قد يحدّ من الإنتاجية.
- **تقييم ديناميكية فقدان العناصر الغذائية من التربة.** على سبيل المثال، في المناطق المعتدلة تميل أن تكون فواقد الغسل أكثر حدوثاً في الربيع والخريف.
- **تقييم الخدمات اللوجستية للعمليات الحقلية.** على سبيل المثال فإنّ الإضافات المتعددة للعناصر الغذائية قد ترتبط أو لا ترتبط مع منتجات حماية المحصول. فإضافة العناصر الغذائية ينبغي أن لا تؤخر العمليات الحساسة بالنسبة للوقت مثل البدء بالعمليات الزراعية.

5.1 تقدير وقت امتصاص النبات

إنّ تقدير ديناميكية امتصاص المحصول وأنماطها يمكن أن يكون العنصر الأهم في تحديد الوقت الصحيح لإضافة العنصر الغذائي. فإمتصاص العناصر الغذائية الرئيسية ونمط تراكم المادة الجافة تكون متماثلة لمعظم المحاصيل واعتيادياً تتبع المنحنى السيني أو بشكل "S" (**شكل 1.5**) حيث يتصف بإمتصاص بطيء في البداية ويزداد إلى الحد الأقصى خلال طور النمو السريع وينخفض عند نضج المحصول. وبهذا يكون معدل امتصاص النبات للعنصر الغذائي غير ثابت خلال الموسم.



شكل 5.1 امتصاص N التراكمي للذرة الصفراء مقسّم حسب أجزاء النبات (A) وامتصاص N التراكمي مع أوقات احتياج الذروة (الأعمدة الخضراء) وأوقات الإضافة الموصى بها (الأسهم الحمراء) للموز (B).
المصادر (A) منقول عن : How a Corn Plant Develops, Iowa State Universit Special Report No. 48, November 2008.
(B) منقول عن : Bertsch F. Estudios de absorciÖn de nutrientes como apoyo a las recomendaciones de fertilizacÖn. Informaciones AgronÖmicas 57:1–10. 2005.

إنّ توقيت الإضافات عند مراحل نمو معينة قد يكون مفيداً لغلة المحصول و/أو نوعيته في بعض أنظمة إنتاج بعض العناصر الغذائية أبرزها N وأيضاً فإنّ توقيت الإضافات قد يكون مفيداً لتقليل التأثيرات البيئية لفقدان العنصر الغذائي من التربة.

يمكن إعطاء أمثلة عديدة عن توقيت الإضافات السمادية المعتمدة حسب مرحلة نمو المحصول لكن القليل منها سيتم ذكرها هنا.

- **إضافة N و K لمحصول القطن.** إنّ غالبية كل من N و K في إنتاج القطن يستهلكه النبات بعد ظهور أول مرحلة إزهار أو بداية مرحلة التكاثر. ومن المهم التأكد من أن تكون هذه العناصر الغذائية متوفرة بكميات كافية عندما يكون الطلب أعلى ما يمكن. في بعض الحالات تبدأ الإضافات الورقية لـ N وحتى K عند أول إزهار والتي يمكن أن تحسّن من غلة القطن و/أو نوعيته.

- **إضافة N للحبوب الصغيرة مثل القمح.** تدعو معظم التوصيات لمحصول القمح إلى إجراء بعض الإضافة من N عند الزراعة والغالبية تضاف نثراً على السطح قبل ظهور السلاميات (jointings). ومع مرور الوقت فإنّ غالبية N تكون قد أُستهلكت وإذا لم تُستخدم سابقاً ممارسات عملية حقلية جيدة للنيتروجين N فإنّ الغلة سوف تتعرض للضرر. وبما أنّ تحديد الغلة يتم عند مرحلة التسبيل (headings) فإنّ الإضافة المتأخرة في الموسم لـ N خلال هذه المرحلة في بعض أنظمة إنتاج القمح يمكن أن تزيد من بروتين الحبوب، وهذا قد يكون مفيداً عندما تمنح مكافئة للقمح الذي يحتوي على نسبة بروتين عالية. ينبغي أن يُراعى في هذه الإضافات المتأخرة بالموسم تجنب الضرر الذي قد يؤثر على إمتلاء الحبوب (مثال ذبول الورقة).

- **أشجار الفاكهة.** أشجار الفاكهة هي نباتات معمرة والتي تكون خصائصها في امتصاص وتوزيع المغذي مختلفة عن معظم المحاصيل الحقلية. والمثال الجيد هو نباتات العنب والتي لها ثلاث مراحل مميزة لإمتصاص العنصر الغذائي؛ الفترة بين ظهور الفروع/ نمو الأوراق في مراحلها الأولى وظهور الأغصان الجديدة/ تكوين الثمار، والفترة بين تكوين الثمار المبكر ونمو الثمار، والفترة بعد نمو الثمار إلى مرحلة النضج.

- **المحاصيل الإستوائية شبه المعمرة.** لمحاصيل مثل نخيل الزيت والموز والتي يكون حصادها مستمراً، فالوقت الصحيح يعتمد غالباً على أنماط المناخ والفرصة للإضافة. مع ذلك من المهم الأخذ بالحسبان ذروة الإنتاج المتوقعة، مثلاً بدء الأمطار بعد الفترة الجافة.

- **Ca للفول السوداني.** يعتبر الفول السوداني حساساً لنقص *Ca* و يجب ان تتوفر مستويات عالية من Ca في منطقة الجذور بصورة صالحة للإمتصاص و خاصة في مرحلة تكون قرون الفول، لذلك تتم الإضافات في بعض الأحيان قبل الإزهار لمركبات Ca الذائبة (مثل كبريتات الكالسيوم أو نترات الكالسيوم).

- **Mn لفول الصويا.** غالباً تُجرى الإضافات الورقية الموسمية المبكرة من Mn لفول الصويا عندما تظهر أعراض النقص على أنسجة النبات.

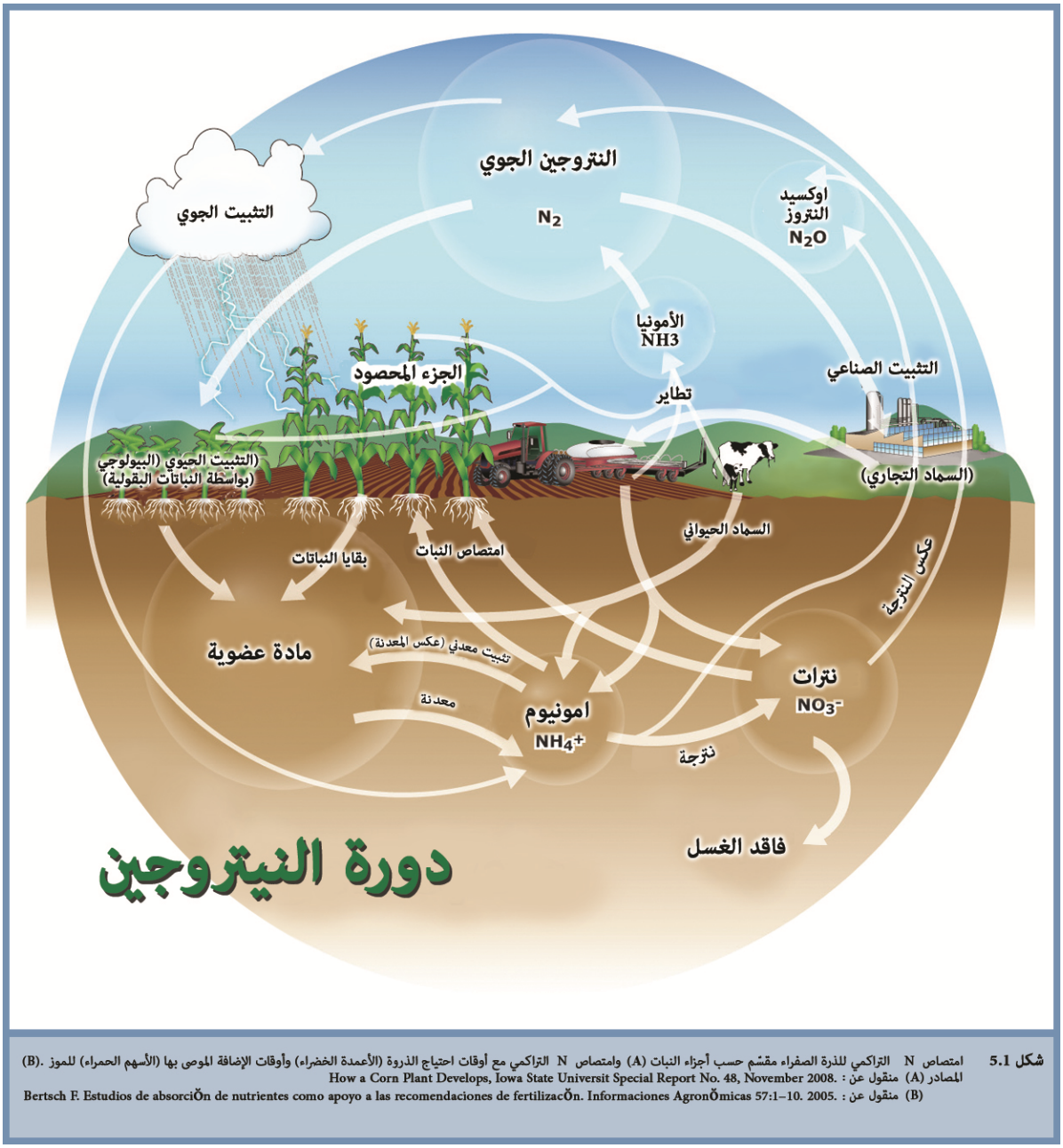
إنّ الإعتبار الآخر للتوقيت الصحيح هو حساسية المحصول لنقص عناصر غذائية معينة والمتعلقة غالباً بظروف التربة. تكون بعض المحاصيل أكثر عُرضة لنقص عنصر معين من المحاصيل الأخرى، وعليه فإنّ المحاصيل المعرّضة للنقص قد تتطلب توقيت معين لإضافة السماد.

أسئلة؟

1) أحد المبادئ العلمية الأساسية الخمسة لتحديد الوقت الصحيح تحت ظروف معينة هو:
أ. إضافة العناصر الغذائية قبل فترة وجيزة من مرحلة امتلاء الحبوب.
ب. تقييم العمليات الحقلية اللوجستية.
ج. افتراض معدنة بطيئة للعناصر الغذائية في التربة.
د. إضافة العناصر الغذائية قبل فترة وجيزة من إمكانية فقدان العنصر الغذائي بالغسل.

2) امتصاص العناصر الغذائية الرئيسية بواسطة معظم المحاصيل يتبع اعتيادياً منحنى بشكل يُصطلح عليه:
أ. السيني.
ب. المعيني.
ج. الكروي.
د. الخطي.

3) إضافة سماد N خلال ظهور سنابل القمح يمكن أن يزيد:
أ. غلة الحبوب.
ب. إمتلاء الحبوب.
ج. بروتين الحبوب.
د. نوعية نشا الحبوب.



شكل 5.1 امتصاص N التراكمي للذرة الصفراء مقسّم حسب أجزاء النبات (A) وامتصاص N التراكمي مع أوقات احتياج الذروة (الأعمدة الخضراء) وأوقات الإضافة الموصى بها (الأسهم الحمراء) للموز (B).
المصادر (A) منقول عن : How a Corn Plant Develops, Iowa State Universit Special Report No. 48, November 2008.
(B) منقول عن : Bertsch F. Estudios de absorciÖn de nutrientes como apoyo a las recomendaciones de fertilizacÖn. Informaciones AgronÖmicas 57:1–10. 2005.

5.2 تقييم وتقدير ديناميكية التربة في تزويد العنصر الغذائي

تمتلك معظم الترب القدرة على تزويد بعض من متطلبات المحصول من العناصر الغذائية على أقل تقدير. عموماً كلما كانت التربة رملية أو تربة مجواة كلما قلت قدرة التربة على تزويد العناصر الغذائية. إنّ قابلية تزويد العناصر الغذائية في التربة يؤثر كثيرا على تحديد معدل اضافة السماد كأحد مكونات 4Rs لكنها يمكن أن تؤثر في خيارات التوقيت والمتطلبات أيضاً. بوجه عام كلما زادت قدرة التربة على الإحتفاظ وتتزويد المحصول بالعنصر الغذائي الجاهز خلال موسم النمو، كلما قلت الحاجة ليكون هنالك تركيز على التوقيت الحرج للعنصر الغذائي. إنّ المثالين المتناقضين هما:

- لترب زراعية عديدة فإنّ أسمدة P و K يمكن إضافتها مرة واحدة لتوفير إحتياج محصول أو محاصيل متعددة. إنّ P و K المضافة تُمسَك بواسطة التربة لكنها تبقى جاهزة على طول الوقت.

- بعض الترب ذات القلوية العالية أو الترب الحامضية الشائعة جداً في المناطق الإستوائية لها قدرة عالية جداً على تثبيت P. لذا فإنّ الأسمدة الفوسفاتية المضافة لهذه الترب يمكن أن تتحول بسهولة إلى صيغ ذائبة وصيغ غير جاهزة من P بكميات قليلة نسبياً. وبذلك في هذه البيئة يكون شائعاً إضافة سنوية لمركبات سماد P بحُزم مركزة عند الزراعة لتعزيز توفره للمحصول و تقليل تثبيته في التربة.

إنّ الفهم السليم لتحولات N والعناصر الغذائية الأخرى في التربة أساسية في تقييم ديناميكية تزويد العنصر الغذائي في التربة. فالنيتروجين يمتص إما نترات (NO_3^-) أو امونيا (NH_4^+) والصيغ الأخرى من N يجب أن تتحول إلى نترات أو امونيوم قبل إستفادة النبات من N. يبين **شكل 2.5** صورة لدورة N وكيفية انتقاله وتحوله. في تربة معينة يوفَر N الجاهز للنبات إما بواسطة معدنة المادة العضوية للتربة أو بواسطة النترات والأمونيا الباقية في التربة. في المناخ الجاف يمكن تراكم النترات في الترب ونقلها عبر أكثر من موسم. وأينما تكون الأمطار غزيرة فإنّ النترات تزال بسهولة أكثر من الترب بواسطة الغسل و/أو بعملية عكس النترجة. والنيتروجين قد يدخل التربة من الجو عن طريق مسالك متنوعة أو قد يضاف كسماد وبقايا محصول أو سماد حيواني. إنّ دورة النيتروجين هي الأكثر تعقيداً من بين العناصر المغذية كونها عُرضة لتحولات وفواقد أكثر من غيرها.

إنّ العامل المهم الآخر في تقييم ديناميكية توفير العنصر الغذائي في التربة هو مستوى فحص التربة. ففحص التربة هو ليس العلم الدقيق كونه لا يوفر إجابة مطلقة ان كانت الإستجابة لإضافة السماد في وقت محدد سوف تكون متوقعة. هنالك ببساطة عوامل أخرى عديدة جداً والتي تؤثر في النظام حيث لا يمكن لقياس منفرد مثل مستوى فحص التربة التنبؤ دائماً بالمُخرجات. فهو يوفر أو يعطي فكرة على الأقل عن احتمالية الإستجابة لإضافة السماد بعنصر غذائي معين. عموماً كلما كان مستوى فحص التربة أعلى كلما قلت الحاجة لإضافة السماد وأعطت أعلى مرونة في توقيت الإضافة. انظر الجزء 5.8 لتفاصيل أكثر.

عند تقييم ديناميكية توفير العنصر الغذائي في التربة يجب أن يؤخذ بالإعتبار دورة العنصر الغذائي المعني. و في هذا المجال يجب الإنتباه الى الأمور و التساؤلات الرئيسية التالية:

- هل هنالك مشاكل تتعلق بالتثبيت المعدني أو العمليات الأخرى التي قد تعطل توفير العنصر الغذائي؟
- هل تمتلك التربة القدرة على اجراء تسوية في جاهزية العناصر الغذائية المضافة مع مرور الوقت (مثل P في الترب عالية الحموضة والقلوية)؟

هذه الأسئلة وغيرها تؤثر بدرجة ما في قرارات توقيت ومعدل ومكان ومصدر السماد.

5.3 تقييم وتقدير ديناميكية فقدان العنصر الغذائي من التربة

عموماً إنّ فقدان النيتروجين و P من الأنظمة الزراعية هو الأكثر إثارة للقلق لأنّ فقدان كل منهما ليس له تأثيرات اقتصادية سلبية فحسب بل يمكن أن يخلق أيضاً مشاكل و مخاطر بيئية معينة. فالنيتروجين يمكن فقدانه من خلال طرق متعددة وتشمل غسل النترات والجريان السطحي من الحقول والفقدان بشكل غاز، ويميل النيتروجين في التربة ليتحول إلى صيغة نترات.

وبسبب شحنته السالبة فإنّ النترات لا تنجذب لحبيبات الطين السالبة الشحنة والمادة العضوية، لذلك فهو حر يسهل غسله بحركة الماء خلال مقد (بروفايل) التربة. إنّ الفسفور هو اقل عُرضة للغسل بكثير ولكن فواقد قليلة من P يمكن أن يكون لها تأثيرات كبيرة على نوعية المياه ويحدث فقدان P من الحقول بدرجة رئيسية بواسطة الجريان السطحي. في بعض الترب يمكن أن يكون الفقدان من خلال أنابيب الصرف كبيراً، وعندما تحتوي الترب على مستويات عالية جداً ومتراكمة من P فإنّ إمكانية غسل الفسفور إلى المياه الجوفية عندما يكون مستوى المياه ضحل يؤدي إلى فقدان P من التربة. إنّ وضع سماد P تحت السطح يمكن أن يقلل كثيراً من مخاطر فقدانه من التربة.

في التربة والبيئات المناخية والتي يكون فيها إمكانية كبيرة لفقدان العناصر الغذائية يتطلب توقيت الإضافة أن يكون أكثر دقة وتحديداً. على سبيل المثال فإنّ الإضافة الخريفية من N للمحاصيل المزروعة في الربيع مثل الذرة الصفراء ينبغي أن تتم ممارستها فقط في المناطق الجغرافية التي تكون فيها مخاطر الفقدان قليلة في نهاية الخريف بعد أن تكون درجة حرارة التربة تحت 10°م وتوقع استمرار البرودة. إنّ الإضافات الربيعية قبل الزراعة/ أو بنثر السماد بجانب النبات توفر عادة مخاطر أقل للفقدان وربحية أعلى، وهي مفضلة للإضافة الخريفية بالرغم من التحديات اللوجستية. على العكس من ذلك فإنّ بعض أنظمة الذرة الصفراء المروية تمكّن المزارعين من إجراء إضافات متعددة من N في الموسم من خلال ممارسة التسميد مع الري، اضافة لذلك اختيار التوقيت المثالي ليكون أكثر توافقاً مع احتياج المحصول. وعليه ومن خلال التوقيت فإنّ كفاءة استعمال العنصر الغذائي يمكن تحسينها واحتمال تقليل الفاقد منه.

5.4 تقييم لوجستية الممارسات الحقلية

إنّ الأبعاد اللوجستية في توزيع السماد والعمليات الحقلية ومعدات الإستخدام هي عوامل مهمة مؤثرة في قرارات توقيت الإضافة. وبإزدياد حجم المزرعة في مناطق عديدة أصبحت الحاجة أكبر من أي وقت مضى لضبط العمليات اللوجستية في توقيت بدء عملية الزراعة والمدخلات. فالإضافة المبكرة للسماد مثل الإضافة الخريفية لمحاصيل مزروعة في الربيع يمكن أن يقلل الضغط على عمليات الإستزراع وقد يعطي وقت أكثر لبدء عملية الزراعة. عموماً تعتبر الإضافة المبكرة لسماد P و K ممارسة مقبولة ومنطقية عندما تكون مخاطورة الجريان السطحي بسيطة في الوقت بين الإضافة وموسم النمو، مع ذلك وكما ذُكر سابقاً ينبغي توخي الحذر في إضافة N بصورة مبكرة جداً حيث توجد مخاطر مرتفعة لفقدها من خلال الغسل و/أو عملية النترجة.

في المناطق الإستوائية من المهم التحضير جيداً لظروف المناخ المناسبة وينبغي إجراء تحاليل التربة والنبات بشكل جيد وبوقت مبكر قبل حاجة النبات للعنصر الغذائي، وبذلك يتم توجيه وضمان شراء وتخزين الأسمدة المناسبة. ينبغي للمواد السمادية أن تكون جاهزة قبل أسابيع من الوقت المتوقع للإضافة، فالإدارة السيئة بهذا الشأن قد يؤدي إلى مشاكل خطيرة في بعض الأنظمة الإستوائية. على سبيل المثال إذا لم يضاف N و K معاً فقد ينتج اختلال في توازن العناصر الغذائية والذي يُعرّض النباتات لمهاجمة الآفات كما تمّ توثيقه في آكلة ورق نخيل الزيت والتي تستفيد من N العالي و K المنخفض لأوراق الشجرة.

إنّ تكنولوجيا الأسمدة ذات التحرير البطيء (بطيئة الذوبان) والأسمدة عالية الكفاءة الأخرى قد تكون وسائل مفيدة حينما تتطلب العمليات اللوجستية إضافة واحدة في وقت قد يكون اعتيادياً غير مناسب. إنّ سعر هذه التكنولوجيا قد حدّ من استخدامها التقليدي في الزراعة الإنتاجية التجارية، كما أنّ زيادة أسعار العناصر الغذائية وزيادة الإهتمامات البيئية والتغيرات في العمليات اللوجستية و/أو استعمال المنتج أصبح مجدياً من الناحية الإقتصادية أكثر كما هو مع المحاصيل الإستوائية الكثيفة مثل الموز والذي فيه يمكن تقليص عدد الإضافات، وبذلك توفير في المال والأيدي العاملة.

المراجع

Bruulsema, T.W. (ed). 2008. Managing Crop Nitrogen for Weather. IPNI, Norcross, GA, USA.

MA, L., R. Ahuja, and T.W. Bruulsema (eds). 2009. Quantifying and Understanding Plant Nitrogen Uptake for Systems Modeling. Taylor and Francis Group, LLC, Boca Raton, FL, USA.

Schepers, J.S. and W.R. Raun (eds). 2008. Agronomy Monograph 49. American Society of Agronomy, Inc. Madison, WI, USA.

أسئلة؟

4) يمكن تراكم النترات في الترب ونقلها عبر مواسم متعددة في:
أ. المناخات الرطبة.
ب. المناخات الجافة.
ج. الترب العضوية.
د. الترب العالية القلوية.

5) توقيت إضافة العنصر الغذائي هو الأكثر أهمية لـ :
أ. N
ب. P
ج. K
د. Mo

6) تتضمن عملية النترجة تحويل:
أ. النترات إلى ثاني اوكسيد النيتروجين (NO_3) .
ب. النترات إلى اوكسيد النتروز (N_2O).
ج. الأمونيوم إلى نيتروجين (N_2).
د. الأمونيوم إلى نترات (NO_3^-).

7) في المناخات ذات الأمطار الغزيرة تُزال وتُفقد النترات مباشرة من الترب بواسطة:
أ. الغسل.
ب. النترجة.
ج. التثبيت المعدني.
د. تطاير NH_3.

8) في الترب ذات القدرة العالية في تثبيت P فإنّ توقيت إضافة P المناسب يكون:
أ. سنوياً بعد إنبات المحصول.
ب. سنوياً عند الزراعة.
ج. مرة كل سنتين.
د. مرة كل ثلاث سنوات.

9) للمحاصيل المزروعة في الربيع فإنّ فوائد إضافة N في الربيع بدلاً من الخريف السابق تتضمن:
أ. درجات حرارة تربة أكثر دفئاً.
ب. أقل تداخلاً مع العمليات الحقلية.
ج. أقل مخاطر للفقدان وأعلى ربحية.
د. توقيت أفضل للزراعة.

10) تكنولوجيا السماد عالي الكفاءة والتي تتحكم في توقيت تحرير العنصر الغذائي يمكن أن تكون
مناسبة:
أ. لتحسين العمليات اللوجستية للعمليات الحقلية.
ب. فقط للمحاصيل ذات القيمة العالية مثل الموز.
ج. لتزويد المحصول بالعنصر الغذائي بصورة أسرع.
د. لأي إضافة للعنصر الغذائي.

نموذج 5.1.1 التنبؤ بإستجابة غلة القمح للإضافة المتأخرة من N الإضافي بواسطة لون الورقة. إنّ الممارسة الموصى بها تقليدياً للتسميد بـ N للقمح في شمال غرب الهند هي الإضافة الأساسية (عند البذار) 50% من N المطلوب إضافته و 50% المتبقية تضاف عند مرحلة تكوين الجذر التاجي (CRI) (Zadoks growth stage 13). كما مبين في الجدول أدناه فإنّ إضافة N عند مرحلة التفرع القصوى (MT, Zadoks growth stage 22) أدى إلى زيادة الغلة في كل من الثلاث سنوات عندما تمّ جمع معدلات الأساس و CRI لتصل إلى 80 كجم/هكتار أو اقل، وفي سنتين من الثلاث سنوات عند المعدلات الأعلى. إنّ استجابات الغلة للإضافة المتأخرة من N الإضافي قد زادت بإنخفاض قيمة وحدة قياس الكلورفيل (SPAD) في مرحلة MT إلى أقل من 44.

منقول عن: Bijay-Singh et al. 2002. Agro. J. 94: 821–829

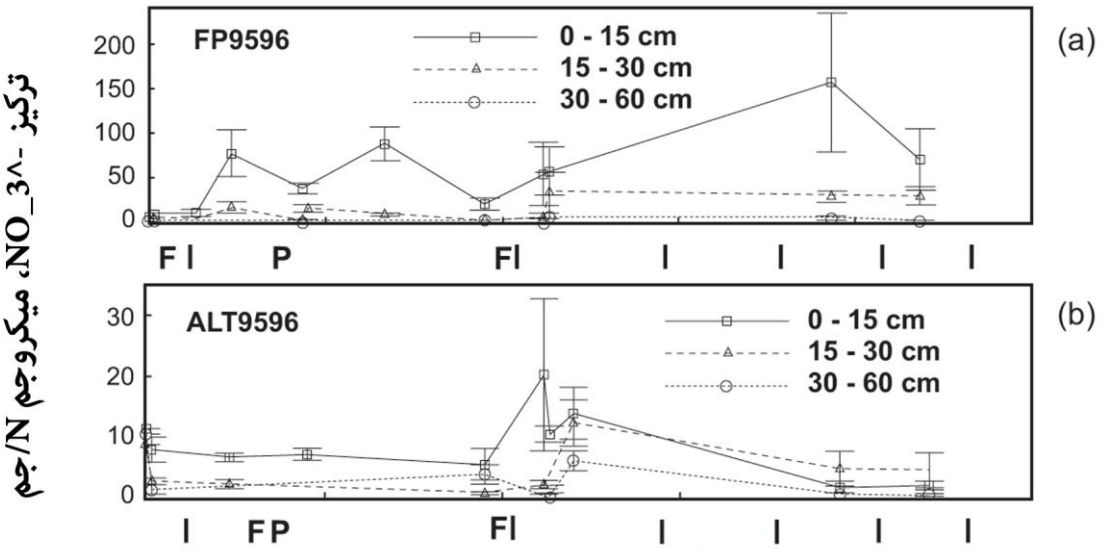
معاملة إضافة سماد N، كجم/هكتار				غلة حبوب القمح ، طن/هكتار		
الأساسية	CRI	MT	المجموع	1997-1996	1998-1997	1999-1998
0	0	0	0	—	†a1.7	a1.8
0	0	30	30	—	b3.1	b2.7
30	30	0	60	3.3	c3.7	c2.9
30	30	30	90	4.1	d4.5	d3.7
40	40	0	80	3.9	d4.2	d3.6
40	40	30	110	4.5	e5.0	*e*4.2
50	50	0	100	4.1	e5.1	f4.4
50	50	30	130	4.5	e5.2	g4.7
60	60	0	120	4.6	e5.1	g4.8
60	60	30	150	4.8	e5.1	h5.1

† ضمن العمود، المتوسطات المتبوعة بنفس الحرف ليست ذات فروقات معنوية عند مستوى احتمالية 0.05 طبقاً لفحص المدى المتعدد لـ دنكن.

نموذج 5.1.2 إضافة N بالتوافق مع إحتياج المحصول قللت من نترات التربة. يحدث أعلى إحتياج لـN بواسطة محصول القمح تقريباً عند بداية استطالة الساق (Zadoks growth stage 31). إنّ موائمة إضافة N لإحتياج المحصول يمكن أن يحسّن كفاءة استخدامه مما ينتج عنه ربحية أعلى للمزارع وأقل تأثيرات سلبية على البيئة. يضيف مزارعو القمح في شمال غرب المكسيك بصورة روتينية 75% من معدل إضافة N الموصى بها (250 كجم/هكتار) قبل الزراعة بـ 3 أسابيع والباقي بـ 5 أسابيع بعد الزراعة. قارن Riley et al. (2001) ممارسة المزارعين لبدائل تحتوي على إضافة 33% من N عند الزراعة والباقي بـ 5 أسابيع بعد الزراعة. لقد وجدوا أنّ التوقيت البديل قد حسّن من امتصاص العنصر الغذائي وقلل من فواقد N بالغسل بحوالي 60% مقارنة بممارسة المزارعين (انظر الشكل) في الوقت الذي تُنتَج عوائد اقتصادية مماثلة للمزارعين.

المصدر:

Riley, W.J.I. Ortiz–Monasterio, and P.A. Matson. (2001). Nutrient Cycling in Agroecosystems, 61(3): 223–236.



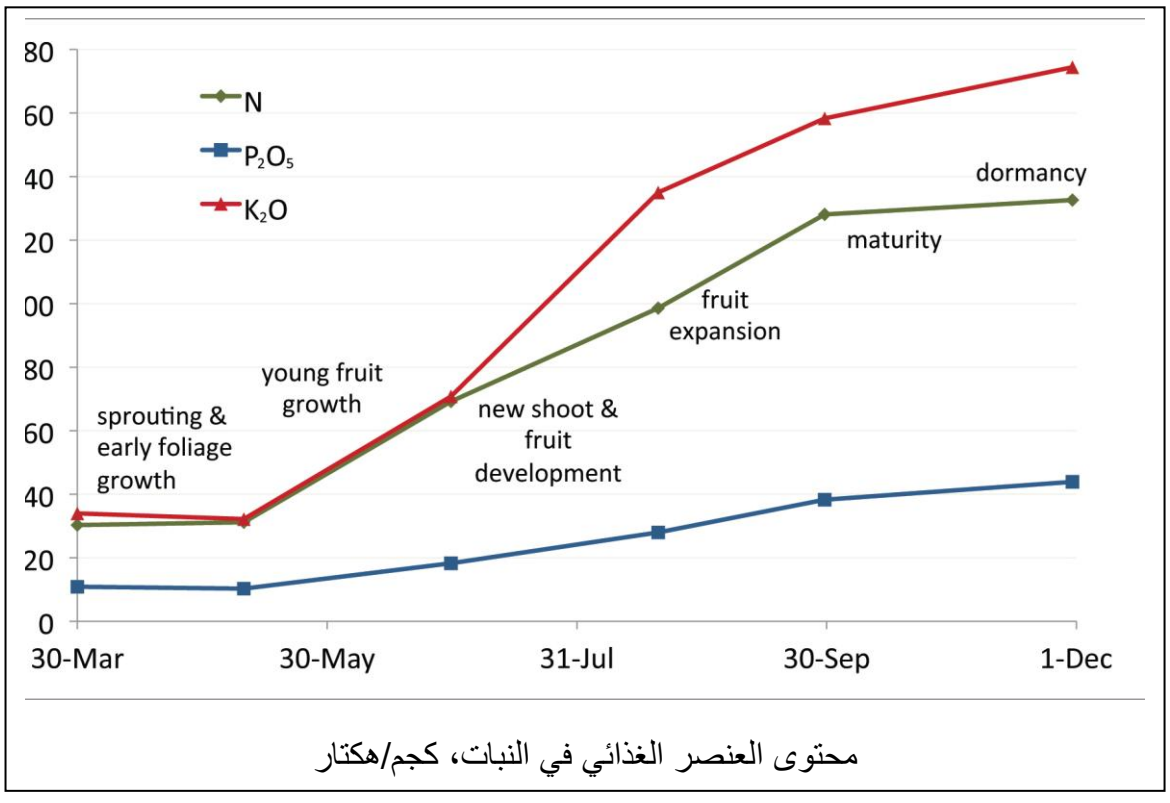
تركيز N المعدني في ماء التربة مُقاس خلال موسم نمو القمح لممارسة المزارع الإعتيادية (FP9596) والممارسة البديلة (ALT9596). تمثل F، I، و P التسميد والري ووقت الزراعة على التوالي. إنّ N المعدني هو $NO_3^- + NO_2^-$ مقاس بواسطة اللايسيميتر لإستخلاص ماء التربة إلى عمق 70 سم.

نموذج 5.1.3 أنماط امتصاص N، P و K بواسطة نبات العنب في منطقة شنسي، الصين تؤثر في توصيات توقيت الإضافة. أجريت الدراسة في مقاطعة فرفنج الواقعة على الروافد الغربية لسهل Gaunzhong في شنسي، الصين للتعرف على امتصاص العنصر الغذائي بواسطة نبات العنب بعمر 7 سنوات حسب مرحلة تطور النبات.

يبين الشكل التالي زيادة في محتوى N، P و K في نبات العنب خلال موسم النمو. خلال الفترة بين 30 آذار و30 تشرين ثاني (نوفمبر) استهلك نبات العنب أكثر من 102 كجم N/هكتار، 33 كجم P_2O_5/هكتار و 140 كجم K_2O/هكتار خلال ثلاث مراحل نمو مميزة: 1) الفترة بين النمو/نمو الأوراق الأولية والأغصان الحديثة/ تكوين الثمار؛ 2) الفترة بين تكوين الثمار الأولية وتوسع الثمار؛ و 3) الفترة بين توسع الثمار إلى نضج الثمار. هذا يعادل 38%، 29% و 29% من مجموع N الكلي، 22%، 29% و 31% من مجموع P، و 26%، 46% و17% من مجموع K. وحسب خاصية امتصاص العنصر الغذائي خلال موسم النمو فإنّ سماد N ينبغي أن يُقسّم بصورة متساوية بين المراحل الثلاثة لإحتياج النبات المذكور أعلاه. ينبغي أن يوفر حوالي 50% من ما يوصى به من P قبل توسع الثمار و 70% من ما يوصى به من K ينبغي إضافته قبل نمو إزهار الأغصان الحديثة.

المصدر:

Tong, Y., et al. 2010. Better Crops with Plant Food, Vol. 94, No. 2, 29–31.



نموذج 5.1.4 تجزئة الجرعة السمادية يجعل Ca أكثر جاهزية للفستق (الفول السوداني). يكون امتصاص الكالسيوم بواسطة النبات مرتبط بدرجة عالية بعملية النتح. فنباتات الفستق تعاني من مشكلة إعادة توزيع Ca من الجذور والساق والأوراق إلى الغلاف (Pod). وبذلك فإنّ مستويات عالية من Ca الجاهز بعد الإزهار تكون مطلوبة في نطاق التربة الذي تتكون فيه أغلفة الفستق وامتصاص Ca. يبين الجدول التالي بأنّ إضافة Ca الأساسية لوحدها قد زاد من غلة الفستق بحوالي 10 إلى 24%. إنّ الإضافة المجزّأة من الجبس أو نترات الكالسيوم أنتج غلة أعلى بحوالي 3 إلى 7% وإستعادة أعلى للكالسيوم بحوالي11 إلى 30% مقارنة بإضافة Ca الأساسية لوحدها.

المصدر:

Lin, B. et al. 1997. Chinese Journal of Soil Science, 28(4):172–174.

المعاملة	100% أساسية		50% أساسية + 50 إضافة سطحية عند الإزهار	
	الغلة جم/اصيص	% إستعادة Ca	الغلة جم/اصيص	% إستعادة Ca
NPK	26	—	26	—
NPK + $CaSO_4$	29	9	30	10
NPK + $Ca(NO_3)_2$	30	10	32	13

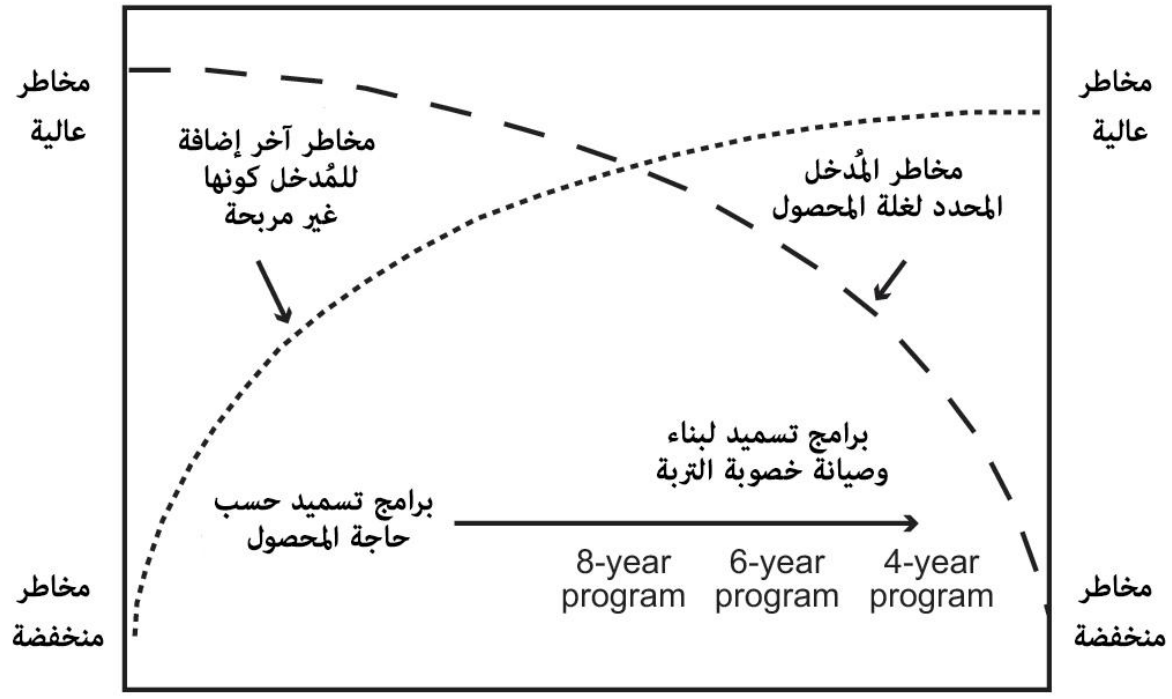
نموذج 5.2.1 مستويات فحص التربة العالية تسمح بالمرونة في توقيت إضافة P و K. إنّ مختبرات فحص التربة لجامعة ولاية كنساس (KSU) جعلت توصيات السماد مبنية على أساس سدّ الحاجة للنبات أو على أساس المحافظة على مستوى جيد من العنصر الغذائي ومن خصوبة التربة (build–maintenance). فيختار المُزارع أي من هاتين الطريقتين لتلائم عمليته بصورة أفضل. إنّ الهدف من الطريقة الأولى هو إضافة الكمية الكافية تماماً من P و/أو K لتحقيق أقصى ربحية في سنة الإضافة، لا بل تقليل إضافات العنصر الغذائي وكُلف السماد. إنّ الهدف من الطريقة الثانية هو لإدارة مستويات فحص التربة من P و/أو K على أنها متغيرات يمكن السيطرة عليها.

عند القيم المنخفضة لفحص التربة، يُقصد من التوصيات إضافة ما يكفي من P و/أو K لمواجهة متطلبات العنصر الغذائي للمحصول المتواجد ولبناء مستويات فحص تربة بقيمة غير محددة أعلى من المستوى الحرج. لقد أنتج مدرسوا جامعة كنساس (KSU) بعض المعلومات التقليدية والأشكال حول العلاقة بين مستوى فحص التربة وغلة المحصول والتوصيات السمادية. تبين العلاقة العامة في الشكل التالي كيف أنه بزيادة مستوى فحص التربة فإنّ المرونة في التوقيت تزداد كذلك وتنخفض مخاطر المُدخل (السماد) المحدد لغلة المحصول.

المصدر:

Leikam, D.F., et al. 2003. Better Crops with Plant Food. Vol. 87, No. 3, P. 6–10.

لمعلومات أكثر، انظر جزء 5.8 .



نمذوج 5.3.1 الإضافة الربيعية من N تزيد من إستعادة N والربح للذرة الصفراء في جنوب منيسوتا.
إنّ الدراسة الطويلة المدى لحزام الذرة الصفراء والتي أجريت في واسيكا، منيسوتا (MN) قارنت الإضافة الخريفية للأمونيا مع وبدون مانع النترجة (N–Serve، أو نترابايرن) بالإضافة الربيعية قبل الزراعة بدون مانع النترجة. يبين الجدول التالي النتائج من هذه الدراسة لمدة 15 عاماً.

بإيجاز تبين البيانات بأنّ إضافات N (كأمونيا) في أواخر الخريف بمانع النترجة والربيعية قبل الزراعة هي أفضل الممارسات. مع ذلك ينبغي ملاحظة أنه عندما تكون الظروف الربيعية رطبة فإنّ الإضافة الربيعية تُنتج غلة وربحية أعلى من الخريفية + N–Serve. إجمالاً إنّ التوقيت الأقل خطورة هو الربيعية قبل الزراعة، يتبعه الخريفية + N–Serve في حين أنّ الخريفية (بدون مانع) هو الأكثر خطورة والأقل كفاءة. لذلك فإنّ إضافة N للذرة الصفراء ينبغي تجنبه في المناطق ذات الشتاء الدافئ/المفتوح، حيث أنه من المناسب تأخيرها حتى تصل درجة حرارة التربة 10°م وبذلك إبطاء النترجة في الخريف وتجنب غسل النترات المتزايد و/أو عملية عكس النترجة. واستخدام مانع النترجة يمكن أن يساعد في تأخير أكثر لعملية النترجة، لكن حتى مع المانع فإنّ الإضافة الخريفية عندما تكون ملائمة ينبغي تأخيرها حتى تبرد درجة حرارة التربة.

المصدر:
Randall, G. 2008. In Proc. 20th Annual Integrated Crop MAnag., Dec. 10–11, Iowa State Univ., Ames. p. 225–235 .

العامل (متوسط 15 عام، 1987-2001)	وقت إضافة N		
	خريف	خريف+ N–Serve	ربيع
الغلة (طن/ هكتار)	9.03	9.60	9.78
العائد الإقتصادي خلال N الخريفية ($/هكتار/سنة)[1]	---	$69	$119
NO_3–N (ملجم/لتر) في الجريان الموزون في مياه أنابيب الصرف	14.1	12.2	12
إستعادة النيتروجين في الحبوب (%)[2]	38	46	47

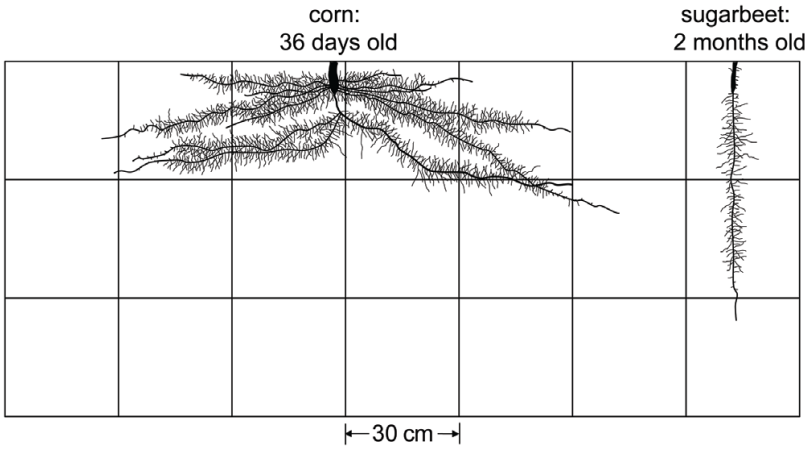
(1) اعتماداً على N بسعر 1.54 $/كجم N؛ N–Serve = 19.78 $/هكتار؛ الذرة 157.5 $/طن
(2) محتوى النيتروجين في حبوب الذرة الصفراء كنسبة مئوية من كمية سماد N المضاف.

الفصل السادس
المبادئ العلمية لوضع السماد في المكان الصحيح

يعني المكان الصحيح تحديد وضع العنصر الغذائي في المواقع التي يمكن للنبات الوصول إليها حيث يسمح الموقع الملائم للنبات أن ينمو بصورة جيدة وتحقيق الغلة المطلوبة وكذلك مراعاة الظروف البيئية التي ينمو فيها. والمكان الصحيح في الواقع يتغيّر بإستمرار؛ فالجينات الوراثية النباتية وتكنولوجيا الموقع وممارسات الحراثة والمسافة بين النباتات والدورة الزراعية أو الزراعة المتداخلة واختلاف الطقس والكثير من العوامل الأخرى يمكن أن تؤثر في تحديد أي المواقع هي الأنسب. وعليه فإنّ هنالك الكثير لتعلمّه حول معنى «الصحيح» في مصطلح المكان الصحيح وكيف يمكن توقعه عندما يكون مطلوباً إتخاذ قرارات في الإدارة.

إنّ المبادئ العلمية الجوهرية التي تحدد المكان الصحيح لإضافة عنصر غذائي معين هي الآتي:

- **الأخذ بالإعتبار المصدر والمعدل وتوقيت الإضافة.**
- **الأخذ بالإعتبار المكان الذي تنمو فيه الجذور.** فالعناصر الغذائية يجب أن توضع في مكان يمكن للجذور النامية امتصاصها عند الحاجة.
- **الأخذ بالإعتبار تفاعلات التربة الكيميائية.** فإنّ وضع العناصر الغذائية التي يمكن أن تثبّتها التربة مثل P في حُزم أو بحجم تربة قليل يمكن ان تحسّن من جاهزية P.
- **التناسب والتوافق مع الغرض من و أهداف نظام و اسلوب الحراثة.** فتقنية وضع الأسمدة تحت السطح للإبقاء على بقايا المحصول على سطح التربة يمكن أن تساعد في حفظ العناصر الغذائية والماء.
- **الأخذ بالإعتبار الاختلاف المكاني.** تقييم التباين في خواص التربة من حيث إنتاجية المحصول وقدرة التربة على تزويد العنصر الغذائي وامكانية فقدانه.



شكل 6.1 تمثيل ذو بعدين لإنتشار(هيكلية) جذور الذرة الصفراء والبنجر السكري
(Weaver, 1926)

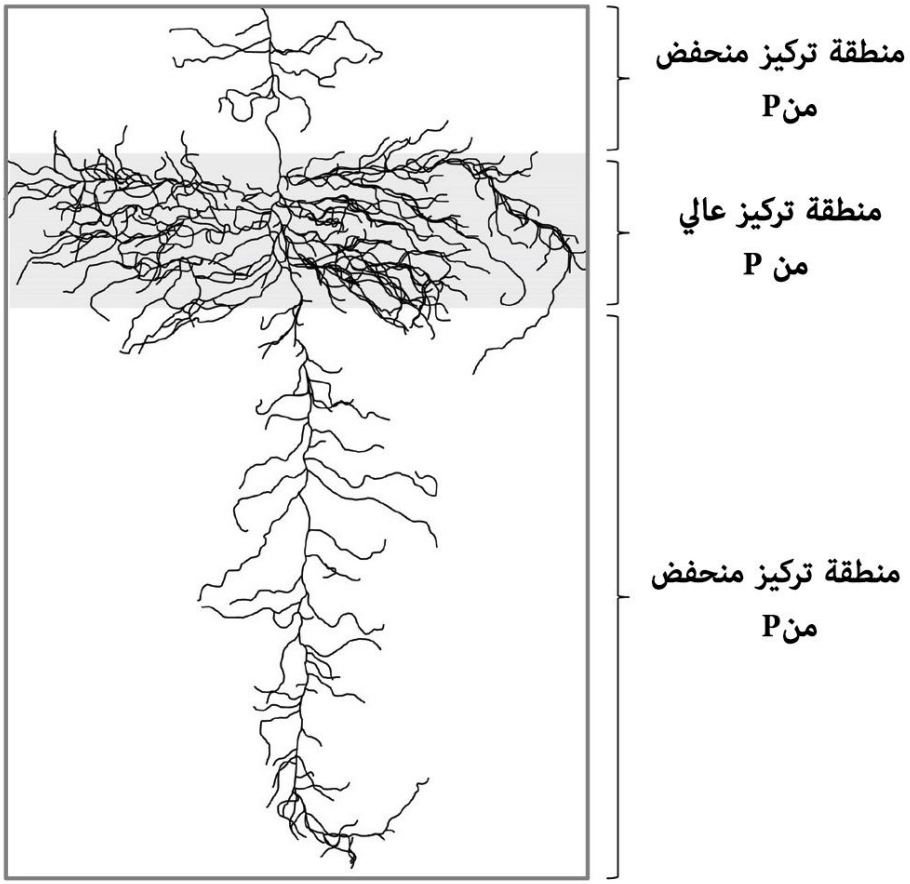
6.1 نمو المجموع الجذري للنبات

هيكلية انتشار الجذر. يمثّل المجموع الجذري بثلاثة أبعاد ويُعزى الاختلاف المكاني للمجموع الجذري إلى التنظيم الهندسي لجذور النبات في التربة. يختلف انتشارهيكلية الجذر كثيراً بين أصناف النباتات وتتأثر كثيراً بظروف التربة.

لبيان الفروقات في هيكلية انتشار الجذر يبين **شكل 6.1** رسم تخطيطي لمقاطع عمودية للجذور للذرة الصفراء والبنجر السكري. فالرسم الأول هو لنظام جذر الذرة الصفراء بعمر 36 يوم. إنّ نظام الجذر الليفي له اتجاه أفقي واضح ويتواجد في الأعماق الضحلة للتربة. أما الرسم الثاني فهو لنظام جذر البنجر السكري بعمر شهرين تحت ظروف الري. ان نظام الجذر الرئيسي يتجه عمودياً ويمتد أعمق في التربة، لذلك فإنّ الأصناف المختلفة للنباتات لها أنماط مختلفة لنمو الجذور وهذه تؤثر في قدرتها الذاتية لإدخال العناصر الغذائية من مواقع مختلفة في التربة. إضافة لذلك فضمن الصنف لا يبقى كل النظام الجذري فعالاً خلال الموسم وهذا يؤثر على قدرة الجذور للوصول إلى العناصر الغذائية من أي موقع.

مرونة الجذر. تتغير هيكلية الجذر النباتي خلال الموسم كلما كبر النبات وكلما إستجاب الجذر النباتي للظروف المحلية – يُطلق على هذه الخاصية «المرونة». يمكن لظروف خارجية عديدة أن تغيّر من هيكلية الجذر؛ وأمثلة على ذلك المحتوى الرطوبي (Sharp et al. 1988)، درجة حرارة التربة (Walker, 1969)، تركيز العناصر الغذائية (Zhang and Barber, 1992)، وكثافة التربة الظاهرية (Kasper et al. 1991).

عندما تواجه جذور النباتات مناطق ذات تركيز عالي من N و P يحدث تكاثر و تفرع و انتشار للجذور في تلك المنطقة تحديدا. يبرهن **الشكل 2.6** كيف يتغير نمو و انتشار جذور الشعير في منطقة التركيز العالي من P . فالجزء الأكبر من الجذور في المنطقة ذات P العالي جاءت من زيادة تفرع الجذور. يبرهن هذا المثال بأنّ مكان وضع العنصر الغذائي له أكثر من تأثير، فبالاضافة على تأثيره على موقع تزويد العنصر الغذائي فهو يؤثر أيضاً على كثافة المجموع الجذري الذي سوف يتشكل في منطقة التراكيز العالية .



شكل 6.2 انتشار جذور الشعير في منطقة تركيز عالي من P (Drew, 1975)

إمتصاص العناصر الغذائية بواسطة الجذور. إنّ امتصاص العناصر الغذائية هو أحد الوظائف الأولية لجذور النباتات حيث تدخل العناصر الغذائية خلية الجذر من محلول التربة بواسطة مرورها من خلال مسامات جدار الخلية.

هنالك حدّ أقصى لسرعة امتصاص العنصر الغذائي (Barber, 1995) وهذا يعني بأنه بزيادة تركيز العنصر الغذائي في محلول التربة (بإضافة العناصر الغذائية) فإنّ المعدل الذي تمتص فيه الجذور العناصر الغذائية يزداد أيضاً، ولكن في نهاية الأمر سوف يقترب من الحدّ الأقصى. هذا يعني أيضاً بأنه ليس هنالك جذر واحد يمكنه توفير كل الإحتياجات الغذائية للنبات خلال تطوره. عوضاً عن ذلك فإنّ المجموع الجذري المتطور جيداً هو المطلوب وفيه يساهم كل جذر فعال في تحقيق الكمية الكلية للعناصر الغذائية المطلوبة.

إنّ الجذور تفقد العناصر الغذائية أيضاً في عملية يُطلق عليها التدفق للخارج «efflux». إنّ كِلا التدفق للداخل (influx) والتدفق للخارج يحدث في الجذور عبر مستويات معينة من تراكيز عنصر التربة الغذائي. ومع ذلك فإنه بإنخفاض تزويد التربة للعنصر الغذائي فإنّ التدفق الداخل والتدفق الخارج يمكن أن يصبحان متساويين تقريباً. عند تلك النقطة ليس هنالك امتصاص للعنصر الغذائي بواسطة الجذر وهذا التركيز يسمى C_{min}. ويعتمد هذا التركيز على صنف النبات و العنصر الغذائي.

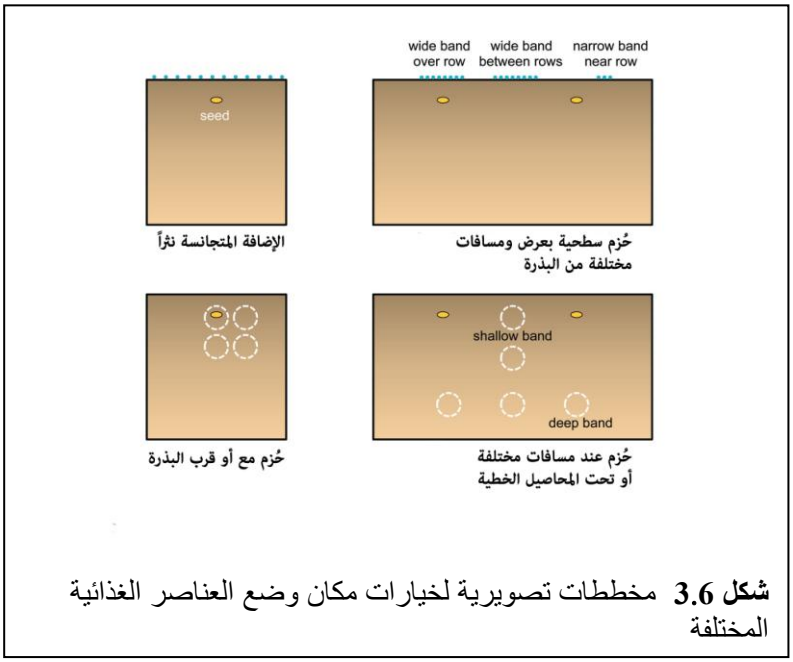
للنباتات أيضاً آليات للتغذية الراجعة (feedback) والتي تسمح لها بضبط معدلات امتصاصها للعنصر الغذائي (Kinetcis) حسب ظروف التربة. فالنباتات تتكيف (تتأقلم) لتراكيز العنصر الغذائي المنخفضة بتحوير الأنظمة الناقلة الموجودة على أغشية الخلية الجذرية وبذلك تقليل C_{min}. على سبيل المثال تستمر نباتات الذرة الصفراء والتي تنمو بتركيز من P أقل بعشر مرات من التركيز الطبيعي بامتصاص P بمستوى أقل من C_{min} وبأكثر من أربع مرات أدنى من تلك للنباتات الطبيعية.

كذلك تسبب التراكيز المنخفضة للعنصر الغذائي في التربة زيادة المعدل الأقصى لتدفق العنصر الغذائي الداخل. هذه الزيادة تسمح لكل جذر المساهمة في توفير أكبر جزء من العنصر الغذائي من المحتوى الكلي في النبات. إنّ التغيرات في C_{min} والتدفق الداخل يسمح للنبات المجهد غذائياً أن يعوض جزئياً تزويد عنصر التربة الغذائي المنخفض بالرغم من أنّ الإمتصاص الكلي فيه يكون أقل من الامتصاص في النبات غير الواقع تحت ظروف الإجهاد.

إنّ معدلات امتصاص العنصر الغذائي بواسطة جذور النبات يمكن أن تتغير مع عمر النبات. على سبيل المثال فإنّ معدلات امتصاص P هي عدة مرات أعلى عندما تكون نباتات كل من الذرة الصفراء وفول الصويا أصغر عمراً من كونهما أكبر عمراً. وعندما ينخفض معدل الإمتصاص مع الوقت كما لوحظ في الذرة وفول الصويا تظهر الحاجة إلى كمية من المساحة السطحية للجذر في بقية الموسم جنباً إلى جنب مع الزيادة المترتبة في حجم التربة القابلة للتسميد حتى تتم المحافظة على امتصاص العناصر الغذائية. وعلى أية حال فإنه بتطور المجموع الخضري للنبات ستزداد متطلبات الإمتصاص أكثر وهذا يتطلب تطور في كثافة الجذور.

6.2 الممارسات التطبيقية لوضع السماد في المكان الصحيح

هنالك طريقتين أوليتين لإضافة السماد إلى التربة: (1) نثراً على السطح او (2) في حُزم (banding). إنّ النثر هي عملية إضافة العناصر الغذائية لسطح التربة بطريقة متجانسة تقريباً (**شكل 6.3**). فالهدف من نثر السماد هو الحصول على مسافات متساوية تقريباً بين حبيبات السماد فيما إذا كانت بشكل حبيبي للأسمدة الجافة أو تقطيراً للأسمدة السائلة. ووضع السماد في حُزم خطية هي عملية إضافة العناصر الغذائية في حُزم على مساحات أو مناطق بعرض محدد. إنّ مثل هذه الإضافات يمكن إجراؤها إما على السطح أو على أعماق محددة تحت السطح.



شكل 3.6 مخططات تصويرية لخيارات مكان وضع العناصر الغذائية المختلفة

وكما يبين **شكل 6.3** فإنّ هنالك عدد لا يُحصى من الخيارات متوفرة لوضع العناصر الغذائية والأسمدة إلى التربة.

أ) توليفات من كلتا الطريقتين نثراً وفي حُزم وهذه شائعة الإستعمال.

ب) يمكن وضع السماد في حُزم على مساحات مختلفة وفي أماكن ومواقع مختلفة نسبة لخطوط الزراعة.

ج) يمكن أن تُخلط التربة بدرجات متفاوتة من خلال عمليات الحراثة و نشاط أحياء التربة مثل ديدان الأرض أو العمليات الناتجة من التغيرات مع مرور الوقت في رطوبة التربة و/أو درجة الحرارة.

د) الإضافات تحت السطحية غالباً ما تكون بشكل حُزم خطية، وأحياناً تُحقن في مواقع بفواصل منتظمة وغير متصلة.

ه) إنّ الأشكال الممكنة للحُزم تحت السطحية هي عديدة. فالحُزم الموضوعة قرب البذرة عند وقت الزراعة غالباً ما تسمى حُزم «أولية». أما بالنسبة للبذرة فيمكن وضع الحُزم في تماس مباشر مع خندق البذرة (غالباً ما يُطلق عليها "POP–UP") أو بجانبها أوتحتها أو بجنبها وتحتها (غالباً يُطلق عليها « بجانب الحُزمة»).

و) حُزم متعددة لأي توليفة يمكن إضافتها.

ز) حُزم خطية (غير الموضوعة قرب البذرة) يمكن أن تكون بمسافات مختلفة من خطوط الزراعة.

ح) عمق الإضافات يمكن أيضاً أن يختلف بدرجة كبيرة ولكن الآلآت تحدد الحُزم لتكون بعمق 20 سم أو أقل مع إمكانية وضعها أعمق من ذلك.

إنّ معاملة البذرة بالعناصر الغذائية الصغرى مثل Mo لفول الصويا و Zn للذرة الصفراء يمكن أيضاً اعتبارها طريقة لوضع العنصر الغذائي. ومع ذلك فإنّ التراكيز الآمنة القصوى لمعاملات البذور قد تتغير بين الأصناف النباتية وحتى بين الأصناف الهجينة للذرة الصفراء في مختلف مراحل النضوج. إنّ العديد من المحاصيل حساسة لتغليف البذرة بالعناصر الغذائية الصغرى.

أسئلة؟

1) أحد المبادئ العلمية الجوهرية والتي تحدد المكان الصحيح تحت ظروف معينة هو:
أ. دفن العناصر الغذائية عميقاً في التربة.
ب. دراسة مكان نمو جذور النباتات.
ج. خلط العناصر الغذائية بكامل حجم التربة.
د. مزج العناصر الغذائية بإستخدام الحراثة الأولية.

2) تنتشر جذور النبات في مناطق التربة التي توضع فيها العناصر الغذائية السمادية التالية:
أ. Zn و Mn
ب. Ca و Mg
ج. K و Mg
د. N و P

3) عندما تتكيف النباتات لتراكيز العنصر الغذائي المنخفضة بواسطة تحوير الأنظمة الناقلة الموجودة على أغشية الخلية الجذرية فيمكنها:
أ. النمو أسرع من تراكيز العنصر الغذائي العالية.
ب. امتصاص أكثر للعنصر غذائي من تراكيز العنصر الغذائي العالية.
ج. التعويض جزئيا عن تزويد العنصر الغذائي للتربة المنخفض
د. زيادة C_{min} للعنصر الغذائي.

4) طريقة إضافة العنصر الغذائي التي تضمن توزيع العناصر الغذائية داخل حجم التربة بصورة
هي الاكثر تجانسا:
أ. النثر.
ب. الحُزم الخطية.
ج. تغليف البذرة.
د. pop–up

6.3 إستجابة التربة والجذور لإضافة الأسمدة في حُزم

إنّ المفاهيم الأساسية لتكوين الجذور وامتصاص العنصر الغذائي وتفاعلات التربة الكيميائية وحركة العنصر الغذائي تشكل الأساس للمبادئ الشائعة المقبولة لوضع العنصر الغذائي (Barber, 1995). تحدث العمليات التالية عندما تضاف العناصر الغذائية بشكل حُزم على خطوط:

أ) تتركز العناصر الغذائية في حجم أصغر للتربة؛

ب) سوف يبقى الجزء الأكبر من العنصر الغذائي المعين في محلول التربة والذي يُعتبر مهما للعناصر الغذائية التي تتفاعل مع معادن التربة والأيونات الأخرى مكونة مركبات لا تكون صالحة مباشرة لإمتصاص النباتات؛

ج) تعمل التراكيز العالية للعنصر الغذائي في محلول التربة على زيادة معدلات الإنتشار بالإضافة إلى أنها توفر كميات اكثر من العنصر الغذائي حيث يمكنها أن تتحرك وتنتقل بواسطة الجريان الكتلي وكلاهما يزيدان معدل إمداد العناصر الغذائية لجذور النباتات؛

د) التزويد المركز من N و P يزيد من كثافة جذور النباتات بحيث يؤدي إلى امتصاص الجزء الأكبر من حاجة النبات من جوار الحُزمة؛

ه) إنّ معدلات الإمتصاص للجذور يمكن أن تزداد عندما تعاني النباتات من نقص في العناصر الغذائية ولكن عند وصولها للحدّ الأقصى فإنّ ذلك يتطلب جذور أكثر لتكون قريبة الى امدادات العنصر الغذائي مع استمرار تطور النبات.

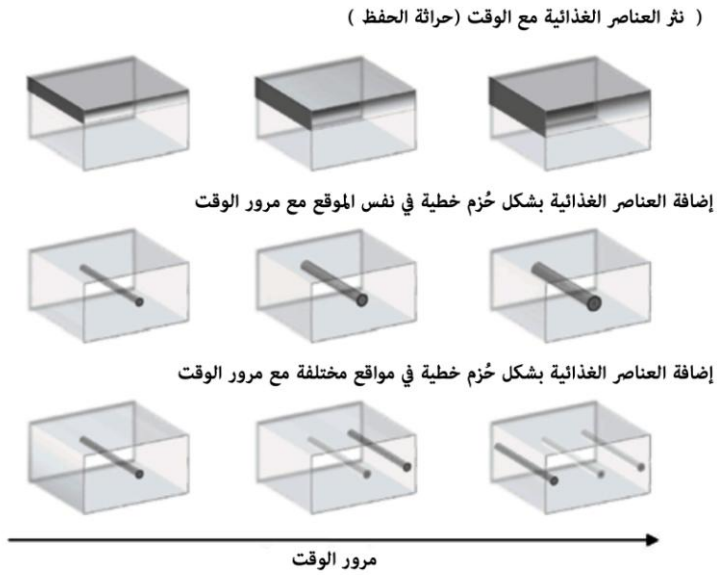
إنّ الإعتبارات المتفق عليها لكل هذه العمليات أدت إلى المفاهيم التالية لوضع السماد في حُزم على خطوط:

أ) من المحتمل أن تكون إضافة الحُزمة هي الطريقة الأكثر كفاءة عندما تكون خصوبة التربة منخفضة، ومعدل إضافة العنصر الغذائي منخفضة والعنصر الغذائي المضاف ينتقل أساساً بواسطة الإنتشار (مثال P أو K وليس N)؛

ب) بالنسبة للترب ذات الخصوبة المنخفضة فإنّ المعدلات المنخفضة للعناصر الغذائية المضافة كحُزم قد لا تسدّ الإحتياجات الغذائية الكلية للمحصول؛

ج) بالنسبة للترب ذات الخصوبة المنخفضة تكون هنالك حاجة لتسميد حجم من التربة أكبر من الحجم الممكن تسميده عند إضافة حُزمة منفردة لغرض الوصول إلى الغلة القصوى.

عندما يضاف السماد إلى الترب فإنّ كل حبيبة منفردة (الأشكال الجافة) أو قطرة (الأشكال السائلة أو المعلقة) تتفاعل لتكوّن في محيطها المباشر حجوم صغيرة من تربة مسمّدة. يتغير مدى امتداد هذه الحجوم من جزيئة السماد مع تغير العنصر الغذائي والظروف البيئية وخواص التربة الكيميائية والفيزيائية. إنّ كمية التربة المدعّمة بالسماد بواسطة حبيبة منفردة أو قطرة تكون كمية قليلة لكن الحجم الكلي للتربة المسمّدة يمكن أن يزداد بالطرق التالية: 1) بإستخدام الحراثة، 2) زيادة معدل العنصر الغذائي، 3) زيادة تكرار إضافة العنصر الغذائي و 4) إضافة العناصر الغذائية في مواقع مختلفة من التربة. توفر الحراثة أحد الأساليب في خلط حجوم التربة المسمّدة حول كل جزيئة سماد مع حجوم تربة أكبر. وفي حين أنّ هذا الخلط يسمّد حجم أكبر من التربة فإنه يخفف أيضاً من تراكيز العناصر الغذائية ضمن حجم معين.



شكل 6.4 التغيرات في مناطق الخصوبة المدعّمة مع مرور الوقت والناتجة عن الإضافات المتكررة للعناصر الغذائية غير المتحركة مثل P و K . التضليل الداكن يشير إلى التراكيز العالية. هذه المشاهدات مناسبة لأنظمة حراثة الحفظ (Conservation tillage) حيث يكون خلط التربة محدوداً. أما التغيرات الأخرى الجوهرية الممكنة (غير مبينة) فتتضمن تراكم العناصر الغذائية قرب السطح والناتجة من ترسبات

تؤثر معدلات الإضافة العالية على حجم التربة المسمّدة بالطرق التالية:

أ) تتحرك وتنتقل الكميات العالية من العناصر الغذائية عن طريق الجريان الكتلي والإنتشار موسّعة حجم التربة المسمّدة؛

ب) تكون المسافة بين حبيبات السماد المنفردة أو القطرات أقرب لبعضها البعض وعندما يصبح المعدل عالي بما فيه الكفاية فإنّ المناطق المسمّدة المستمرة سوف تتشكل، وهذا مهم في تشجيع انتشار الجذور بإستمرار؛

ج) المناطق المسمّدة تبقى لفترة أطول؛

يمكن التكرار الأكثر للإضافة الأكثر أن يزيد من حجم التربة المسمّدة حيث يعتمد ذلك على المعدل المستخدم. إنّ المعدلات العالية تكون مطلوبة للإحتفاظ بمناطق مسمّدة مدعّمة لفترات زمنية أطول.

هنالك خياران رئيسيان لإضافة السماد بصورة متكررة: 1) إضافة العناصر الغذائية في نفس الموقع في أوقات متتالية و 2) إضافة العناصر الغذائية في مواقع مختلفة (**شكل 6.4**). إنّ إضافة عناصر غذائية غير متحركة مثل P و K في نفس المنطقة مع الوقت يمكن أن يزيد التركيز ويؤدي إلى زيادة حجم التربة المسمّدة وبالتالي إنتشار العناصر الغذائية للخارج؛ على أية حال فإنّ كميات التربة غير المسمّدة يمكن أن تصبح مستنزفة. والطريقة الأخرى في زيادة كميات التربة المسمّدة هي بتسميد مناطق مختلفة من التربة. توجد خيارات عديدة، فعلى سبيل المثال يمكن ربط إضافات النثر والحُزمة معاً و/أو حُزم يمكن إضافتها في مواقع مختلفة مع مرورالوقت. فعندما تضاف الحُزم في مواقع مختلفة فستكون النتيجة شبكة من الحُزم في التربة والتي تكون بأعمار مختلفة وباقية لفترات زمنية طويلة.

الإحتياجات الموسمية المبكرة للمحصول. في بداية الموسم تكون المجموعة الجذرية اليافعة محدودة في امتدادها حيث تشغل حجم صغير فقط من التربة. إضافة إلى ذلك فإنّ معدلات التدفق الداخل (influx) يمكن أن تكون أعلى في هذا الوقت من أي وقت آخر في الموسم مما يؤدي إلى استنزاف لعناصر التربة الغذائية في التربة المحيطة بجذور النبات بسرعة أكبر.

إنّ سرعة إستنزاف عناصرالتربة الغذائية من المنطقة المحيطة بالجذور تحفز و تشجع إنتقال العناصر الغذائية من التربة إلى المنطقة المحيطة و القريبة من الجذور لتعويض المستنزف إما بالجريان الكتلي أو الإنتشار. غير أنّ الظروف البيئية المبكرة خصوصاً درجات الحرارة المنخفضة يمكن أن تحد من نمو الجزء الخُضري (shoot) إضافة إلى معدلات انتقال العنصر الغذائي.

إنّ استراتيجية تحديد مكان وضع العنصر الغذائي لمعالجة نقص محتمل للعنصر في بداية الموسم هو ان يتم إضافة العنصر الغذائي بشكل حُزم عند أو قرب البذرة عند الإنبات. ومزايا هذه الحُزم: 1) تركيز و تزويد العنصر الغذائي؛ 2) زيادة معدلات انتقال العنصر الغذائي إلى الجذور؛ 3) تكون بموقع استراتيجي مناسب لوصول المجموع الجذري حديث التكوين اليه؛ و 4) تحفيز زيادة تفرع وانتشار الجذور إذا أُستخدم N أو P .

يعتمد الموقع او المكان الصحيح لأحجام التربة المركز فيها السماد بدرجة أكبر على هيكلية انتشار جذور النبات اليافع. على سبيل المثال يكون الموضع الأكثر فعالية لـ P للذرة الصفراء والبنجر السكري متوافقاً مع توزيع الجذور في **شكل 1.6**. لقد أثبتت الدراسات بالنسبة لمحصول الذرة على أنّ وضع العناصر الغذائية بجانب وتحت البذرة هو الموقع الجيد لوصولها إلى جذور النبات في بداية الموسم ولتغذية النبات، منتجة استجابة تكافئ أو أعلى من طرق الوضع الأخرى. إنّ الوضع تحت وبالقرب من البذرة يتوافق مع هيكلية الجذر الأفقية لنبات الذرة اليافعة بالدرجة الأولى. وقد تَبيّن بالنسبة للبنجر السكري بإنّ وضع P في تماس مباشر مع البذرة هو الأكثر فعالية وكفاءة (Smith, 2010). يضمن هذا الوضع الوصول إلى الجذر الرئيسي (الوتدي) النامي عمودياً والجذور المتصلة به و النامية أفقيا.

إنّ وضع العناصر الغذائية قرب البذرة يجب إجراءه من خلال دراسة متأنية لكل من المعدل وصيغة السماد، خصوصاً أنّ وضعها في خندق البذرة يمكن أن ينتج ضرر على البذرة أو البادرات إما من سمّية الأمونيا أو من ضرر الأملاح. أما العوامل التي تؤخذ بالإعتبار في تحديد المعدلات الآمنة القصوى للسماد الموضوع عند البذرة هي (Gelderman, 2011):

أ) حساسية البذرة

ب) المؤشر الملحي للسماد

ج) عرض فتحة الثلم للبذرة

د) نسجة التربة

ه) رطوبة التربة عند الزراعة

و) كمية الخسارة المحتملة في نمو النباتات.

أسئلة؟

5) إذا أضيف إلى التربة التي تعاني نقصاً في P معدل منخفض من P لمحصول الذرة أو القمح، فينبغي أن يكون:
أ. إضافة ورقية.
ب. حُزمة قرب البذرة عند الزراعة.
ج. نثراً ويُترك بدون خلط.
د. نثراً ويُخلط بالحراثة.

6) في التربة ذات الخصوبة المنخفضة فإنّ المعدل المنخفض من العناصر الغذائية المضافة كحُزمة:
أ. يزيد من حجم التربة المسمّدة بإنتشار العناصر الغذائية للخارج.
ب. يستوفي المتطلبات الغذائية الكلية للمحصول.
ج. تسميد حجم كبير من التربة للوصول إلى أقصى غلة.
د. يُنتج كفاءة استعمال عالية للعنصر الغذائي السمادي المضاف.

7) موقع وضع السماد الذي يسمح بالوصول إلى الجذر في بداية الموسم ويوفر تغذية P جيدة للذرة هو:
أ. 5 سم بجانب و 5 سم تحت البذرة.
ب. في تماس مباشر مع البذرة.
ج. مباشرة تحت البذرة.
د. نثراً ويُخلط بصورة جيدة.

تبوير الأرض أو الغمر (Fallow or Flooding). إنّ كل من موسم التبوير (إراحة الأرض) وفترات الغمر الممتدة لأسبوع أو أكثر تقلل من إعداد فطريات مايكورايزل (mycorrhizal) في الترب. وعندما تتأثر العلاقة التكافلية بين النبات والفطريات سلباً فقد يكون من غير الممكن التغلب على النقص لمساهمات مايكورايزل في تغذية النبات بعنصر P من زيادة معدلات P فقط. إنّ الكميات المفقودة من P قد تكون ببساطة كبيرة جداً، ولأنّ التأثير يقتصر على موسم زراعي واحد فإنّ إضافة حُزمة بمعدل منخفض من P هو الخيار العملي للتغلب على الأقل جزئياً على الكميات المنخفضة من P الواصلة إلى النبات.

فقدان العنصر الغذائي (Nutreint looses). إنّ وضع العناصر الغذائية تحت سطح التربة يمكن أن يقلل من فواقد العنصر الغذائي والتي من المحتمل أن تسبب الضرر للبيئة بعدة طرق. إنّ وضع السماد تحت السطح يمكن أن:

أ) يقلل الفواقد من خلال الجريان السطحي بسبب التراكيز السطحية المنخفضة للعناصرالغذائية الذائبة بالماء؛

ب) يقلل الفواقد المرتبطة بنشاطات مكافحة التعرية لأنّ العناصر الغذائية تكون موضوعة تحت السطح؛

ج) يقلل الفواقد على المدى القصير للأشكال الغازية من N مثل N_2O وذلك حسب كمية الأمطار وتوزيعها.

التفاعلات داخل الحُزم (Interaction within bands). عندما تكون العناصر الغذائية محصورة ضمن حجم تربة معين فيمكنها التفاعل بطرق مختلفة. تحدث هذه التفاعلات ليس فقط بسبب قربها من بعضها البعض ولكن أيضاً من التراكيز العالية. إنّ التفاعلات الأولية للأسمدة في حجوم تربة ذات تركيز عالي للعنصر الغذائي قد تتأثر قليلاً بالتربة المحيطة. إنّ معظم الأبحاث لدراسة الجوانب الكيميائية المميزة للتربة ذات التركيز العالي من السماد جاءت من دراسات الحُزم تحت السطحية. لقد تمّ اثبات التفاعلات التالية:

أ) اضافة $\mathbf{NH_4^+–N}$ مع P في نفس الحُزمة يمكن أن يزيد امتصاص P بواسطة النباتات عندما تقارن بإضافة هذه الصيغ في حُزم منفصلة؛

ب) إضافة اليوريا مع إما MAP أو TSP في حُزمة قد أظهر تقليل في كمية NH_3 المفقودة وأنّ pH الأولي المنخفض لكل من MAP أو TSP يوضح هذا التاثير، لكن لوحظ أنه من غير المرجح أن يكون كبيراً بما يكفي ليسمح بإستخدام اليوريا كحُزمة بالقرب من خطوط البذور في الترب المعتدلة إلى القلوية؛

ج) اضافة KCl في نفس الحُزمة مع MCP قد أظهر انخفاض في انتشار P من حُزمة السماد في ترب ذات تجوية قليلة وعالية في Ca؛

د) اضافة KCl في نفس الحُزمة مع MCP في ترب حامضية ومجواة قد يزيد من معدلات انتشار P بدلاً من تقليلها.

6.4 التسميد الورقي

التسميد الورقي هو اضافة العناصر الغذائية إلى أوراق النبات. ومع أنّ الوظائف الأساسية للأوراق هي البناء الضوئي والتنفس فإنّ تلك الأوراق تمتص العناصر الغذائية بالرغم من كون الكميات الممتصة من تلك العناصر هي أقل بكثير من تلك الممتصة بواسطة الجذور والتي تمثل الجزء الرئيسي لإمتصاص العناصر الغذائية. يمكن لأوراق النبات امتصاص العناصر الغذائية إذا كانت متواجدة بشكل إما 1) غازات أو 2) أيونات في المحلول.

تدخل العناصر الغذائية بحالتها الغازية الى الأوراق من خلال الثغور، والثغور هي المسامات والتي فيها يحدث التبادل الغازي بين النبات والجو. تقع أغلبية الثغور على الجانب السفلي لأوراق النبات والخلايا المحيطة بهذه المسامات تسمى بالخلايا الحارسة وهي تتمدد وتتقلص لتنظيم حجم فتحة المسام وتبعاً لذلك تحديد معدل التبادل الغازي. يمكن للهيدروجين و N و O و S أن تدخل إلى النبات من خلال الثغور عندما تتواجد في غازات مثل الأمونيا NH_3 وثاني اوكسيد النيتروجين (NO_2) وثاني اوكسيد الكبريت (SO_2). فعلى سبيل المثال فإنّ أحدث اضافة للسماد الحيواني يمكن أن تؤدي إلى امتصاص كبير للنيتروجين بشكل NH_3. ولأنّ الثغور هي مواقع للتبادل الغازي فيمكن أيضاً فقدان العناصر الغذائية من خلالها على شكل NH_3 و SO_2 وبعض الأشكال المتطايرة الأخرى من S .

تدخل العناصر الغذائية الموجودة في المحلول الى الأوراق من خلال مسامات صغيرة في طبقة الكيوتكل (Cuticle) للبشرة (epiderms) لورقة النبات. إنّ البشرة نفسها تكون مغطاة بطبقة شمعية والتي تطرد الماء وتحمي الورقة من الفقدان المفرط للماء. والمسامات في طبقة الكيوتكل هي ليست الثغور نفسها بل إنّ الأعداد الكبيرة منها تميل أن تتواجد قرب الثغور من أن تكون في سطح الورقة بين الثغور. إنّ البشرة الشمعية والمسامات الصغيرة الحجم جداً في الكيوتكل تقلل كثيراً من كمية العناصر الغذائية المذابة التي يمكن أن تُمتص بواسطة أوراق النبات.

يجري التسميد الورقي بعناصر غذائية مذابة بالماء، والعوامل التي يمكن أن تقلل من كفاءة وفعالية التسميد هي (Marschner, 2002) :

أ) أوراق النباتات ذات طبقات الكيوتكل السميكة مثل القهوة والحمضيات

ب) الجريان السطحي للسماد السائل من على الأوراق النباتية

ج) غسل السماد السائل بواسطة المطر

د) جفاف السماد السائل على الورقة

ه) الإنتقال الجزئي لبعض العناصر الغذائية من الأوراق المسمّدة الى الأجزاء الأخرى للنبات

و) الضرر الناتج من عدم توازن العنصر الغذائي موضعياً في الورقة الناتج عن إضافة السماد.

ينشأ عن الإضافات الورقية امدادات موضعية للعناصر الغذائية والتي تكون فعاليتها لمدة قصيرة وبحدود بضع أيام إلى أسبوعين، ولهذا السبب يجب توقيتها جيداً مع حاجة النبات. اعتماداً على الحالة فإنّ أكثر من إضافة أو سلسلة من الإضافات قد تكون ضرورية.

يمكن أن يكون التسميد الورقي ممارسة فعالة عندما يكون تزويد العناصر الغذائية للنبات محدودة أو تصبح قابلية النبات للحصول أو لإنتقال العناصر الغذائية محدودة. يمكن استعمال التسميد الورقي كمعاملة إنقاذ للحالات التي لا يمكن فيها إدارة العناصر الغذائية في التربة بصورة صحيحة أو في حالات عدم امكانية الحصول على أصناف ملائمة لترب تعاني من نقص العنصر أو في حالات عدم امكانية اجراء العمليات الحقلية في الوقت المناسب.

6.5 التسميد في ظروف التباين المكاني في صفات التربة

بالإضافة إلى مكان وضع السماد في التربة أو على النبات فإنّ «المكان الصحيح» يراعي أيضاً تهيئة نطاق واسع لإضافة العناصر الغذائية ضمن المنطقة، وهذه المنطقة قد تكون الحوض المائي (watershed) أومزرعة أوحقل. ان إدارة خصوصية الموقع هي الطريقة التي فيها تقسّم المساحة الكبيرة إلى مساحات أصغر وتدار كل منها بطريقة منفصلة تلائمها بصورة أفضل. وعليه تعتمد ادارة خصوصية الموقع على القياسات التي تؤخذ من مناطق فيها اختلاف مكاني أكثر مما يكون عليه في الطرق التقليدية. إنّ زيادة الدقة في تحديد التباين المكاني ادى إلى تحديد دقيق للمناطق التي تعاني من مشاكل و كذلك للمناطق ذات الإنتاجية العالية، وبالتالي تحسين امكانية إدارتها بحيث تعمل على حل تلك المشاكل.

إنّ الإضافات السمادية بمعدل متغير مكانيا (Variable Rate Applications–VRA) هي جزء من تركيبة الممارسات الإدارية والتي تشكل إدارة مبنية على خصوصية الموقع. وتهدف الإضافات السمادية بالمعدل المتغير مكانيا اضافة العناصر الغذائية بالمعدل الصحيح في المكان الصحيح ضمن حقل واسع.

إنّ إضافة السماد بطريقة المعدل المتغير حسب نتائج فحص التربة تتضمن الخطوات التالية:

أ) جمع عينات تربة من أماكن عديدة وتسجيل الموقع الجغرافي (خطوط العرض والطول) لكل نقطة يتم فيها جمع العينات بإستخدام جهاز نظام المواقع العالمي (GPS) والذي يسجل البيانات من شبكة الأقمار الصناعية؛

ب) إرسال عينات التربة إلى المختبر لاجراء تحليل شامل للعناصر الغذائية والخواص الكيميائية والفيزيائية الأخرى والتي قد تكون مهمة للحصول على التوصيات السمادية؛

ج) إنشاء خريطة والتي يتم تعبئتها (interpolate) بتقدير مستويات فحص التربة بين نقاط أخذ العينات الحقيقية. إنّ إنشاء مثل هذه الخريطة يجري ببرنامج نظام المعلومات الجغرافية (GIS) والذي له القدرة للتحليل الإحصائي الجغرافي؛

د) جمع البيانات الأخرى المطلوبة من نظام التوصيات الخاصة بالعناصر الغذائية. إنّ مثل هذه البيانات قد تتضمن خرائط لنسجة التربة والتوصيل الكهربائي للتربة والطوبغرافية وصور القمر الصناعي للتربة البُور ومؤشر الغطاء النباتي بإختلافاته الطبيعية (NDVI) ومعدلات إضافة السماد الحيواني السابقة ومناطق إضافتها والمحاصيل السابقة و/أو غلة المحصول؛

ه) إستخدام برنامج GIS لإستكمال جميع بيانات المُدخلات في خريطة لمعدلات العناصر الغذائية الموصى بها؛

و) إستخدام حاسوب مثبّت في جهاز الإضافة لنقل المعلومات في خريطة التوصيات إلى أجهزة تحكم يمكنها تغيير كمية كل عنصر غذائي مضاف مع حركة آلة الإضافة عبر الحقل. إنّ آلة الإضافة قد يمكنها أيضاً تسجيل كم من كل عنصر غذائي قد أضيف فعلاً و المكان الذي يتيح إجراء المقارنة فيه بين ما هو موصى به وما أضافت الآلة فعلاً.

إنّ أسلوب المعدل المتغير في إضافة توصيات N المعتمِدة على القياسات النباتية قد تتضمن الخطوات التالية (Raun et al. 2002):

أ) إضافة معدل عالي من N على نطاق شريط عبر الحقل لضمان حدّ أعلى من غلة المحصول؛

ب) جمع بيانات المقدرة بإستخدام طرقة الإنعكاس الطيفي التي تقيس مستوى العنصر في النبات في مرحلة نمو محصول معينة. تؤخذ القراءات من نباتات من منطقة او شريط نباتات لا يكون فيها النيتروجين محدد للنمو و من شريط اخر مجاور أضيف اليه المعدل المستخدم عادة من N. يتم تحويل بيانات الإنعكاس الطيفي من كِلا الشريطين إلى معدل NDVI ومن ثم حساب مؤشر الإستجابة (RI)؛

ج) إجراء الحسابات لتحويل RI إلى خريطة التوصيات لمعدل N؛

د) إستخدام حاسوب مثبّت في آلة إضافة السماد لنقل المعلومات في خريطة التوصية إلى أجهزة تحكم تغير كمية كل عنصر غذائي مضاف مع حركة آلة الإضافة عبر الحقل.

ويمكن أيضاً أن يتم تطبيق إدارة العنصر الغذائي حسب خصوصية الموقع على نطاق أوسع بوضع العناصر الغذائية في المكان الصحيح ضمن الحوض المائي لتقليل فواقد العناصر الغذائية. على سبيل المثال يمكن استخدام مؤشر الفسفور (PI) لتحديد المناطق التي يكون فيها المصدر حرجاً (CSA_S) ضمن الحوض (Ghurek et al. 2000). تكون CSA_S أكثر عُرضة لفواقد P وهي جزء مهم من هيدرولوجية الحوض المائي. إنّ استهداف التحسينات الإدارية لهذه المناطق مثل إهمال أو تقليل إضافات P أو وضع P أعمق في التربة يمكن أن تقلل فواقد P من كل الحوض المائي. لمعلومات أكثر حول مؤشر P انظر جزء 9.8.2.

أسئلة؟

8) إضافة صيغ الأمونيا لـ N مع سماد P في نفس الحُزمة يمكن أن يؤدي إلى:
أ. زيادة امتصاص التربة من P المضاف.
ب. زيادة امتصاص K بواسطة النباتات.
ج. زيادة امتصاص P بواسطة النباتات.
د. تقليل امتصاص N بواسطة النباتات.

9) العناصر الغذائية المذابة المضافة كأسمدة ورقية تُمتص بواسطة ورقة النبات من خلال:
أ. مسامات الثغور.
ب. مسامات صغيرة في طبقة الكيوتكل.
ج. مواقع تلف في الأوراق.
د. الخلايا الحارسة فقط.

10) إنّ إنشاء خريطة لإضافة المعدل المتغير يشمل إدخال مستويات فحص التربة المقاسة في نقاط معينة لأخذ العينات في الحقل. البرنامج المستخدم لإجراء هذا الإدخال يسمى:
أ. GIS
ب. GPS
ج. NDVI
د. VRA

المراجع

Akinremi, O.O. and C.M. Cho. 1993. Soil Sci. Soc. Am. J. 57:845–850.

Barber, S.A. 1995. Soil nutrient bioavailability: A mechanistic approach. 2nd ed. John Wiley and Sons, New York, NY.

Barber, S.A. 1978. Agron. J. 70:457–461.

Bouldin, D.R. et al. 1960. Soil sci. Soc. Am. J. 24:464–468. Claassen, H. and S.A. Barber. 1997. Agron. J. 69:860–864.

Daverede, I.C. et al. 2004. J. Environ. Qual. 33:1535–1544.

Drew, M.C. 1975. New Phytol. 75:479–490.

Eghball, B. et al. 1990. Soil Sci. Soc. Am. J. 54:1161–1165.

Eghball, B. nd D.H. Sander. 1987. Soil Sci. Soc. Am. J. 51:1350–1354.

Ernani, P.R. and S.A. Barber. 1991. Soil Sci. Soc. Am. J. 55:534–538.

Fan, M.X. and A.F. Mackenzie. 1993. Soil Sci. Soc. Am. J. 57:839–845.

Gburek, W.J. et al. 2000. J. Environ. Qual. 29:130–144.

Gelderman, R. 2011. Speed–placed fertilizer decision aid. [On–line]

Isensee, A.R. and L.M. Walsh. 1971. J. Agric. Food Chem. 22:105–109.

Isensee, A.R. and L.M. Walsh. 1972. J. Agric. Food Chem. 23:509–516.

Kaspar, T.C. et al. 1991. Soil Sci. Soc. Am. J. 55:1390–1394.

Khasawneh, F.E. et al. 1974. Soil Sci. Soc. Am. J. Proc. 38:446–451.

Khasawneh, F.E. et al. 1979. Soil Sci. Soc. Am. J. Proc. 43:52–58.

Kimmel, R.J. et al. 2001. J. Environ. Qual. 30:1324–1330.

Lawton, K. and J.A. Vomocil. 1954. Soil Sci. Soc. Am. J. Proc. 18:26–32.

Lynch, J. 1995. Root architecture and plant productivity. Plant Physiol. 109:7–13.

Malakanova, V.P. et al. 2009. In. A.A. Romanenko et al. (eds). Genetics, Breeding and Maize Cultivation Technology. Krasnodar Res. Ins. Of Agriculture, Krasnodar. 232–239. (In Russian).

Marschner, H. 2002. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press, New York, NY.

Mengel. D.B. and S.A. Barber. 1974. Agron. J. 66:399–402.

Miller, M.H. and A.J. Ohlrogge. 1958. Agron. J. 50:95–97.

Pierret, A. et al. 2007. Vadose Zone J. 6:269–281.

Randall, G.W. and R.G. Hoeft. 1988. J. Prod. Agric. 1:70–79.

Raun, W.R. et al. 2002. Agron. J. 94:815–820.

Sample, E.C. et al. 1979. Soil Sci. Soc. Am. J. 43:58–65.

Sharp, R.E. et al. 1988. Plant Physiol. 87:50–57.

Sims, A.L. 2010. Agron. J. 102:1369–1378.

Sistani, K.R. et al. 2010. Soil Sci. Soc. Am. J. 74:429–435.

Stecker, J.A. and J.R. Brown. 2001. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 32:803–819.

Stecker, J.A. et al. 2001. Soil Sci. Soc. Am. J. 65:1173–1183.

Walker, J.M. 1969. Soil Sci. Soc. Am. J. Proc. 33:729–736.

Wang, Y. et al. 2009. Aust. J. Soil Res. 47:529–536.

Weaver, J.E. 1926. Root development of field crops. McGraw–Hill, New York, NY.

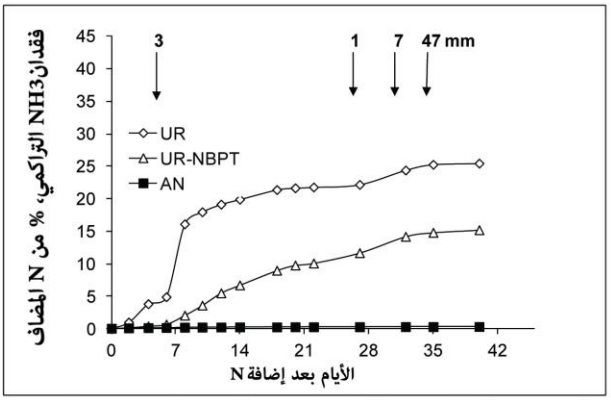
Wetterauer, D.G. and R.J. Killorn. 1996. J. Prod. Agric. 9:39–41.

Zhang, J. and S.A. Barber. 1992. Soil Sci. Soc. Am. J. 56:819–822.

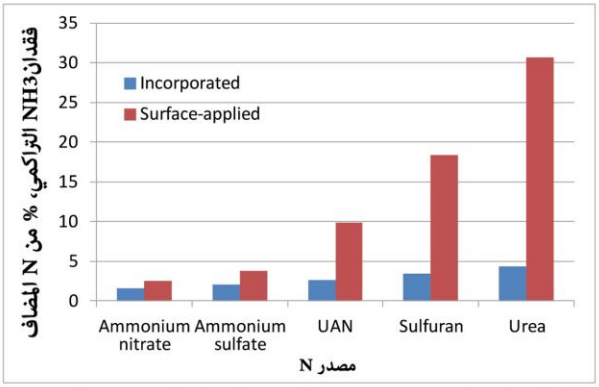
Zhou, Z.D. et al. 2006. Soil Sci. Soc. Am. J. 70:2057–2064.

نموذج 6.4.1 تقليل فقدان الأمونيا بواسطة «المكان الصحيح» لقصب السكر والذرة الصفراء في البرازيل. في بعض الصيغ السمادية فإنّ فقدان N بواسطة تطاير الأمونيا (NH_3) يمكن أن يقلل كفاءة استعمال N. تعتمد كمية N المتطايرة بدرجة كبيرة على المصدر والمكان وظروف المناخ.

يُحصد قصب السكر في البرازيل ومنذ عقود بواسطة القطع والحرق. في الآونة الأخيرة وبسبب المشاكل الإقتصادية والبيئية فإنّ معظم قصب السكر يتم حصاده ميكانيكياً وتتم زراعته بإستخدام أقل حراثة ممكنة والذي مع مرور الوقت سوف يؤدي إلى إبقاء محصول أكثر على سطح التربة. إنّ قياسات فواقد NH_3 التي تلي الإضافات السطحية لـ N مثل ترب قصب السكر أظهرت فواقد عالية عندما تكون اليوريا هي مصدر N (**شكل 1**). يمكن تقليل الفواقد وليس إلغائها من خلال استخدام مانع اليوريز. وُجد في بحث آخر حول الترب المزروعة بالذرة الصفراء إختزال كبير في فواقد NH_3 عندما تُخلط الأسمدة الحاوية على اليوريا في التربة (**شكل 2**). بالتالي فإنّ الأسمدة الحاوية على اليوريا يمكن استخدامها في القصب السكري بشرط أن تُخلط أو توضع في التربة (الحقن أو يمكن وضع الحُزمة في الأنظمة بدون حراثة). إنّ استخدام إنزيم اليوريز كمانع لتطاير الأمونيا من اليوريا يمكن أن يساعد أيضاً في تقليل الفواقد.



شكل 1 فقدان الأمونيا التراكمية من اليوريا (UR) ونترات الأمونيوم (AN) واليوريا المعاملة (UR-NBPT) NBPT المضافة على السطح لتربة قصب السكر المغطاة بالنفاية. الأسهم تشير إلى الكمية (ملم) وتواريخ حدوث الأمطار بعد إضافة N.
المصدر: Cantarella et al. (2008)



شكل 2 تطاير الأمونيا من مصادر N مختلفة في محصول الذرة الصفراء في حراثة تقليدية. UAN = نترات الأمونيوم، Sulfuran = UAN + كبريتات الأمونيوم، سائل 40% من N بشكل يوريا، 40% بشكل أمونيوم، و 20% بشكل نترات.
المصدر: Lara- Cabezas et al. (1997)

المراجع

Cantarella, H. et al. 2008. Scienci Agricola 65(4):397–401.

Lara–Cabezas, W.A.R. et al. 1997. Revista Brasileira Ciência Solo 21:489–496.

الفصل السابع
تهيئة وتكييف الممارسات على كامل المزرعة

تُستخدم المبادئ الاربعة العامة 4R والتي نوقشت سابقاً لإختيار الممارسات التي يُحتمل جدا أن تلبي أهداف إدارة المزرعة، وعلى نطاق أوسع تلبية الأهداف الإقتصادية والإجتماعية والبيئية لضمان الإستدامة. ينبغي أن تتوافق أفضل الممارسات المختارة مع الأسس لجميع "المبادئ الصحيحة" الأربعة. يمكن أن تؤثر الظروف المحلية على قرار إختيار الممارسة وحتى يوم تنفيذ الممارسة.

7.1 الأنظمة الزراعية

تتداخل ممارسات إدارة العناصر الغذائية دائماً مع الأنظمة الزراعية ومن خلالها يكون تأثيرعوامل الإدارة والموقع مثل الحراثة والصرف واختيار الصنف المزروع، ...الخ بدرجة كبيرة في فعالية الممارسة المعينة تأثيراً كبيراً. وأيضا فإنّ عوامل مثل الجينات الوراثية للمحصول والأعشاب الضارة والحشرات والأمراض والمايكورايزا ونسجة وبناء التربة و pH والصرف والإنضغاط والملوحة ودرجة الحرارة والأمطار والإشعاع الشمسي يمكن لجميع هذه أن تتفاعل مع تغذية النبات وفعالية ممارسة إدارة العنصر الغذائي.

7.2 الإدارة التكيفية Adaptive Management

إنّ أفضل الممارسات تكون ممارسات ديناميكية وأنّ تطورها كعلم وتقنية يوسّع من فهمنا وإمكانياتنا، والخبرة العملية تُعلّم المراقب الفِطن ما الذي يجب أن يعمله أو لا يعمله في ظل الظروف المحلية. لقد كتب العالم Thorup and Stewart في 1988:

"إنّ البحث الذي يُنجَز في مزارع الجامعة وبواسطة الباحثين المهنيين في حقول المزارعين هو من الأهمية بمكان. مع ذلك فإنّ هذه الأبحاث ليس بالضرورة أن تكون على علاقة

مباشرة و مناسبة لكل حقول المزارعين، فالترب فيها تباين كبير جداً من مزرعة لأخرى، والممارسات الزراعية تختلف بدرجة واضحة من مُزارع لآخر وحتى العوامل المناخية تحتلف نوعياً ضمن مسافات قصيرة. فكل هذه العوامل تؤثر في الإستجابات المحتملة من برامج التسميد. إنّ كل ذلك يعني أنّ على مدير المزرعة الذي يعيش في التسعينات وما بعدها أن يجرب قليلا بنفسة ويحتفظ بسجلات دقيقة ويكون مرناً لبرامج الحكومة وعند تذبذب أسعار الأسواق العالمية ومتطلبات حفظ التربة والماء".

على الرغم من أنّ المصطلح لم يُستخدم لحدّ الآن إلا أنّ المختصين الزراعيين قد أعطوا وصفا للإدارة التكيفية للعنصر الغذائي.

تم تعريف الإدارة التكيفية في الفصل 2 على أنها العملية المستمرة في تطوير وتحسين الممارسات ليكون عملية الإنتاج بكفاءة عالية وللمحافظة على الموارد بإستخدام التعلم القائم على المشاركة من خلال اجراء تقييم ممنهج ومستمر. إنّ **الشكل 7.1** هو نسخة مبسّطة **للشكل 2.3** والذي يركز على اختيار الممارسة على مستوى المزرعة بإستخدام عملية إدارة العنصر الغذائي التكيفية. إنّ دعم القرار ذو الأساس العلمي يسهّل توحيد عوامل خصوصية الموقع المتعددة ومُدخلات أصحاب العلاقة في اعطاء التوصية لِما يكون عليه المصدر والمعدل والتوقيت والمكان الصحيح. تتيح تلك التوصية اتخاذ القرارات الإدارية حول اختيار الممارسة والإجراءات المرافقة لها ومع مرور الوقت ستتوضح التأثيرات الإنتاجية والربحية والبيئية ويمكن حينها امكانية تحديد كفاءة استخدام الموارد. ومع الوقت فإنّ استقرار النظام الذي يستعمل الممارسات في مكان ما تصبح جليّة وتلك الخبرة المتراكمة وادخالها في عملية صنع القرار تسمح بتنبؤ مستقبلي أفضل للمصدر والمعدل والتوقيت والمكان الصحيح وباختيار الممارسة المناسبة. نظرياً فإنّ كل مرور يتم من خلال الدورة يُحتمل أن يؤدي إلى اتخاذ قرارات أفضل وممارسات أكثر ملائمة. من الناحية المثالية فإنّ تقييم أداء الممارسة يتم إجراءه على أساس الأخذ بالإعتبار كل المؤشرات المهمة الخاصة بأصحاب العلاقة. إنّ التحدي في هذه العملية هو في عدم المبالغة في ردود الأفعال فيما يخص الملاحظات وأي بيانات يتم جمعها موسمياً. فقد ينتج هذا عن ظروف مميزة يكون احتمال تكرار حدوثها ضعيفا في مواسم أخرى. وعليه فإنه من الحكمة دائماً إمرار الملاحظات من خلال ما يُصطلح عليه مرشّح المبادئ العلمية قبل اجراء تغييرات جوهرية في الممارسات.

يمكن أن تؤثر العديد من عوامل و خصائص الموقع المحتملة على ما يمكن أن يشكّل أفضل مجموعة للممارسات في موقع معين ويكشف لماذا تكون المرونة في الموقع ذاته ذات أهمية حاسمة. على سبيل المثال (Fixen, 2007):

أ) تشمل العوامل و الخصائص المتعلقة بالمحصول مثل الغلة المحتملة وقيمة المحصول وفي بعض الحالات تراكيز العناصر الغذائية في النسيج النباتي أو لون الورقة كما يمكن للممارسات الزراعية للمحاصيل أن تؤثر في إدارة العناصر الغذائية؛

ب) تتضمن عوامل التربة غالباً مؤشرات تزويد التربة بالعناصر الغذائية أو غير ذلك من الخواص الفيزيائية والكيميائية والحيوية الأخرى التي تؤثر في دورة العنصر الغذائي ونمو النبات؛

ج) قد تشتمل العوامل المتعلقة بالمُزارع على حيازة الأرض وتوفر رأس المال وتكاليف الفرص المتاحة والخبرة/ثقافة المُزارع والمستشارين المحليين أو الأهداف الفلسفية لإدارة العناصر الغذائية؛

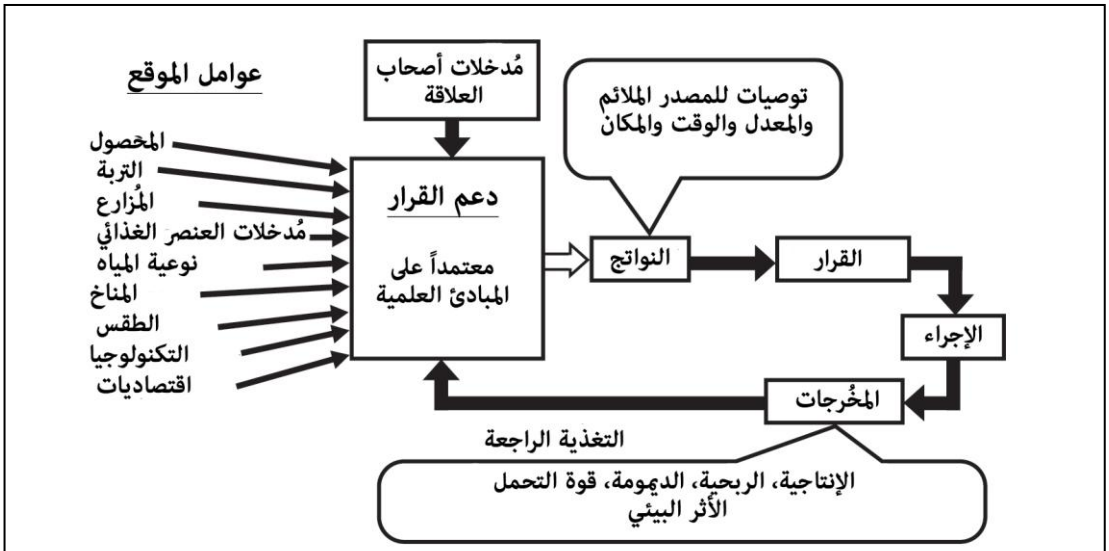
د) عوامل مُدخلات العناصر الغذائية تتضمن معلومات عن المصادر المتاحة مثل الصيغ التجارية أو الأسمدة التي تحتوي على مخلفات وتكاليف السماد وتكاليف الإضافة؛

ه) قد تضع عوامل نوعية المياه قيوداً على إضافة العناصر الغذائية في المناطق الشاطئية أو بالقرب من المسطحات المائية الأخرى بسبب نوعية المياه الجوفية؛

و) تدعم عوامل المناخ تبني بعض أنواع الأنظمة الزراعية المنمذجة، بينما يستجيب البعض الاخر من الأنظمة الزراعية إلى المعلومات المناخية الآنية وعلى المدى القصير؛

ز) ما هو متوفر من تكنولوجيا ذات صلة في الموقع قد يؤثر في تحديد أفضل الممارسات (مثال ذلك فإنّ تدقيق معدل إضافة N وتوقيتها في أوانها قد يتم انجازه بصورة أفضل بتكنولوجيا المجسّ الإلكتروني في بعض الحالات ومخططات لون الورقة في حالات أخرى)؛

ح) للعوامل الإقتصادية غير تلك المرتبطة مباشرة بالمُزارع ولكنها مؤثرة في الأسواق والمخاطر المستقبلية تأثير على القرارات المتعلقة بالعناصر الغذائية.



شكل 7.1 دور الإدارة التكيفية في تحسين الممارسة للإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية 4R

7.3 عوامل من خارج الأنظمة الزراعية

يشارك العديد من مسؤولي الأنظمة الزراعية فيما إذا كانوا يديرون مزارع أو حظائر أو بيوت زجاجية أو أعمال أخرى في مشاريع متعددة. فقد يمتلك مُزارع القمح أيضاً مشاريع ماشية وقد يقوم منتجو الذرة أيضاً بزراعة وتسويق الخضراوات الطازجة من أجزاء اخرى في المزرعة. أيضاً فإنّ مزارعي الرز قد يمكن استخدامهم في المدينة بوظائف لا علاقة لهم بها. إنّ كل هذه حالات شائعة وهي جزء من العالم الزراعي الحقيقي حالياً وهي بالتأكيد تؤثر في القرارات المتخذة حول الممارسات.

قد تتنافس الشركات بعضها مع البعض الآخر على نفس الآلآت، فالجرّار المطلوب في توفير إضافة السماد للذرة قد يكون أيضاً مطلوباً في مكان غير بعيد لعملية الحصاد، ومن المحتمل أن يؤثر ذلك على توقيت عملية التسميد واختيار المصدر، وقد تدخل الشركات أيضاً في منافسة على اشتغلال وقت مدير المزرعة.

إنّ سماد N بطيئ الذوبان قد يكون المصدر المحبذ لإنّ وظيفة المزارع في المدينة قد تمنعه من اجراء إضافات مجزّأة متعددة لسماد N التقليدي بالوقت المناسب. ينبغي دائماً لمثل قرارات الممارسة هذه أن تترافق مع مراجعة كاملة لمبادئ 4R. غالباً فإنّ تعديل أحد عناصر Rs بسبب عامل خارجي سوف ينتج عنه الحاجة لتعديل واحد أو أكثر من عناصر Rs الأخرى لإعادة تنسيق عناصر 4R والممارسات التطبيقية بشكل صحيح.

7.4 دعم القرار

يمكن استخدام وسائل مختلفة عديدة من قِبل المزارعين ومستشاريهم للمساعدة في دمج عوامل و خصائص الموقع العديدة التي سبق مناقشتها بطريقة منهجية لإتخاذ قرارات حول ممارسات إدارة العناصر الغذائية. إنّ التحسينات الفورية لمؤشرات الأداء المحتملة العديدة للأنظمة الزراعية ليست بالمهمة البسيطة، والوسائل لدعم هذه العملية يمكن أن يكون مفيداً جداً. قد تتضمن وسائل الدعم استخدام الحد الأدنى للتكنولوجيا في المزرعة والتي تلائم مناطق مُلاك الأراضي الصِغار أو تكون أكثر ملائمة لمناطق يسهل فيها ادخال التكنولوجيا المعقدة. إنّ أحد التحديات في تطوير أنظمة الدعم هو الأخذ بالإعتبار بشكل مناسب للتبِعات قصيرة المدى وطويلة المدى لممارسات إدارة العناصر الغذائية.

إنّ اهمية وسائل دعم القرار وأنظمة إدارة العناصر الغذائية سوف تتزايد مع الطلب لتحسين الكفاءة والإنتاجية. إنّ تكامل وسائل دعم القرار الملائمة في الأنظمة بمساعدة العديد من قرارات إدارة العناصر الغذائية المتداخلة قد تم انجازها في الأنظمة الزراعية السائدة في بعض المناطق لكنها لم تتم لحد الآن في الأنظمة الأخرى، ومثل هذا التكامل ضروري لإيجاد مفهوم علمي وإتاحة استعماله في الحقل. إنّ أنظمة الدعم المفتوحة والشفافة والتي تسهّل الإدارة التكيفية من خلال الإستعادة لمعلومات داخلية تعد بتحسين نوعية اتخاذ قرار إدارة العناصر الغذائية. هذه الانظمة المفتوحة هي أكثر قدرة على الإستفادة من الخبرات المحلية لإدارة العناصر الغذائية وتطبيق ممارسات خصوصية الموقع .

تتباين البرمجيات المتوفرة من وسائل تركز بشكل دقيق على ممارسة أو قرار واحد إلى أنظمة دعم قرار حقيقي الذي يضم جوانب عديدة من الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية 4R. فيما يلي قائمة لأمثلة من وسائل وأنظمة دعم القرار:

أ) نظام دعم قرار العناصر الغذائية (NUDSS)
مطوّر لمحصول الرز المروي كجزء من مبادرة من قِبل وحدة أبحاث الرز المروي لتوفير دعم قرار حول إدارة العناصر الغذائية حسب خصوصية الموقع (SSNM) في الأراضي المنخفضة المروية. أما الفئات المستهدفة فهي العلماء والمرشدون الزراعيون والمختصون الزراعيون.

ب) برنامج "الخبير السمادي" للذرة الهجينة (Nutrient Expert)
تم تطوير برنامج لمساعدة مستشاري المزرعة في اتخاذ توصيات للذرة الهجينة الإستوائية. ويتم تطبيق هذا البرنامج حالياً لإتخاذ توصيات للذرة والقمح في بيئات متعددة ومنوعة. إنّ غياب معلومات حول فحص التربة لا يحد من استعمال هذه البرمجية.

ج) برنامج لإختيار السماد "Fertilizer Chooser"
تم تطوير برنامج لإختيار السماد، وهذا البرنامج يساعد المستخدِم في ترجمة التوصية بالعناصر الغذائية إلى كمية مضبوطة من مصادر السماد المتوفرة واجراء مقارنات في التكاليف لإكتشاف التوليفة الأقل كُلفة لمصادر الأسمدة المتوفرة.

د) برنامج لإسمدة النيتروجين
تم تطوير برنامج من قِبل جامعة كورنيل لتقييم معدلات N المضافة نثراً بجانب محصول الذرة (Sidedress) وهو يوفر توصيات N في موسم إنتاج الذرة اعتماداً على الترب العادية ومُدخلات الإدارة والمحصول وحسابات التغيرات في N للتربة نتيجة للطقس الموسمي المبكر.

هـ) برنامج لتسميد الذرة بالنيتروجين
تم تطوير برنامج لمحصول الذرة (ذرة–هجينة) من قِبل جامعة نبراسكا. يحاكي برنامج الذرة–N المتطلبات السمادية للذرة المزروعة تحت إدارة مكثفة على أساس معلومات حول المحصول الحالي والمحصول للموسم الأخير، وإدارة الحراثة وبقايا المحصول وخواص التربة الأساسية وإدارة السماد والتسميد الحيواني وبيانات الطقس على الأمد الطويل للحقل. ويستخدم البرنامج هذه المعلومات ليحاكي الغلة المحتملة واطلاق N من تعدين مادة التربة العضوية وبقايا المحصول والسماد الحيواني.

و) برنامج لإتخاذ قرار وضع السماد عند البذور
تم تطويره من قِبل جامعة ولاية ساوث داكوتا للمساعدة في تحديد كم من السماد يمكن وضعه في خط البذور (Seed row) بطريقة معينة لظروف معقولة. تعتمد هذه المساعدة في اتخاذ القرار على دراسة مخبرية سريعة حول الأسمدة والمحاصيل والتأكد منها بالدراسات الحقلية المنشورة عندما تكون موجودة. [عن الإنترنت]

ز) نظام دعم قرار الصخر الفوسفاتي (PRDSS)
تم تطويره لمساعدة المستخدمين لتقدير فيما إذا كان صخر فوسفاتي معين (PR) ذا جدوى زراعية واقتصادية مقارنة بمصادر P الذائبة بالماء بدلالة المحصول وخواص PR وخواص التربة وظروف الموقع الأخرى مثل الطقس.

تتوفر أنظمة ووسائل عديدة لدعم القرار لأنظمة زراعية معينة حول العالم ولها قدرة عالية لتحسين توصيات مصدر ومعدل ووقت ومكان إضافة العناصر الغذائية. يحتاج مطوروا هذه الأنظمة ضمان أنّ هذه الأنظمة تتناوله جميع جوانب الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية 4R في المناطق الزراعية التي تستخدم فيها.

المراجع

Fixen, P.E. 1994. *In* Murphy, L.M. (ed). Proceedings of the Intensive Wheat Management Conference, Denver, CO. Potash & Phosphate Institute, pp. 49-56 (now the International Plant Nutrition Instiitute, Norcross, Ga).

Fisen, P.E. 2007. *In* Fertilizer Best Management Practices, First Edition. IFA, Paris.

Thorup, J.T. and J.W.B. Stewart. 1988. *In* Proceedings of the 25th Anniversary Symposium of Division S–8, Advances in Fertilizer Technology and Use. Published for the Soil Sci. Soc. A. by the Potash & Phosphate Institute (now the International Plant Nutrition Institute, Norcross, GA).

أسئلة؟

1) الإدارة التكيفية هي عملية مستمرة في تطوير الممارسات بإستخدام التعلم القائم على المشاركة من خلال:
   أ. تقييم غلة المحصول.
   ب. تقييم عامل الموقع.
   ج. التقييم المنهجي المستمر.
   د. تقييم المبادئ العلمية.

2) أحد عوامل الموقع والتي تؤثر على القرارات حول المصدر والمعدل والتوقيت والمكان الصحيح لإضافة العناصر الغذائية هي:
   أ. التغذية الراجعة.
   ب. مُدخلات صاحب العلاقة.
   ج. المُخرجات.
   د. الطقس.

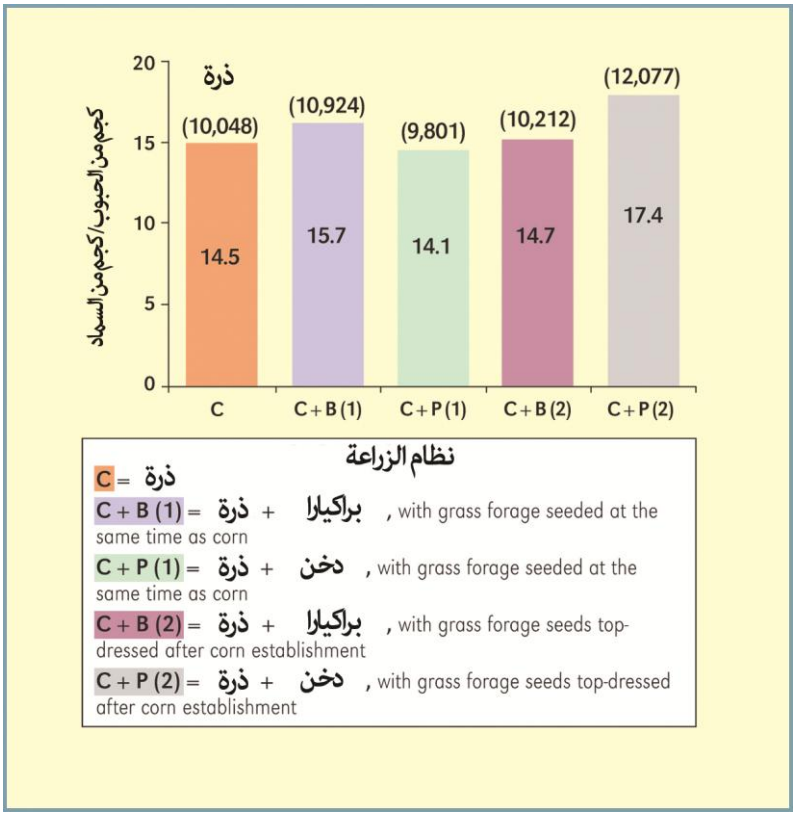
3) تطبِق أنظمة دعم القرار المفهوم العلمي لدمج المعلومات من عوامل عديدة للموقع لإتخاذ قرار حول:
   أ. المصدر والمعدل والتوقيت والمكان الصحيح.
   ب. برمجية حاسوبية.
   ج. مُدخلات صاحب العلاقة.
   د. أهداف إدارة العناصر الغذائية.

حالة دراسية 7.1.1 تأثير أنظمة زراعية على كفاءة العنصر الغذائي وغلة المحصول في البرازيل. تمنع المواسم الشتوية الجافة المزارعين في البرازيل من تبني أنظمة بدون حراثة مستدامة بنجاح. وعليه فإنّ هذه الترب تحصل عموماً على مُدخلات قليلة من بقايا المحصول.

إنّ الزراعة البينية للحبوب مع الأعلاف الإستوائية (بالخصوص براكيارا أو الدخن) قد تمّ تبنّيه بنجاح في مناطق متعددة في البرازيل كوسيلة لحماية التربة والحصول على أعلى كفاءة لإستعمال العنصر الغذائي وغلة عالية وأيضاً عائد اقتصادي عالي. ويبين الشكل معدل الغلة لثلاثة سنوات من محصول الذرة مما يؤكد هذه المزايا. فقد ازدادت غلة الذرة من 10.048 كجم/هكتار عندما كانت الذرة هي المحصول الوحيد إلى 12.077 كجم/هكتار عندما زُرعت حشائش الدخن بينياً مع الذرة.

إنّ اختيار نباتات الحشائش الملائمة كأصناف تُزرع بينياً وتوقيت البذار يزيد من كفاءة استعمال العنصر الغذائي (كمية الحبوب المنتجة لكل وحدة مضافة من السماد) بحوالي 20%. وأحد مزارع الشركة الزراعية في البرازيل (Peeter`s agro company) هي مثال على الجدوى الإقتصادية لهذه الممارسة حيث حصلت زيادة 100% في الأرباح بسبب تبنّي نظام زراعي يتم فيه تناوب فول الصويا والذرة كمحصول ثاني ونبات براكيارا في سنة مع القطن في السنة الأخرى، بخلاف زراعة القطن سنوياً. في مثل هذه الأنظمة فإنّ نباتات الأعلاف إما تُزرع لوحدها أو زراعة بينية مع محاصيل الحبوب. تشكل هذه المعلومات مثال واضح على أنّ تهيئة الممارسات المناسبة من حيث الدورة الزراعية الصحيحة والزراعة البينية يمكن أن تؤدي إلى نجاحات للمزرعة. يُعتقد بأمكانية اعتماد أنظمة زراعية مشابهة في مناطق أخرى من العالم.

المصدر: Crusciol, C.A.C., et al. 2010. Better crops with Plant Food. 94:2, pp.14–16.



حالة دراسية 7.1.2 تكييف إدارة N لمحصول البطاطا لتلائم أنظمة الري في الصين. ينتمي شمال غرب الصين للمناطق الجافة وشبه الجافة بمعدل أمطار سنوية 200 إلى 400 ملم وقد تكون أقل من ذلك. إنّ نقص الرطوبة في التربة يجعل منها عائقاً لدعم النمو المناسب للبادرات في معظم مواسم الربيع وبالتالي إعاقة الإنتاج الزراعي. ولتحسين غلة المحصول يحاول المزارعون الري بالمصادر المائية المتيسرة. إنّ البطاطا هي المحصول الرئيسي وغالباً ما تُزرع في الحقول المستوية وتُروى بالغمر، ولكن مؤخراً ازداد عدد المزارعين الذين تحولوا إلى زراعة البطاطا على المتون (ridges) واستخدام الري بالتنقيط. وعلى أية حال فإنّ إدارة العنصر الغذائي خصوصاً إضافة N كان ومايزال يشكّل تحدّياً وفرصة تحت هذه الظروف.

أجريت تجارب حول إدارة N تحت طريقتي الري بالغمر والتنقيط في البطاطا المروية المزوعة في ترب كستنائية (Chestnut) في مقاطعة وتشوان، منغوليا. تبين النتائج في **جدول 1** بأنه عندما تضاف كل الكمية من N الموصى بها قبل الزراعة تحت نظام الري بالتنقيط فإنها تُنتج غلة عالية من الدرَنات وكفاءة استعادة عالية من N (RE_N) وكفاءة استعمال عالية للمياه (WUE) مقارنة بنظام الري بالغمر. فإضافة 50% فقط من كمية N الموصى بها تحت الري بالتنقيط أنتج غلة من درنات البطاطا مماثلة للغلة المستحصلة من إضافة 100% من N الموصى به تحت الري بالغمر. لقد أدى المعدل المنخفض أيضاً زيادة كفاءة الاستعادة من N عند مقارنتها بطريقة الري بالغمر مع انخفاض WUE مقارنة بالاضافة الكاملة من N بنظام الري بالتنقيط. يقتصد الري بالتنقيط من الماء (630 $م^3$/هكتار) ومن سماد N (105 إلى 120 كجم/هكتار) مقارنة بالري بالغمر مع المحافظة على غلة المحصول. وتحت ري الغمر فإنّ إضافة N بالتجزئة وإضافة 100% من N بالأساس (أساسي) أنتجت نفس الغلة من درنات البطاطا مع زيادة كفاءة N بإضافة N بالتجزئة. لذلك يوجد احتمال كبير في أنّ استخدام التزويد المحدود للماء والعناصر الغذائية السمادية معاً لتحسين كل من انتاج المحصول وكفاءة استعمال الماء تحت كِلا نظامي الري.

المصدر:

Li, S., et al. 2011. Better Crops with Plant Food. Vol. 95, No. 3, P. 20–23 .

جدول 1 إستجابة البطاطا لإدارة N ونظام الري في منغوليا، متوسط لسنتين 2009-2010.

متوسط WUE، كجم/هكتار/ملم	متوسط RE_N، %	معدل غلة الدرنات طن/هكتار	الري	إدارة N	
				عند الإزهار	أساسي
a431	34	a37.3	تنقيط		%100
b383	46	b33.1			%50
c228	27	b34.2	غمر	%70	%30
c220	22	b33.0			%100

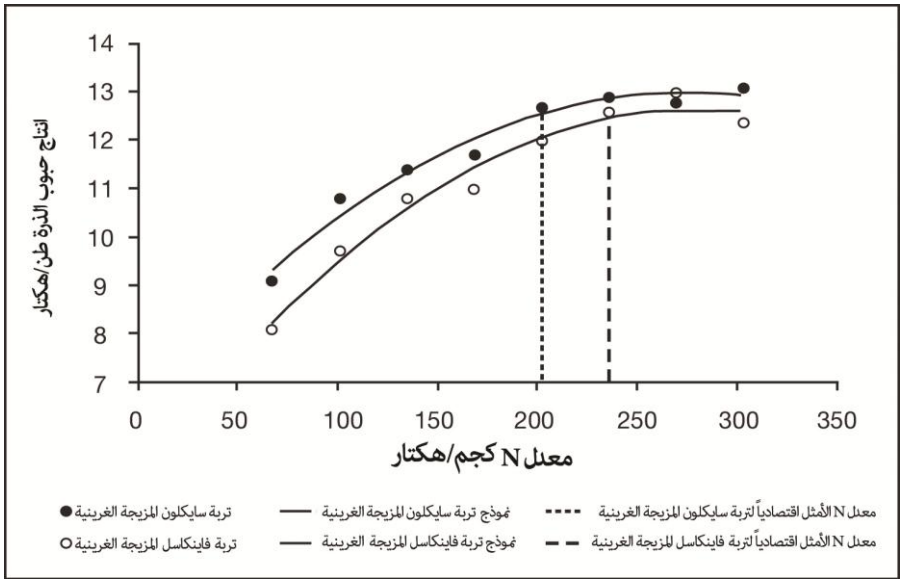
ملاحظة: $N–P_2O_5–K_2O$ = 165–90–210 كجم/هكتار في 2009.
$N–P_2O_5–K_2O$ = 165–90–240 كجم/هكتار في 2010.
الأرقام المتبوعة بنفس الحرف ضمن العمود لا توجد بينها فروقات معنوية عند $P< 0.05$.

حالة دراسية 7.2.1 تكييف إدارة N للترب بإستخدام بيانات محلية للذرة في الغرب الأوسط الأمريكي.
في هذا المثال لإدارة N التكيفية (Murrell, 2004) سعى الزراعيون لإجراء تحسينات على معدلات N الموصى بها من قِبل الجامعة. لقد أنشأ الزراعيون مسبقاً برنامج الإدارة حسب خصوصية الموقع وفيها أُستعملت أنواع من الترب كأساس في تحديد مناطق للإدارة ضمن الحقول. لقد تباينت كمية الفسفور و K و الكلس من منطقة لأخرى كما أملت عليه الحاجة لكل من هذه المناطق لتلك العناصر. مع ذلك فإنّ N المضاف ما زال بمعدل متجانس واحد عبر الحقول وإنّ الجامعة لم توفر دليل ارشادي للإضافات حسب خصوصية الموقع.

لتحديد ما هي الفروقات، إن وُجدت، والتي ينبغي إجراءها فيما يخصّ معدلات N الموصى بها في التربتين السائدتين في المنطقة، فقد قام الزراعيون ضمن دراسة استمرت لمدة خمس سنوات بإختبار استجابة الذرة لمعدلات مختلفة من N لتربتين: تربة فاينكاسل المزيجة الغرينية (Fincastle) وتربة سايكلون المزيجة الغرينية (Cyclone). أُختيرت معدلات اضافة النيتروجين لتتضمن ممارسات الإدارة التي يقوم بها المزارع المحلي إضافة إلى توصيات الجامعة. صُمّمت الدراسة حيث أنّ الذرة تلي فول الصويا لتعكس الممارسات الزراعية المحلية.

يبين الشكل أدناه نتائج معدل أربع سنوات (بإستبعاد السنة الجافة) حيث يشير بأنّ تربة Cyclone المزيجة الغرينية ذات المادة العضوية العالية كانت أقل بـ 35 كجم/هكتار في كمية N المثلى اقتصادياً (EONR) مقارنة بالموصى بها من قِبل الجامعة. أما تربة Fincastle المزيجة الغرينية والتي هي أقل بمحتوى المادة العضوية فهي ما تزال تحتاج إلى كل الكمية الموصى به (235 كجم/هكتار). هذه النتائج كانت معاكسة للرأي الذي أعتقده المزارعون في المنطقة بأنّ تربة Cyclone كونها ذات انتاجية أعلى فينبغي أن تحصل على أعلى وليس أقل من N. أُستخدمت نتائج هذه الدراسة لإستنباط توصيات جديدة لتربة Cyclone وإنشاء أساس علمي للزراعيين لبدء برنامج N جديد حسب خصوصية الموقع والذي يعدّل كمية N حسب نوع التربة ضمن الحقل.

المصدر:
Murrell, T. S. 2004. In A.R. Mosier et al., (eds.) Agriculture and the nitrogen cycle: Assessing the impacts of fertilizer use on feed production and the environment. Scope 65. Island Press, Washington, DC. p.155–165 .



حالة دراسية 7.3.1 اختيار ممارسات تسميد P للقمح بناءً على ظروف المُزارع.
وضّحت نتائج الحلقة الدراسية حول تفسير فحص التربة والتي كانت جزء من المنتدى الدولي لفحوصات التربة وتحليل النبات في أولمبيا، واشنطن أهمية ظروف المُزارع في اختيار ممارسة إدارة P (Fixen, 1994). كان المشاركون بالحلقة الدراسية متخصصين في فحص التربة من 11 بلداً ومقسّمين إلى صفين وفي كل صف 20 مشاركاً. قُسّم كل صف إلى أربع مجموعات وفي كل مجموعة خمسة مشاركين حيث أنّ كل مجموعة تمتلك معلومات عن مُزارع بعينه. إنّ المزارعين الأربعة جميعهم يزرعون القمح كمحصول نقدي رئيسي حيث تم وصفهم كالآتي:

- المستأجر الجديد. هو فلاح شاب يحمل عبء ديون كبيرة ورأس مال محدود جداً ولا يمكنه أن يفاوض حول عقد إيجاره للأرض ذي السنتين. هذا الفلاح يحصل على غلة أقل من معظم بقية الفلاحين في المنطقة ويرجع ذلك جزئياً لمشكلة رأس المال.
- المزارع المستقر. هو مزارع ليس عليه ديون ويستثمر رأس المال الفائض بصناديق الإستثمار ويمتلك غلة ممتازة في الأرض، حيث أن الأرض المذكورة تم شراؤها مؤخراً.
- المزارع المتوسع. هو مزارع قام بشراء للأرض على نطاق واسع وبرأس مال محدود.
- المزارع بدوام جزئي. هو مزارع عنده رأس مال كافي ولكن لديه أيضاً وظيفة تدريسية لمدة تسعة أشهر ويواجه مشاكل تنظيم وقته خلال مرحلة الزراعة. هذا الشخص لا يعتقد بأنّ لديه وقت ليقوم بإضافة السماد بشكل حُزم في خطوط ويُفضل بأن يتولى متعهد السماد إضافة السماد نثراً.

أُعطي لكل مجموعة من المجموعات نفس بيانات التقويم (المعايرة) وبيانات إمتصاص النبات للعنصر الغذائي ومستوى فحص التربة وتم الطلب منهم تطوير خطط إدارة P على الأمد القصير والأمد البعيد لمزارعهم (الاربعة الذين تم وصفهم أعلاه). وبعد انتهاء كل مجموعة من تحديد الخطط تمت مناقشة ومقارنة تلك الخطط مع الخطط المطبوعة بواسطة برنامج جدول بيانات يسمى PKMAN مطوّر من قِبل المعهد لتسهيل إضفاء الطابع الشخصي على تفسيرات فحص التربة. يُقدّر البرنامج مستوى فحص التربة والذي عنده يعطي آخر دولار صُرف على P أو K عائد يساوي الحدّ الأدنى المقبول على مُدخل الإستثمار من قِبل المستخدِم. هذا المستوى يُعزى إلى مستوى فحص التربة المستهدَف. إنّ المعدل المستخرج عند مستوى فحص التربة المستهدَف يكون مساوياً إلى كمية P أو K المزالة في المحصول الذي تم حصاده. إذا تم اتباع الجدول المعدل المقترح فإنّ فحوصات التربة مع مرور الوقت يمكن أن تزيد أو تنقص عن المستوى المستهدَف.

لقد طُلب من مجموعات الحلقة الدراسية تحديد كمية P المضافة خلال السنة الأولى ومستويات فحص التربة المستهدَفة على الأمد الطويل ونُشرت توصياتهم في الجدول مع المُخرجات من PKMAN. لقد كانت التوصيات من الصفين متطابقة تماماً في معظم الحالات مع مُخرجات PKMAN وكان الإستثناء هو معدل السنة الأولى من المزارع بدوام جزئي. هذا التناقض كان أساساً بسبب المعدل المنخفض جداً للسنة الأولى مقارنة بمستوى فحص التربة المستهدَف المقترح من قِبل الصفين. وعندما نُوقش هذا مع الصفين وافقت المجموعات على أنّ معدل السنة الأولى يتطلب زيادته حتى يتم في النهاية تحديد مستوى فحص التربة. لذلك فإنّ البرنامج أنتج توصيات مشابهة لتلك الموضوعة بشكل بديهي من قِبل المختصين بفحص التربة. يوضح هذا التمرين كيف يمكن لظروف المزارع أن تؤثر في القرارات حول معدل السماد ومكانه وتوقيته. ويبين أيضاً بأنّ وسائل الحاسوب يمكنها تسهيل إضفاء الطابع الشخصي لتفسير فحص التربة من قِبل الممارسين الزراعيين ويمكن أن تكون عنصراً قيّماً من برامج الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية 4R.

المصدر:

Fixen, P. 1994. In L.S. Murphy (ed.) Proceedings Intensive Wheat Management Conf., Denver, Co., Potash and Phosphate Institute (now IPNI) p 49–79 .

فحص التربة المستهدَف			معدل السنة الأولى			نوع المزارع
الصف			الصف			
PKMAN	2	1	PKMAN	2	1	
ملغم/ كجم			كجم P_2O_5 /هكتار			
5	NA	NA	12	0	17	مستأجر جديد
22	25	26	55	45	56	مزارع مستقر
14	10	14	37	0	28	مزارع متوسع
20	20	22	94	39	22	مزارع بدوام جزئي

NA = غير ملائمة: فحص التربة الإبتدائي = 10 ملغم/كجم.

حالة دراسية 7.3.2 تحسين إدارة سماد N في ظل متطلبات الوقت المتعددة. إنّ صِغار المزارعين في العديد من مناطق العالم يبحثون دائماً عن طرق جديدة لتحسين دخل أُسرهم المحدود. في السنوات الأخيرة في الصين كان هذا يعني يأن تترك العمالة المتيسرة المزرعة للعمل في تحديث البنية التحتية للبلاد. أقترحت التقنية الحديثة بأنّ على المزارعين الذين يزرعون محاصيل ذات غلات عالية مروّية أن يقوموا بتجزئة إضافة N للحصول على اقصى غلة حبوب وكفاءة استخدام N مثلى. على أية حال فإنّ الأهمية في تشغيل هؤلاء العاملين خارج المزرعة تعني بأنه لم يعد هناك وجود للعمالة في المزرعة لإضافة دفعات N في مراحل النمو المناسبة.

توفر تقنية صناعة الأسمدة بطيئة الذوبان للمُزارع "مصدر" إضافي لسماد N والذي يُتيح إضافة كل كمية N عند الزراعة لكنه يُحرَّر لاحقاً بأوقات مختلفة خلال موسم النمو. وغالباً ما تُمزَج منتجات Nهذه مع سماد N غير معامل لتسمح بتزويد N مباشرة إضافة إلى N المؤجل لوقت لاحق. إنّ الكُلفة الإضافية لهذه المنتجات على المزارع غالباً ما يتم تعويضها بواسطة الدخل من العمل خارج المزرعة وإنّ كفاءة المنتج بطيء الذوبان يتيح للمزارع إضافة المعدل الإعتيادي أو في حالات عديدة معدل أقل من الإعتيادي.

المصدر: IPNI China (بيانات غير منشورة).

المعاملة	سشوان	جونكنك	هوبل	جيانكسي
	---------- غلة الرز كجم/ هكتار ----------			
مقارنة (بدون N)	4.167	5.635	6.243	5.623
دفعات يوريا*	6.996	7.495	7.004	7.667
يوريا/ يوريا مسيطر عليها**	7.120	8.352	7.524	8.134

* دفعات اليوريا هي 40% يوريا N قبل الشتال، 60% يوريا N عند 7 إلى 10 يوم بعد الشتال.
** يوريا/ يوريا مسيطر عليها هي 40% يوريا N قبل الشتال، 60% يوريا مسيطر عليها أيضاً قبل الشتال.

حالة دراسية 7.3.3 تحسين موازنة العناصر الغذائية في مزارع الألبان من خلال إدارة محاصيل الأعلاف. في شمال شرق الولايات المتحدة تشكل مزارع الألبان جزء كبير من القطاع الزراعي. يُزرع اعتيادياً في مزارع الألبان محاصيل علفية خاصة بتلك المزارع للتغذية (مثل تبن، تبن البرسيم، وذرة متخمّرة) ولكن تُشترى امدادات حبوبية لتوفير المستويات المطلوبة من الطاقة القابلة للهضم والبروتين. اعتيادياً يُنشر السماد الحيواني على الأرض في المكان الذي يُزرع فيه المحصول العلفي والذرة العلفية مما يؤدي إلى تدوير جزء كبير من عناصر العناصر الغذائية وارجاعها إلى التربة.

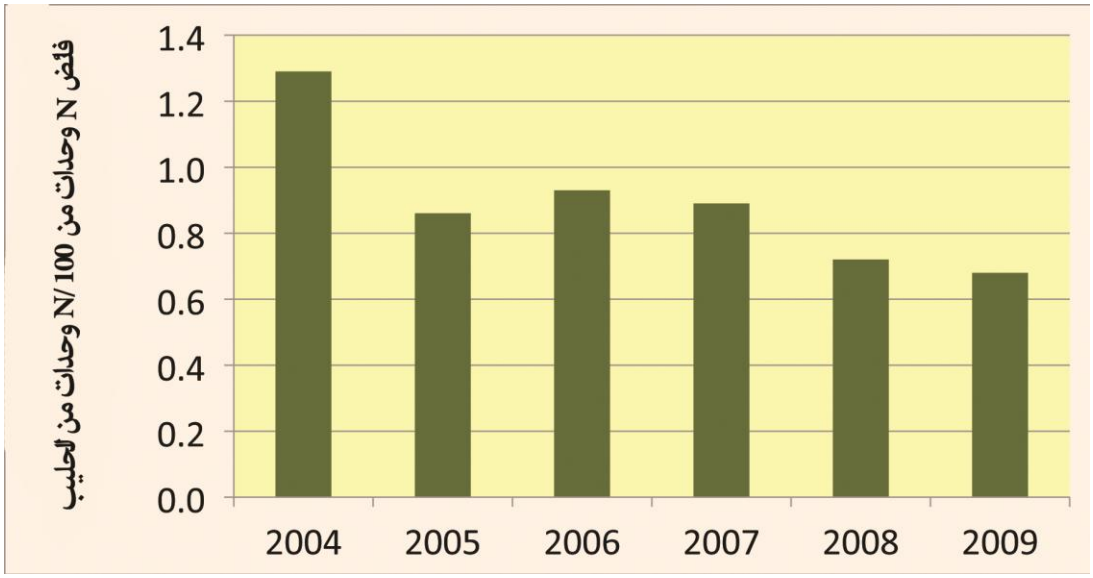
في العديد من مزارع الألبان فإنّ كمية العناصر الغذائية المجلوبة بشكل حبيبات ومكمّلات معدنية مُشتراة تفوق كمية العناصر الغذائية الخارجة بشكل حليب ومنتجات حيوانية. في هذه المزارع يرجع الفائض إلى التربة بشكل سماد حيواني والذي يمكن أن يبني احتياطي التربة من P و K لمستوى أعلى من المستوى الضروري لإنتاج المحصول، وهذه المستويات العالية يمكن أن تشكل خطورة كبيرة على نوعية المياه بسبب الجريان السطحي لهذه العناصر الغذائية.

يمكن معالجة مشكلة فائض العناصر الغذائية من خلال إدارة محاصيل علفية للحصول على النوعية المثلى. وعندما تتم التغذية بالأعلاف عالية الجودة ستكون الحاجة إلى شراء مكمّلات قليلة بشكل حبيبات وعناصر للنظام الغذائي.

ذكر جارلز سي ستولنك عالِم الإرشاد لمنتجات الألبان في فرجينيا تيك:

"إنّ مضاعفة كمية العلف في الحصة يمكن أن تحسّن صحة الحيوان ولكنها بنفس الوقت تقلل الحاجة للتغذية التكميلية والتي عادة ما تكون عالية في محتوى P. على سبيل المثال تحتوي الوجبة الغذائية من فول الصويا 0.7% من P (على أساس الوزن الجاف) مقارنة بـ 0.3% للبرسيم (الفصة). وببساطة فإنّ توفير بروتين أعلى في البرسيم سوف يقلل الحاجة لوجبة غذاء أكبر من فول الصويا ويؤدي إلى حصة أقل من P. أيضاً تحتوى العديد من منتجات التغذية الثانوية تراكيز عالية من P. إنّ أعلاف التغذية مثل بذور القطن بمجملها (0.6%)، حبوب مخمرة (0.67%)، وحبوب مقطّرة (0.83%) هي أمثلة جيدة. بإستعمال علف أكثر في الحصة يمكن أن يقلل الحاجة لهذه التغذية الثانوية".

كما مبين في الشكل في مزرعة أبقار حليب مكونة من 1.100 بقرة في نيويورك، بتغيير النظام الغذائي فيها لعلف الماشية من 52% إلى 60% بين عامي 2004 إلى2009 قد خفض فائض N في المزرعة إلى النصف تقريباً (Fields, 2011). إنّ ملاحظة مدير إدارة المحاصيل الزراعية في المزرعة: "يتحقق نظام غذائي علفي عالي بوجود أعلاف عالية النوعية مزروعة محلياً، لذلك نحتاج إلى الإستخدام الكامل للقيمة الغذائية للسماد الحيواني الذي تمّ انتاجه. لقد تحولنا إلى الحقن المباشر في وقت عملية النثر. بالحقن تُقلل فواقد N بدرجة كبيرة بالتطاير وبذلك نُبقي مستوى عالي من N للذرة". وعلى نحو مماثل فإنّ مزرعة أبقار حليب أخرى مكونة من 650 بقرة في وسط نيويورك، قلّ في سمادها الحيواني محتوى N و P بحوالي 17% و 28% على التوالي بزيادة نسبة الأعلاف المنتجَة في المزرعة من 43% إلى 59% خلال فترة 5 سنوات (Tylutki et al., 2004).



إنّ تحسين توازن العناصر الغذائية N و P هونتيجة التأثيرات المترابطة من:

- تقليل فواقد العناصر الغذائية من السماد الحيواني في التخزين
- إضافة السماد الحيواني والأسمدة بالمعدل والتوقيت والمكان الصحيح
- اختيار أصناف الأعلاف والدورة الزراعية ووقت الحصاد لاستيفاء أهداف النوعية للبروتين وألياف التنظيف
- تقليل الفواقد من خزين التغذية
- التغذية بدقة قدر الإمكان للإيفاء بمتطلبات الحيوان من البروتين و P.

المراجع

Fields, L. 2011. Cornell University Nutrient Management Spear Program, Whole Farm Evaluation Series.

Stalling, C.C. 2005. Virginia Cooperative Extension.

Tylutki, T.P. et al. 2004. The Professional Animal Scientist 20: 48–65.

حالة دراسية 7.4.1 استخدام برنامج خبير العناصر الغذائية كوسيلة لدعم القرار وزيادة الربحية لإنتاج الذرة الصفراء. في مناطق زراعة الذرة الصفراء في أندونيسيا في وسط لامبنج وشمال سومطرة أُجريت تجارب في المزارع لتوثيق مصداقية خبير العناصر الغذائية. وضمن كل منطقة أُستخلصت النتائج لكل ممارسة من خمسة حقول في مناطق متجاورة وقريبة من بعضها البعض.

يستخدم برنامج خبير العناصر الغذائية معلومات حول تزويد عنصر غذائي حقلي مستنبط إما من قطاعات محذوفة في التجارب الحقلية (ommission plots) أو من صفات الموقع والإدارة التي تُستخدَم كمؤشرات لتزويد العناصر الغذائية. فالوسيلة توصي بمعدل وتوقيت إضافة لـ N و P و K والتي تختلف عن ممارسات تسميد المزارعين والتي تعتمد أساساً على توصيات شمولية "موقع واحد يلائم الكل" أو تكون تقديرات وعادة لا تهتم بتزويد العناصر الغذائية المحلية حسب خصوصية الموقع بصورة دقيقة.

في هذه الحالة تم تقدير تزويد العنصر الغذائي من معلومات دالة تشمل نسجة التربة والعمق واللون، بالإضافة إلى تاريخ الزراعة والتسميد. قُدّرت غلة الذرة الصفراء الممكن تحقيقها في هاتين البيئتين المفضلتين وكانت 9 طن/هكتار وأُستعملت كغلة مستهدفة للموسم. إنّ أسعار البذور والأسمدة والحبوب هي قيم حقيقية مسجلة ومدونة عند إجراء التجارب.

بالمعدل فإنّ استخدام توصيات خبير العناصر الغذائية في أندونيسيا حققت غلات عالية بسماد أقل. وتم التوصل على كفاءة وربحية عالية عن طريق المواءمة الوثيقة للمعدل المضاف لكل عنصر غذائي بإحتياج الموقع للعنصر الغذائي ومن خلال استخدام التوقيت المناسب بزيادة عدد إضافات التجزئة.

جدول 1 الغلة والربحية في انتاج الذرة الصفراء من ممارسة تسميد المُزارع (FFP) على أساس التوصيات التقليدية مقارنة بوسيلة دعم قرار خبير العناصر الغذائية (NE) .
المصدر: IPNI جنوب شرق آسيا (بيانات غير منشورة).

عوامل إدارة الذرة الصفراء القيم لكل هكتار	منطقة وسط لامبنج		منطقة شمال سومطرة	
	FFP	**NE**	**FFP**	**NE**
الغلة (رطوبة 15.5%) ، طن	7.60	8.99	8.20	9.03
العائد (دولار أمريكي)	2.085	2.480	2.258	2.490
كلفة السماد غير العضوي (دولار أمريكي)	130	124	173	163
N (كجم)	218	195	175	168
P_2O_5 (كجم)	40	34	59	23
K_2O (كجم)	23	34	42	53
كلفة السماد العضوي (دولار أمريكي)	199	86	-	46
N (كجم)	43	20	-	4
P_2O_5 (كجم)	24	11	-	4
K_2O (كجم)	41	18	-	4
كلف البذور والسماد (دولار أمريكي)	444	322	286	321
الربحية المتوقعة (دولار أمريكي)	**1.640**	**2.158**	**1.972**	**2.169**

المراجع

Pampolino, M. et al. 2011. IPNI, Penang, Malaysi (On-line).
Witt, C. et al. 2009. IPNI, Penang, Malaysi (On-line).

الفصل الثامن
الممارسات الداعمة

تلعب بعض الممارسات دوراً مهماً في توفير معلومات في اتخاذ القرارات الفعالة في إدارة إضافة مصدر العنصر الغذائي الصحيح بالمعدل والوقت والمكان الصحيح والتي لا تنسجم مع تلك المبادئ الأربعة. وأول دعم لهذه الممارسات هي الملاحظات البصرية أو استكشاف ومراقبة المحصول والذي هو أساسي لإدارة المحاصيل. هذه الممارسة غالباً ما تترافق مع ثاني دعم للممارسة وهي أخذ العينات وتحليل الترب والنباتات. إنّ أخذ عينات صحيحة أمر بالغ الأهمية لضمان أن تكون تلك العينات ممثِلة للحقل، والخطوة التالية هي التحليل الدقيق لعينات التربة والنبات في مختبرات موثوقة.

بعد استلام نتائج التحاليل فمن المهم أن يتم تفسير النتائج بصورة صحيحة لغرض إجراء توصيات فعالة للعناصر الغذائية. إنّ استخدام الحاسوب بمساعدة GPS و GIS جنباً إلى جنب مع تطوير جهاز لإضافة معدل متغير للعنصر الغذائي يتيح للمُزارع بتقسيم الحقول إلى وحدات صغيرة لإدارتها وبالتالي الإستفادة من إختلافات الحقل الطبيعية في إجراء إضافة فعالة للمعدل الصحيح بحيث يكون ملائماً لمختلف أجزاء الحقل. وبدمج معلومات مكانية أخرى من أجهزة المراقبة والمجسّات حول غلة المحصول فيمكن لهذه التقنيات أن توفر تفسيرات ذات دقة أعلى لتحاليل التربة والنبات.

8.1 استكشاف ومراقبة المحصول وأعراض نقص العناصر الغذائية

إنّ ممارسة الإستكشاف و المراقبة الحقلية للمحصول مهم في مراقبة المشاكل المحتملة في المحصول والتي يمكن حلها أو منعها. يُجرى الإستكشاف لمراقبة انتشار الآفات المحتملة (الحشرات، أمراض النبات، أو الأعشاب الضارة) ونقص أو قلة العناصر الغذائية ومشاكل إدارة التربة التي يجب حلها. سوف يُناقش هذا الجزء العجز والنقص في العناصر الغذائية ولكن من المهم الإشارة إلى أنه عندما تتم مراقبة المحصول في الحقل فإنّ الشخص الذي يقوم بالملاحظات الحقلية ينبغي عليه أن يُسجل ملاحظاته دون انحياز نحو أي مجال من مجالات إدارة المحصول (مثل انتشار الآفات والعجز في العناصر الغذائية أو مشاكل إدارة التربة). إذا نظر الشخص فقط للمشاكل في اتجاه واحد فإنه قد يتغاضى عن المشاكل الأخرى المحتملة والتي قد تؤثر بشدة على الغلة المتوقعة للمحصول.

إنّ تشخيص العجز أو النقص في العناصر الغذائية هو الأساس لإنتاج محصول مُربح. هناك العديد من الوسائل المتاحة للإستخدام في تطوير المهارات في تشخيص نقص العناصر الغذائية. وتتضمن هذه الوسائل النشرات، الجداول، والكتب التي تعرِض صوراً ملونة لأعراض النقص المختلفة أو توصيفها. يبين **شكل 8.1** أماكن ظهور الأعراض. كذلك استخدام الزراعة في أشرطة في الحقل اضيف لها معدلات تسميد مختلفة و مبرمجة للعنصر الغذائي لإضهار اعراض نقص عنصر معين يمكن أن يساعد في تدريب المراقب و المزارع على رؤية أعراض نقص العناصر الغذائية المحتملة. قد لا تُظهِر بعض المحاصيل أعراض النقص بسبب أنّ جاهزية العنصر الغذائي قد تكون منخفضة وليست ناقصة حتى الوقت التالي من الموسم، وهذا هو السبب في وجود طرق بديلة في تقييم جاهزية العناصر الغذائية غير الملاحظات البصرية. ولكن المعرفة العملية لأعراض نقص العناصر الغذائية البصرية الشائعة جداً يمكن أن تكون مهارة قيمة جداً. إنّ بعض نقص العناصر الغذائية إذا رُصدت في مرحلة النمو المبكرة للمحصول فإنه يمكن تداركها بإضافة السماد التكميلي. ولكن نقص بعض العناصر الغذائية لا يمكن تداركها بفعالية بإضافة تكميلية للمحصول الموجود، وتكون إضافات العنصر الغذائي التصحيحية أكثر فعالية للمحاصيل المزروعة لاحقاً.

يصف الدليل المبسّط التالي أعراض النقص العامة لمعظم المحاصيل، لكن قد تمتلك أصناف خاصة من المحاصيل أعراض نقص أكثر أهمية للعنصر الغذائي الناقص.

جدول 8.1 دليل أعراض نقص العناصر الغذائية في المحاصيل

العنصر الغذائي	تغيّر اللون في الأوراق السفلية (العناصر الغذائية القابلة للإنتقال)
N	النباتات صغيرة ذات لون أخضر فاتح أو أصفر فاتح...الأوراق القديمة صفراء (الإصفرار) أولاً...الإصفرار يبدأ عند قمة الورقة ويمتد على طول العروق الوسطى في الذرة الصفراء والذرة البيضاء.
P	النباتات خضراء داكنة بصبغة أرجوانية...الأوراق والنباتات صغيرة.
K	تغيّر أللون أصفر/ بني واحتراق على طول الحافة الخارجية للأوراق القديمة...تبدأ عند حافة الورقة في الذرة الصفراء والبيضاء.
Mg	تغيّر اللون الأخضر الشاحب قرب قمة الورقة...يصبح أصفر برّاق بين العروق، وأخيراً بني– محمّر من الحافة إلى الداخل.
العنصر الغذائي	تغيّر اللون في الأوراق العلوية (العناصر الغذائية غير القابلة للإنتقال) موت البرعم الطرفي
Ca	تأخر ظهور الأوراق الأولية...تلف البراعم الطرفية...قمم الأوراق قد تلتصق ببعضها في الذرة الصفراء.
B	الأوراق قرب نقطة النمو تصفرّ..البراعم النامية تظهر كنسيج أبيض أو بني فاتح ميت

العنصر الغذائي	تغيّر اللون في الأوراق العلوية (العناصر الغذائية غير المنقولة) بقاء البرعم الطرفي حياً
S	الأوراق، بضمنها العروق، تحول الأخضر الشاحب إلى أصفر...الأوراق اليافعة أولاً.
Zn	اصفرار واضح لما بين العروق في الحمضيات واكتساب الأوراق اللون البرونزي. في الذرة الصفراء حُزم عريضة بيضاء إلى صفراء تظهر على الأوراق على كل جانب من العرق الوسطي. النباتات تتقزّم، قِصر السلاميات.
Fe	يظهر الإصفرار أولاً في الأوراق اليافعة وعند قمم الجزء الخضري، يتغيّر لون الورقة بإنتظام على الأصفر بإستثناء العروق، تظهر بقع بنية أو نسيج ميت عند النقص الشديد.
Mn	الأوراق رمادية مصفرّة أو رمادية محمرّة بعروق خضراء، اصفرار الحواف وما بين العروق. الأوراق المصفرّة تحتفظ بشكلها الطبيعي.
Cu	الأوراق اليافعة بلون أصفر شاحب متجانس، أو قد تذبل وتتيبس بدون الإصفرار. في محاصيل الحبوب الصغيرة يمكن أن يكون هنالك نمو متفاوت، أوراق يافعة ملتوية وبأطراف متآكلة، إضطجاع ومترافق مع مجموعة بذور ضعيفة في الرؤوس.
Cl^-	ذبول الأوراق العلوية يليها اصفرار. في محاصيل الحبوب الصغيرة قد يكون هنالك تطور الإصفرار إلى بقع منخورة على الأوراق في بعض الأصناف.
Mo	الأوراق اليافعة تذبل ويتحول إلى نخر على طول الحواف. الإصفرار للأوراق القديمة بسبب عدم القابلية في استخدام N بصورة صحيحة.
Ni	قمم الورقة منحنية مع بقع سوداء.

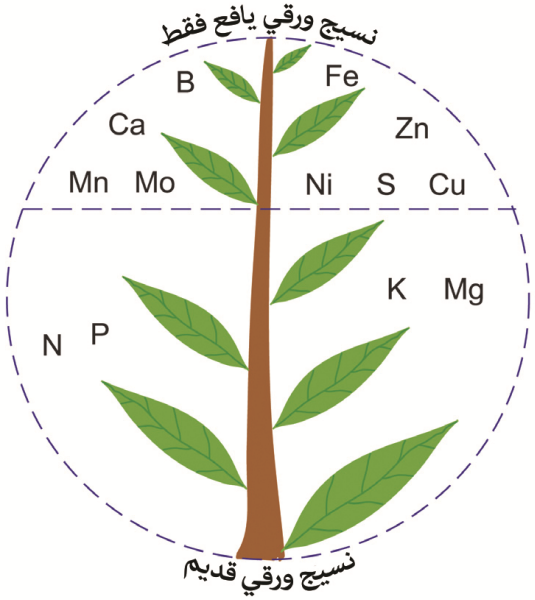
لاحظ أنّ أعراض مشابهة لهذه يمكن أن تكون متشابهة مع أعراض الضرر الناتج من المبيدات والأمراض أو الحشرات. الترب الغدقة أو الجافة أو ضرر الرياح يمكن أن يخلق مشاكل أيضاً والتي تحاكي النقص في العناصر الغذائية. ينبغي للتشخيص أيضاً أن يأخذ بالإعتبار أنماط الأعراض في الحقل وعلاقتها بظروف التربة أو وجود الحشرات والأمراض.

تذكّر أن: أعراض النقص لا تكون ملاحظتها ممكنة وواضحة دائماً. ظهور أعراض نقص العناصر الغذائية الأخرى والأمراض وانتشار الحشرات أو إجهادات الطقس (الجفاف والفيضان أو درجة الحرارة) يمكن أن تعيق التشخيص البصري الدقيق وتحديد أعراض نقص العناصر الغذائية بدقة.

تذكّر أن : أعراض النقص تشير غالباً إلى النقص الشديد وقد لا يمكن ملاحظتها على الإطلاق إذا كان هنالك نقص أو عجز طفيف فقط. مع ذلك في بعض الحالات يمكن أن تحصل الأعراض دون خسارة اقتصادية بالغة؛ والأمثلة على ذلك تشمل أعراض لنقص N و K على الأوراق السفلية لمحاصيل الحبوب في نهاية الموسم.

تذكّر أن : العديد من المحاصيل تبدأ تفقد جزء من الغلة قبل أن تبدأ أعراض النقص بالظهور. هذه الحالة تسمى **الجوع المخفي (HIDDEN HUNGER)**.

قد يقلل الجوع المخفي الغلة والنوعية بدرجة كبيرة دون أن يُظهِر المحصول مطلقاً أي أعراض للنقص. وتعاني العديد من الحقول مستويات غذاء أقل من المطلوب ومع ذلك لم تلاحَظ أعراض نقص شديد وواضح.



شكل 8.1 مخطط عام لجزء النبات الذي يمكن فيه ملاحظة أعراض نقص العناصر الغذائية المختلفة

8.2 فحص التربة

غالباً مايكون فحص التربة هو الأكثر استخداماً في محاولة التنبؤ بنقص العناصر الغذائية وقد أصبح الوسيلة الإدارية الأكثر فعالية لمديري المَزارع والمستشارين والباحثين، حيث يوفر معلومات تمتد من رصد حالة التربة إلى تقدير متطلبات السماد وتقييم الإحتمالات في التأثيرات البيئية السلبية. يمكن استخدام فحص التربة في الحالات التالية:

أ) تشخيص العوامل المحدِّدة للغلة، خصوصاً نقص العناصر الغذائية في التربة

ب) تقدير قدرة التربة على تزويد العنصر الغذائي، وبذلك تحديد أين يمكن البدء بإعداد توصيات اضافة السماد

ج) إعداد خطط إدارة العناصر الغذائية وربطها بمعلومات الإنتاج مثل تاريخ الزراعة وخرائط مسح التربة أو خرائط الغلة

د) رصد خصوبة التربة واتجاهاتها مع الوقت وبذلك يمكن تعديل برامج إدارة العناصر الغذائية لتلبية أهداف الإدارة

ه) إدارة المخاطر بتحديد الأماكن التي من المحتمل أن تحدث فيها أعلى إستجابة للعنصر الغذائي.

عادة يتم أخذ العينات قبل زراعة المحاصيل الحولية أو قبل بدء موسم النمو الفعال للمحاصيل المعمّرة. إنّ الإحتمال الأكبر لحدوث الخطأ في فحص التربة هو في أخذ عينة التربة.

تعتمد دقة نتائج فحص التربة على دقة أخذ عينة ممثِلة، ويتطلب جمع عينات ممثِلة للحقل العناية والمهارة. وفي معظم الظروف تمثل العينة عشرات الملايين من المرات أو أكثر من كمية التربة المرسلة إلى المختبر. لذلك بغض النظر فيما إذا كانت عينة التربة قد أُخذت لتمثل حقل صغير أو كبير فمن المهم أن تُؤخذ عينات متعددة لتغطية كل أرجاء الحقل؛ تُجمّع معاً وتُخلط جيداً للحصول على عينة حقيقية ممثِلة لغرض التحليل. وإذا تم جمع عينة ممثِلة فإنّ نتائج الفحص يمكن أن توفر تقدير موثوق به لحالة العناصر الغذائية في التربة. توفر مختبرات فحص التربة غالباً تعليمات لأخذ العينات والتي تشمل الخطوات التالية:

أسئلة؟

1) عندما يظهر على الأوراق العلوية لنبات فول الصويا لون الإصفرار بين العروق، فقد يكون الشك في نقص عنصر:
   أ. Ca
   ب. N
   ج. Mg
   د. Mn

2) عندما يظهر على الأوراق السفلية لنبات الذرة الصفراء اليافعة لون الإصفرار على الطرف وعلى طول الحواف فالنبات قد يكون ناقصاً في:
   أ. N
   ب. P
   ج. K
   د. Mg

3) عندما يظهر محصول القمح في طور استطالة الساق بلون أخضر غامق متجانس في معظم المناطق ولكنه أصفر في المناطق الغدقة الواقعة بالمنخفضات فإنّ السبب غالباً:
   أ. نقص N.
   ب. ضرر حشري.
   ج. صرف رديء.
   د. ضرر الرياح.

4) نقص العنصر الغذائي الذي يقلل من نمو النبات وغلة المحصول من دون أن يُظهِر أعراض مرئية:
   أ. يسمى الجوع المخفي.
   ب. متسبب بواسطة الآفات والأمراض.
   ج. يحدث فقط بالعناصر الغذائية القابلة للإنتقال مباشرة.
   د. يمكن تداركه خلال الموسم.

لأخذ عينات تربة من الحقل يجب مرعات ما يلي:

أ) ينبغي أخذ عينة تربة منفصلة من مناطق الحقل التي لها طوبغرافية متماثلة مميزة وواضحة، و التي لها أنواع تربة أو لون يمكن ملاحظته أو ممارسات إدارة سابقة معروفة. لذلك قد يُقسّم الحقل الواسع إلى مناطق متجانسة بتربتها أو مناطق مزروعة سابقاً اعتماداً على خصوصية الموقع. بعد ذلك يتم ترقيم المناطق او الحقول المختلفة و إعطائها أرقام تشخيص و يتم تدوينها و تثبيتها على خارطة لمناطق أخذ العينات وإذا توفر جهاز GPS للإستخدام فقد يمكن تسجيل مواقع المناطق التي أُخذت منها العينات وتُحفظ لتكون مراجع للمستقبل.

ب) إستخدام وعاء بلاستيكي نظيف لجمع العينة خصوصاً لفحوصات العناصر الصغرى فقد تلوث الأوعية المعدنية العينة.

ج) أخذ العينة عند العمق الموصى به لفحص التربة من قِبل المختبر.

د) أخذ عينات إضافية من التربة تحت السطحية تصل الى عمق جذور المحصول المعني إذا كان هنالك احتمال غسل للعناصر الغذائية الجاهزة للأسفل. وهذا يكون أكثر أهمية بالنسبة للعناصر الغذائية القابلة للحركة مثل N وS وCl^-؛ ولكنها أقل أهمية للعناصر الغذائية الأقل انتقالاً مثل P و K والعديد من العناصر الصغرى الأخرى.

ه) ينبغي في معظم الحالات أخذ 10 إلى 20 عينة على الأقل عشوائياً لعمل عينة ممزوجة مركبة والتي يتم منها أخذ عينة ثانوية لخضوعها للفحص في المختبر.

و) أخذ العينات بإستخدام أحد وسائل أخذ العينات (مثل أوجر عينة التربة، مجرفة، منجل، ...الخ). وقد تزن العينة المركبة من كيلوجرام واحد إلى عدة كيلوجرامات.

ز) خلط الترب جيدا من منطقة أخذ العينات والتي منها تُستحصل عينة ثانوية ممثلة لغرض التحليل وهذه الخطوة مهمة جداً. ينبغي تفكيك التربة حين إجراء عملية الخلط ويمكن أن ينتج عن الخلط غير الصحيح عينة غير ممثِلة. إذا كانت التربة رطبة جداً يجب إتاحة الوقت لتجفيف هوائي جزئي أولاً قبل عملية الخلط.

ح) قد تُستخدم أنواع عديدة من الأوعية لإرسال العينة للمختبر، وتوفر بعض المختبرات كيس بلاستيك داخلي موضوع بعلبة ورقية أو علبة ورقية بطبقة بلاستيكية داخلية حافظة تلتصق بالطبقة الورقية الخارجية. وإذا لم تتوفر تلك الأوعية أو الأدوات المخبرية فيمكن استخدام اثنين من الأكياس البلاستيكية القوية الجديدة والنظيفة حيث يحوي الكيس البلاستيكي الداخلي العينة بينما يحتوي الخارجي على ورقة المعلومات وتشخيص العينة.

ط) إرتداء قفازات مطاطية عند التعامل مع عينة التربة لمنع تلوث بعض العناصر الغذائية الصغرى من الأيدي

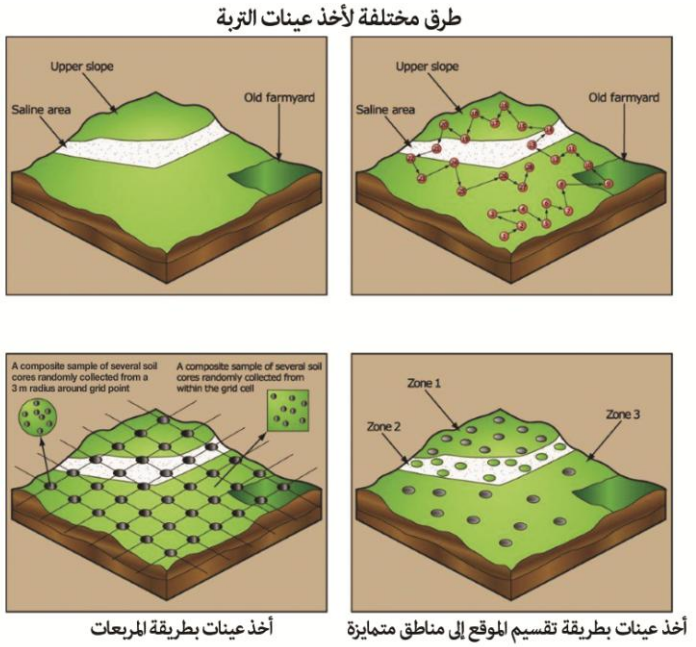
ي) إستخدام مغرفة يدوية لإغتراف التربة المخلوطة من الوعاء وحرّك المغرفة إلى الخلف والأمام في وعاء عينة مفتوحة وإسقاط التربة وبذلك فإنّ جزء سوف يسقط في داخل الحاوية والباقي إلى جانبي الوعاء. أعد هذه الطريقة لضمان أن يكون جزء من العينة الكاملة في الوعاء مساهِمة في العينة الثانوية وأنّ وعاء العينة يكون فيها حوالي 0.5 كجم.

ك) الإحتفاظ بعينات التربة في الثلاجة أو في الفريزر حتى وقت إرسالها للمختبر. وإذا استغرق الوقت أكثر من بضعة أيام من وقت أخذ العينة حتى إرسالها للمختبر فيمكن أن يتم تجفيف عينات التربة هوائياً في صحون مفتوحة والتي يمكن أن تُنشر فيها العينات بصورة متجانسة. دَع المختبر على علم بأنّ العينة قد جُففت هوائياً.

ل) تدوين المعلومات كاملة في ورقة مرفقة مع العينة.

م) ينبغي لمعظم الحقول أن يُؤخذ منها عينات كل 2 إلى 3 سنوات، وفي أغلب الأحيان عند الرغبة.

ن) الإحتفاظ بسجلات النتائج.



شكل 8.2 مخططات توضيحية لطرق أخذ عينات التربة

لتشخيص النمو الضعيف أو المناطق ذات المشاكل ينبغي:

أ) جمع عينات منفصلة بإستخدام التقنيات الموصوفة أعلاه من المناطق الجيدة والضعيفة.

ب) أخذ عينات تربة سطحية وتحت سطحية.

ج) تدوين و وصف أعراض النمو الضعيف المُشاهَد وأرسل الوصف مع العينات.

د) أخذ صورة نباتات المحاصيل من مناطق النمو الضعيف والنمو الجيد واستخدامها للمساعدة في تشخيص المشكلة.

أخذ عينات التربة عندما تُستخدم الأسمدة بشكل حُزم

بسبب كون بعض العناصر مثل P التربة غير متحركة نسبياً فعند ممارسة التسميد بشكل حُزم ووضعها في المكان الملائم فإنّ ذلك يتطلب عند أخذ عينات التربة إعتبارات خاصة. في مثل هذه الحالات فإنّ أخذ عينات عشوائية قد يُعطي نتيجة فحص ذات مستوى عالي إذا تم شمول بضع حُزم في العينة. وعند معرفة أماكن الحُزم أو خطوط البذار فإنّ البحث المنفّذ في استراليا اقترحَ بأن تكون النسب هي 20:1، 16:1 و 8:1 للعينات في–الحُزمة إلى العينات بين–الحُزم، وينبغي أن يؤخذ بالإعتبار الفواصل بين الحُزم عند تحديد النسبة حيث تكون 75 سم، 60 سم أو 30 سم على التوالي. كبديل لذلك هو أخذ طبقة من التربة على عرض الخطوط لتشمل التربة ذات الحُزم وبدون الحُزم. إنّ وثوق هذه الطريقة لم يتم تقييمها للتنبؤ بإستجابة الأسمدة مقارنة بطرق أخذ العينات الأخرى.

8.3 تحليل التربة

تتوفر العديد من طرق تحليل التربة واختيار التحليل الملائم يعتبرمهماً في جمع معلومات مفيدة. ويمكن أن يكون من الأهمية مناقشة هذا الموضوع مع المختص الزراعي أو المدير في مختبر فحص التربة. إنّ معظم المختبرات تستعمل بصورة روتينية مستخلصات معينة وطريقة تحليل لكل عنصر غذائي أو مجموعة من العناصر الغذائية ولكنها قادرة أن تستعمل طريقة أخرى إذا تم مواجهة ظروف معينة للتربة. كيف يمكن تعيير المستخلصات؟

تم تطُوير تحليل معين بواسطة استعمال طرق تحليلية مختلفة لإستخلاص العنصر الغذائي المعني من وزن معين من التربة و بعد ذلك يتم تحليلها. من الناحية المثالية فإنّ المستوى المقاس للعنصر الغذائي يُعيَّر مع سلسلة من التجارب الحقلية المحلية والتي تقيّم الإستجابة للعنصر المعين ذات العلاقة. تشمل تجارب المعايرة إضافة صيغة جاهزة للعنصر الغذائي وبمعدلات إضافة متزايد، على سبيل المثال من صفر حتى المستوى العالي جداً بإستعمال كميات متزايدة في معدل الإضافة.

إنّ اختيار فحص تربة معين سيعني عادة اختيار لعملية استخلاص للعنصر الغذائي والتي تُدلل بطريقة أفضل عن إمكانية وصول جذر النبات إليها، وغالباً تضم أيضاً بعض الأجزاء من صيغ العناصر الغذائية ذات الجاهزية الأقل في التربة والتي قد تصبح جاهزة أثناء الموسم الزراعي. في البيئات المختلفة وأنواع الترب المختلفة تعطي بعض الطرق تقديراً أفضل لجاهزية العناصر الغذائية خصوصاً الكمية التي يمكن الحصول عليها من المخزون الأقل جاهزية خلال موسم نمو المحصول والذي سيغذي و يعوض المستنزف من محلول التربة. على سبيل المثال يتواجد الفسفور ضمن مدى واسع من صيغ عضوية وغير عضوية في التربة وليس هنالك مادة استخلاص واحدة والتي يمكن استخدامها للتنبؤ بكمية P الجاهز للنبات في ظل جميع الظروف. كنتيجة لذلك فإنّ هنالك مدى واسع من المستخلصات قد طُوّرت لغرض إستخدامها في حالات معينة، وبعض الأمثلة لهذه المستخلصات مبينة في **جدول 8.2**. ولكل مجموعة من طرق إجراء الإستخلاص قيم حرجة خاصة بها، لذلك حالما تتوفر نتيجة الفحص يجب تفسيرها مقابل القيم الحرجة المأخوذة من الفحوصات الحقلية للمحاصيل المزروعة. لذلك تأكد من أن تعرف ما هو الفحص المستخدم لتفسير النتائج المقدمة بطريقة أفضل.

بينما توفر فحوصات التربة معلومات مفيدة إلا أن هنالك بعض الفرضيات تكون كامنة في تفسيراتها:

أولاً، تكون فحوصات التربة عادة من التربة السطحية حيث معظم العناصر الغذائية غير المتحركة (مثل P) تكون موجودة. على أية حال فالعناصر الغذائية المتحركة مثل N و S يمكن أن تنتقل تحت عمق أخذ العينات، وبهذا فإنّ التربة المختبرة تشير لجاهزية أقل للعناصر الغذائية من تلك المتواجدة في الحقل. لذا فإنّ فحص التربة السطحية يعطي فرضية بأنّ الجزء من العناصر الغذائية الموجود في التربة المختبرة يتناسب مع الكمية الكلية الجاهزة للنبات أسفل عمق الجذر الفعال للمحصول.

ثانياً، يمكن أن يعطي فحص التربة تقدير معقول للقدرة على تزويد العنصر الغذائي ولكنه لا يعطي تقدير للإحتياج المطلوب من قِبل المحصول أو النباتات العشبية. في بيئات متنوعة يمكن أن يختلف الإحتياج بثلاث أو أربع مرات للعناصر الغذائية وعادة يتم تعيير فحص التربة لتوفير العناصر الغذائية "كمعدل" خلال الموسم مع معدل السماد وأسعار الحبوب.

عندما تُرسم منحنيات الإستجابة فعادة ما يُفترَض بأنّ العناصر الغذائية الأخرى أو ظروف التربة لا تكون عوامل مُحددة وتلك الإستجابة الظاهرة هي نتيجة لإضافة العنصر الغذائي الأكثر تحديداً. علاوة على ذلك فإنّ نتيجة فحص التربة ينبغي تفسيرها بدلالة نسجة التربة و pH التربة، وفي كثير من الأحيان فإنّ هاتين السمتين تكونان هامتين في تحديد الإستجابات المحتملة.

جدول 8.2 مقارنة المستخلصات المستعملة، وقت الإستخلاص ونسبة التربة إلى المستخلص والمقاسة بواسطة تسعة فحوصات معيّرة لـ P التربة.

اسم الفحص	المستخلص	المرجع	ظروف pH التربة المأخوذة بالإعتبار
P Olsen	0.5 مولار بيكربونات الصوديوم (8.5 pH) 0.5 ساعة استخلاص في 20:1 تربة:محلول	Olsen et al. 1954. USDA Circular No. 939	تُستعمل في الترب ذات الحموضة الخفيفة، المعتدلة والقلوية الخفيفة إلى الشديدة، والترب القلوية والكلسية (ذلك pH التربة 6.0 إلى >7.2).
Colwell P	0.5 مولار بيكاربونات الصوديوم (8.5 pH) 16 ساعة استخلاص في 100:1 تربة:محلول	Colwell 1963. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb 3, 190-198	
Lactate P	0.02 مولار لاكتيت الكالسيوم 1.5 ساعة استخلاص في 50:1 تربة:محلول	Colwell 1970. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb 10, 774–782	
P1 Bray	0.03 مولار فلوريد الأمونيوم في 0.025 مولار HCl 1 دقيقة استخلاص في 7:1 تربة:محلول	Bray and Kurtz 1945. Soil Sci. 59, 39–45	تُستعمل في الترب الحامضية وذات القلوية الخفيفة (ذلك pH التربة أقل من 7.2). غير ملائمة للتربة القلوية بمستويات عالية من كربونات الكالسيوم.

P2 Bray	0.03 مولار فلوريد الأمونيوم في 0.1 مولار HCl 40 ثانية استخلاص في 7:1 تربة:محلول أو 1 دقيقة استخلاص في 10:1 تربة:محلول	Bray and Kurtz 1945. Soil Sci. 59, 39-45; Chu, P. 1997. A & L Labs, Richmond, VA	تُستعمل في التربة الحامضية وذات القلوية الخفيفة (ذلك pH التربة <7.2). طريقة 2 Bray تستخدم 0.1 مولار HCl إلى 1 Bray. سوف تذيب مركبات P الإضافية في الترب القلوية. غير ملائمة للترب القلوية ذات مستويات عالية من كربونات الكالسيوم.
Mehlich–1P	0.05 مولار HCl في 0.0125 مولار H_2SO_4 5 دقائق استخلاص في 4:1 تربة:محلول	Mehlich 1953. North Carolin Soil Test Div. Publ. 1–53	تُستعمل في الترب الحامضية وذات القلوية الخفيفة (أي pH التربة <6.0 إلى 7.2)
Mehlich–3P	0.2 مولار حامض الخليك، 0.25 مولار NH_4NO_3، 0.015 مولار NH_4F و0.13 مولار HNO_3 في 0.001 مولار EDTA 5 دقائق استخلاص في 10:1 تربة:محلول	Mehlich 1984. Comun. Soil Sci. Plant Anal. 15, 1409–1416	تُستعمل في التربة الحامضية وذات القلوية الخفيفة (أي pH التربة <7.2). قابلة لإستخلاص وتحليل عناصر متعددة مقارنة بـ Mehlich 1P. لا تلائم جيداً الترب القلوية بمستويات عالية من كربونات الكالسيوم.
Dilute $CaCl_2$ P	0.005 مولار كلوريد الكالسيوم لمدة 18 ساعة استخلاص في 5:1 تربة:محلول	Moody et l. 1988. Aust. J. Exp. Agric. 23, 38–42	
Acid extractable P	0.005 مولار حامض الكبريتيك لمدة 16 ساعة استخلاص في 200:1 تربة:محلول	Kerr and Van Steiglitz 1938. BSES Tech. Comm. No 9	
Ion exchange resin	خليط من أصماغ أنأيونية وكتأيونية	Van Raij et al. 1986. Comm. Soil Sci. Plant Anal 17(5)	
Morgan	0.54 مولار CH_3COOH + 0.72 مولار $NaCH_2COOH$– 8.4 pH لمدة 0.25 ساعة استخلاص في 5:1 تربة:محلول	Morgan, 1941. Connecticut Ag. Exp. Sta. Bull. 450	
Modified Morgan	0.62 مولار NH_4OH + 1.25 مولار CH_3COOH 4.8 pH– لمدة 0.25 ساعة استخلاص في 5:1 تربة:محلول	Mcintosh, 1969. Agron. J. 61:259–265	

أخيراً فإنّ القيمة الرقمية الناتجة عن فحص التربة تحتمل نسبة خطأ معين نتيجة العوامل المذكورة سابقاً إضافة إلى عدم الدقة حول معدلات التزويد المستقبلية من صيغ العناصر الغذائية الأقل جاهزية في التربة. لذا ينبغي تفسير الرقم بالمقارنة مع مستويات أو مَديات معينة يُصطلح عليها منخفضة جداً، منخفضة، متوسطة، عالية أو عالية جداً و ليس بالمقارنة مع أرقام و قيم مطلقة والاكثر دقة هو تعريفها حسب حجم واحتمالية الإستجابة المتوقعة (**جدول 8.3**). يمكن أن تُستحصل أفضل النتائج عندما تؤخذ نتائج الفحص لعدد من السنوات لتبيان الإتجاهات في الخصوبة تحت الإدارة القائمة بدلاً من توقع قيمة واحدة لإعطاء تنبؤ دقيق للمعدل المطلوب لإضافة العنصر الغذائي.

جدول 8.3 مثال حول مستوى فحص التربة واحتمالية الإستجابة

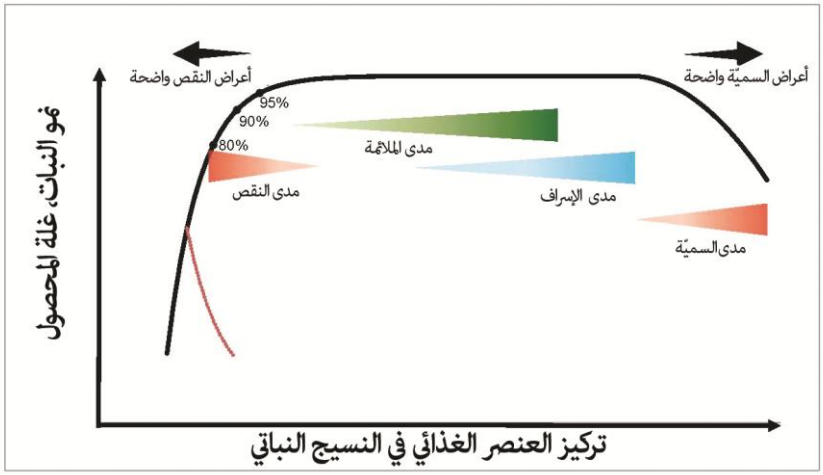
مستوى فحص التربة	احتمالية الإستجابة
منخفض جداً	إستجابة مربحة بالعموم ولكن بحالات نادرة
منخفض	إستجابة مربحة في معظم المواسم
متوسط	إستجابة متوسطة خلال السنوات وتكون مربحة
عالي	إستجابات مربحة أحياناً
عالي جداً	إستجابة مربحة خلال موسم الإضافة مستبعد

أسئلة؟

5) عدد العينات الموصى بها لتمثل مساحة الحقل هي:
أ. 5 إلى 10.
ب. 15 إلى 20.
ج. 30 إلى 40.
د. ما يملأ صندوق العينات بغض النظر عن المطلوب.

6) أخذ العينات لعمق متجانس وموصى به مهم في:
أ. N و S.
ب. P و K.
ج. العناصر الغذائية الصغرى.
د. كل العناصر الغذائية.

7) بالمقارنة مع العناصر الغذائية الأقل حركة مثل P و K ينبغي أن يكون أخذ العينات للعناصر الغذائية المتحركة مثل النترات والكبريتات والكلوريد:
أ. أكثر ضحالة.
ب. نفس العمق.
ج. أعمق.
د. إجراءه بتكرار أقل.



	نقص	منخفض	ملائم	مرتفع	سام
P, %	< 0.16	0.16 - 0.25	0.26 - 0.50	0.51 - 0.80	> 0.80
K, %	< 1.26	1.26 - 1.70	1.71 - 2.50	2.51 - 2.75	> 2.75
Mn, mg/kg	< 15	15 - 20	21 - 100	101 - 250	> 250

شكل 8.3 العلاقة بين تركيز العنصر الغذائي في النسيج النباتي والنمو أو الغلة (Jones, (1967 لتراكيز P، K، و Mn في المادة الجافة لأوراق فول الصويا ضمن مستويات مختلفة من العنصر الغذائي (**منقول عن:** Marschner, 1995)

8.4 تحليل النبات

يُعزى مصطلح "تحليل النبات" إلى التحليل الشامل أو الكمي للعناصر الغذائية في أنسجة النبات. إنّ فحص التربة وتحليل النبات يسيران جنباً إلى جنب ولا يُعوِّض أي منهما الآخر وكِلاهما وسائل مهمة في التشخيص، والعديد من المنتجين يستعملون كِلاهما. لقد أُستخدم تحليل النبات لمحاصيل منها القهوة والبرتقال والخوخ والتفاح والجوز الأمريكي. وبسبب كون أنّ هذه المحاصيل ذات طبيعة معمرة ومجموعاتها الجذرية كثيفة فإنّ تحليل النبات يكون مفيداً خصوصاً لتحديد حالة العناصر الغذائية فيها.

يتوفر لدى العلماء طرق تحليلية وأجهزة حديثة مثل جهاز الإمتصاص الذري وجهاز الإنبعاث الطيفي، والتي يمكن أن تحلل 10 أو أكثر من العناصر في غضون ثواني. لذلك فإنّ عدد كبير من المختبرات في أقطار مختلفة تمتلك القدرة على إجراء تحليل النبات. إنّ الطلب لهذه الخدمة ستستمر عندما يتم تركيز الأبحاث حول امكانية إدارة تزويد العناصر الغذائية خلال موسم النمو.

يُستعمل تحليل النبات في:

أ) تأكيد تشخيص الأعراض المرئية
ب) تشخيص الجوع المخفي عندما لا تظهر أعراض
ج) تحديد فيما إذا كانت العناصر الغذائية المضافة قد أُمتصت من قِبل النبات
د) دراسة الوظيفة الداخلية للعناصر الغذائية في النباتات
ه) اقتراح فحوصات أو دراسات إضافية في تشخيص مشاكل انتاج المحصول.

كما هو الحال في فحص التربة فإنّ المرحلة المهمة لتحليل النبات هي جمع العينات. يختلف تكوين النبات مع العمر والجزء النباتي للعينة وظروف النبات والصنف والمناخ وعوامل أخرى. وعليه من الضروري إتباع تعليمات معتمدة لأخذ العينات.

توفر معظم المختبرات قائمة تعليمات لأخذ عينات لمختلف المحاصيل اضافة الى سجل للمعلومات وتوجيهات في طريقة إرسال العينات. وعادة تقترح المختبرات إرسال عينة من المناطق الجيدة والمناطق التي فيها مشاكل لغرض المقارنة إن أمكن. وبسبب أنّ الخبرة والمعرفة ضرورية في أخذ العينات النباتية بصورة صحيحة فإنّ هذه الوظيفة عادة ما تُنفذ بواسطة المستشارين أو الفنيين الزراعيين.

إنّ تحليل النبات في الوقت الحاضر هو الموضوع الذي نال اهتمام البرامج البحثية للمختصين بتغذية النبات. وما زال هناك الكثير لإكتشافه حول هذه الوسيلة التشخيصية حيث يستجلي البحث الجاري بإستمرار حقائق جديدة ويؤسس لمعايير معدّلة وحديثة. ينبغي تفسير بيانات تحليل النبات بواسطة العلماء المدرّبين في هذا الحقل والذين يفهمون العوامل ذات العلاقة، فهي إضافة قيّمة لوسائل التشخيص المتوفرة.

مستويات ومَديات النقص والكفاية

اعتياديا يُفسَّر تحليل النبات بواسطة مقارنة تراكيز العناصر مع مستوى او مدى الكفاية المعتمد للجزء النباتي وأصناف المحاصيل ومرحلة النمو المبنيّة على أساس البحث. وعندما لا تكون هنالك قيم بحث معتمدة متوفرة فإنّ تحليل النبات يبقى مفيداً في تشخيص المشاكل المتعلقة بالاجهاد الغذائي إذا أمكنَ أخذ عينات مزدوجة للنبات من مناطق ذات نمو ضعيف وأخرى ذات نمو جيد ضمن الحقل أو مناطق ما بين حقول قريبة للحقل.

إنّ القيم الحرجة المحددة للنقص أو الكفاية أوالسميّة يمكن الحصول عليها بطريقة أفضل من الدليل المحلي أو الإقليمي لإنتاج المحصول. يُعرّف المستوى الحرج للنقص عادة بأنه ذلك الذي يُفضي إلى 90% من الغلة أو النمو من دون وجود عنصر غذائي مُحدّد للنمو. يعطي **شكل 8.3** مثال حول العلاقة بين تركيز العنصر الغذائي والنمو أو الغلة النسبية للمحصول مع قيم محددة لـ P، K و Mn في محصول فول الصويا (Marschner, 1995).

مع بعض العناصر الغذائية من الممكن أن يزيد تركيزها مع النقص الشديد بدلاً من أن تنخفض خصوصاً إذا أدى هذا النقص إلى تقزّم النمو إلى الحد الذي يؤدي إلى عدم حدوث تخفيف طبيعي للمعادن بواسطة نمو النبات. بالمقابل وفي ظروف النمو الجيد للنبات، يمكن لبعض العناصر الغذائية أن تبدو ناقصة بسبب تخفيفها بفعل النمو الجيد في حين أنها ليست كذلك. لهذا السبب وفي بعض الأحيان يكون تشخيص مناطق فيها مشاكل ليس دقيقاً خاصة إذا تم مقارنة المنطقة الطبيعية القريبة بالمنطقة المتأثرة جزئياً بدلاً بالمنطقة المتأثرة بدرجة كبيرة.

إنّ مستوى العنصر الغذائي في المدى العالي جداً (مدى الإسراف) يقلل من خطورة أن تصبح هذه العناصر الغذائية ناقصة في ظل الظروف غير المناسبة لإمتصاص الجذور (أي الجفاف) أو عندما يكون حاجة النبات الداخلي عالي جداً (على سبيل المثال نمو وزيادة حجم الثمرة أو مِلء الحبوب).

النظام المتكامل للتشخيص والتوصية (DRIS)

تكمن الصعوبة في تفسير تحليل النبات في تغير التركيز الحرج للعنصر الغذائي في النسيج النباتي مع تغيّر تراكيز العناصر الغذائية الأخرى. إنّ إجراء التشخيص بإستعمال النظام المتكامل (DRIS) يعتمد على النسب لتراكيز العنصر الغذائي أكثر من اعتماده على التراكيز المطلقة للعنصر لكل وحدة من المادة الجافة في النسيج النباتي. يتم تثبيت المعايير لهذه النسب بمقارنة تحليل المحصول في حالتي الغلة العالية والمنخفضة. وبسبب استخدام النسب فإنّ تخفيف المادة الجافة بنمو المحصول لها تأثير أقل على تفسير النتائج وتكون المرونة عالية في توقيت أخذ العينات (Sumner, 1977).

في البداية تم أقتراح بأنه ينبغي أن تكون معايير DRIS المطبقة في الموقع الجغرافي الواحد قابلة للتطبيق بصورة جيدة في مناطق أخرى. لقد أشارت دراسات عديدة حول الذرة والقمح وفول الصويا والبرسيم والبطاطا بأنّ المعايير المستخدمة محلياً أو إقليمياً قد أعطت مع ذلك دقة أعلى في تشخيص النقص (Munson and Nelson, 1999; Jones, 1993).

في بعض الدول وبضمنها الولايات المتحدة الأمريكية، البرازيل، كندا، الصين والهند قام المستشارون الزراعيون من القطاع العام والخاص بتطبيق DRIS كجزء من تقنيات التشخيص في مناطق مختارة.

من الممكن استعمال DRIS أيضاً بالإشتراك مع GIS لتخطيط مناطق الإنتاج لمحصول معين مزروع في المنطقة. يساعد مثل هذا التخطيط في تشخيص المواقع المحتملة بهدف تخطيط استعمال الأرض ورصد الإتجاهات في انتاج المحصول.

ومع أنّ الكثير من الباحثين بيّن أنّ DRIS عادة ما يعطي تشخيصات أكثر دقة لنقص العنصر الغذائي مقارنة بالطرق الإعتيادية إلا أنّ تعقيدات المنهجية العلمية في DRIS قد قلّص من استخدامه. لذلك أُقترحت تحويرات عددية في منهجية عمل DRIS لغرض تبسيط استخدامه وتفسيراته. تشمل بعض هذه التحويرات اجراء حسابات مبسّطة للإقترانات المتوسطة باختيار عامل تحوير ومعايير تحويرية للتنبؤ بالإستجابة للسماد المضاف لاحقاً. إضافة لذلك فقد أمكن تطوير برامج حاسوبية لإجراء حسابات DRIS بصورة سريعة وبسيطة.

تشمل تقنية DRIS تشخيص العنصر الغذائي تركيبياً (CND) والذي طُبق في محافظة كوبك في كندا (Parent et al. 2009).

الفحوصات السريعة

إنّ فحص النسيج النباتي حقلياً يعني تقدير كمية العنصر العنصر الغذائي في عصارة النبات وهو قياس شبه كمي و سريع لمحتوى العنصر الغذائي الذائب الذي لم يدخل بعد في عملية البناء (غير ممثِل).

تشير الكمية الكبيرة للعنصر الغذائي غير الممثل في عصارة النبات إلى أنّ النبات قد حصل على الكمية الكافية من العنصر الغذائي والذي سبق اختباره ليعطي نمو جيد. أما إذا كانت الكمية منخفضة فهنالك احتمالية في إما أن يكون العنصر الغذائي قليلاً أو أنه لم يُمتص من قِبل النبات بسبب النقص الرطوبي أو عوامل أخرى.

يمكن اجراء فحوصات نسيج النبات بسهولة وبسرعة في الحقل، فالنسيج النباتي الأخضر يمكن اختباره لعناصر غذائية عديدة مثل $NO_3^- - N$، P، K ، وفي بعض الأحيان Mg، Mn، و Fe. وعلى أية حال يحتاج الفحص الكثير من الممارسة والخبرة لتفسير النتائج خصوصاً تلك الخاصة بالعنصر الغذائي Mg والعناصر الغذائية الصغرى.

تُستخدم فحوصات نسيج النبات لتشخيص عنصر غذائي واحد (N، P، أو K) والذي قد يكون مُحدداً لغلة المحصول. وإذا كان أحد العناصر الغذائية قليل جداً فإنّ العناصر الغذائية الأخرى قد تتراكم في العصارة بسبب إعاقة نمو النبات مما يؤدي إلى تفسير غير صحيح. فإذا تم تصحيح النقص واستأنف النبات نموه بقوة، قد يكتشف الشخص بأنّ العناصر الغذائية الأخرى لم تعد موجودة بكميات تُنتج غلة عالية. إنّ ما يتم تشخيصه أو فحصه هو العنصر الغذائي الأكثر تحديداً للنمو في مرحلة نمو معينة.

إنّ هذه الفحوصات الميدانية للنسيج النباتي يمكن أن تكون ميدانياً مفيدة جداً عندما تصبح بمتناول أيدي الخبراء. وإنّ نقص N يمكن اكتشافه واقتراح الوسائل الكفيلة بمعالجته، وهذا التوفير بالوقت قد يكون ذو أهمية كبيرة كما هو الحال في التحليل الشامل للنباتات، فهو يتيح فرصة لمقارنة النباتات السليمة مع الضعيفة أينما كان ذلك ممكناً.

تتوفر عادة صناديق أدوات فحص تحتوي على تعليمات وأدوات لاجراء الفحوصات على نسيج النبات. ويحتوي العديد منها على تعليمات لاجراء الفحص وتجهيزات لتحديد pH التربة وحتى P، K و Zn للتربة. ينبغي للشخص قبل اجراءه لهذه الفحوصات الحصول على تدريب نوعي لتطوير مهارات التشخيص لديه.

8.5 تفسير نتائج فحص التربة وتحليل النبات

يحرص المزارعون بإستمرار على أخذ عينات للتربة والنبات وتحليلها حيث يقومون بذلك بسبب إهتمامهم في ضمان أن لا تنخفض غلة المحاصيل بسبب قلة جاهزية العناصر الغذائية. أيضاً فهم يريدون ضمان أنّ ما قاموا بشرائه من العناصر الغذائية السمادية ستعطي عائد اقتصادي وتحافظ على خصوبة التربة وانتاجيتها بشكل مستمر وتوفر حماية للبيئة. إنّ استعمال فحوصات التربة بصورة صحيحة يمكن أن توفر دليل ممتاز في تحديد احتياجات السماد والكلس (اللايم) وتطوير خطط إدارة العناصر الغذائية.

ينبغي أن تتضمن التوصية السليمة على كافة عناصر Rs الأربعة: المصدر والمعدل والوقيت والمكان مع الأخذ بالإعتبار أهداف استدامة المزرعة. تتطلب مثل هذه التوصيات عموماً معلومات إضافية. فبالإضافة إلى نتيجة فحص التربة فإنها تشمل توفير الأجهزة ومصادر العنصر الغذائي في المزرعة وأنظمة الحراثة والزراعة وخواص التربة الفيزيائية وأهداف غلة المحصول ونوعيته.

يجب ان تتضمن التوصيات السمادية الحالات التالية:

أ) ضمان أنّ جميع العناصر الغذائية سوف تبقى عند مستويات لا تعيق نمو النبات ابتداءً من مرحلة الإنبات إلى مرحلة الحصاد.

ب) توازن بين العناصر الغذائية لضمان الإستخدام الكفوء لكل عنصر غذائي.

ج) لرفع المستويات المنخفضة لفحص التربة الى المستويات المثالية لعدد معين من السنين.

د) توفير فرصة استخدام و استنزاف العناصر الغذائية التي تراكمت في التربة بمستويات عالية جداً و خاصة العناصر الغذائية غير المتحركة مثل P أو K.

تتأثر استجابة العناصر الغذائية مثل P و K بعوامل عديدة إضافة الى تأثرها بمستوى فحص التربة. قد تكون تلك الإستجابات عالية أو منخفضة وقد تكون الحاجة لإضافة عنصر غذائي ما طبقاً إلى غلة المحصول المحتملة ووقت الزراعة والمحصول السابق والحراثة وإنضغاط التربة ودرجة الحرارة ومستوى رطوبة التربة ودرجة تفاعل التربة pH ومستوى العناصر الغذائية الأخرى في التربة. وبسبب هذه العوامل فإنّ فحص التربة يتصرف كما لو أنه وسيلة تنبؤ دقيقة لإحتمال استجابة المحصول بدلاً من أن يكون وسيلة تنبؤ مضبوطة للمقدار الحقيقي لاستجابة المحصول وكمية العنصر الغذائي المضاف للوصول إلى تلك الأستجابة. في ضوء ذلك يكون لزاماً بأن يتم تفسير فحص التربة بعناية من قِبل متخصصين زراعيين ذوي تدريب وخبرة جيدة.

يختلف المزارعون أيضاً في أهادفهم لانتاج المحاصيل، فالبعض منهم عنده الوقت والرغبة والقابلية الإدارية في الحصول على غلة قريبة جداً من أقصى ما يمكن الوصول إليه. والبعض لديهم متطلبات أخرى أكثر مقارنة بغيرهم. والبعض الآخر يمتلكون تقريباً القدرة على الوصول إلى مدى واسع من مدخلات الإنتاج وأيضاً تكون قابليتهم في شراء هذه المدخلات متباينة. هذه الفروقات يمكن أن يكون لها تأثير كبير على إدارة تغذية النبات.

هذه العوامل أدت إلى إيجاد نوعين من الطرق الواضحة والشائعة لإدارة خصوبة التربة – طريقة كفاية العنصر الغذائي (Sufficiency Approach) طريقة صيانة و رفع مستوى خصوبة التربة (Build-maintenance Approach). يؤثر اختيار الطريقة في تحديد المصدر الموصى به للمعدل والتوقيت ومكان إضافة العنصر الغذائي. و فيما يلي شرح لتلك الطريقتين [عن Leikam et al. (2003)].

طريقة الكفاية

إنّ الهدف من طريقة الكفاية هو فقط إضافة ما يكفي من العنصر الغذائي لجعل المردود أقصى ما يمكن عند سنة الإضافة وتقليل تكاليف العنصر الغذائي أو السماد. إنّ الإختلاف الأساسي في استجابة العنصر الغذائي بين الحقول أو داخلها قد يعطي بمرور الوقت نوعاً ما الإحتياجات الحقيقية للعنصر الغذائي للوصول إلى مردود أعلى من تلك المعدلات المقترحة والقريبة من المعدلات المثالية الموصى بها على الأمد الطويل. ما لم تكن مستويات فحص التربة الأولية عالية والتربة يمكنها أن توفر كل احتياجات المحصول من العنصر الغذائي عند تطبيق هذه الطريقة، فإنّ المرونة في إضافة العنصر الغذائي سوف تنخفض سنة بعد أخرى حيث تكون الإضافات مطلوبة في كل سنة للتخلص من النقص الحاصل بسبب العنصر الغذائي المقيد للربح. أيضاً تكون خيارات مكان وضع السماد محدودة لأنه عند مستويات فحص التربة المنخفضة يصبح من الأهمية وضع العناصر الغذائية بشكل حُزم قرب البذور.

تعتمد توصيات كفاية العنصر الغذائي على معايرة فحص التربة مع بيانات حقلية تم جمعها لسنوات ومواقع عديدة. ولطرح القضية المعقدة والمتغيّرة بإستمرار في تطبيق العائد الهامشي فإنّ هذه التوصيات قد طُوّرت لتوفير 90 إلى 95% من الغلة القصوى أو للحصول على مستوى غلة معين عند المعدل

المثالي الاقتصادي للعنصر الغذائي. إنّ استجابة المحصول ومعدلات إضافة العنصر الغذائي تكون أعلى ما يمكن عند مستويات فحص التربة المنخفضة جداً بينما ينخفض معدل إضافة العنصر الغذائي الموصى به إلى الصفر بإرتفاع مستوى فحص التربة لتصل إلى قيمة فحص التربة الحرجة. والمستوى الحرج هو قيمة فحص التربة الذي عنده تكون التربة قادرة على تزويد كميات كافية من P و/أو K للوصول إلى 90 إلى 95% من الغلة القصوى. في توصيات كفاية العنصر الغذائي لا يُنظر عادة لقيم فحص التربة على أنها متغيّر يمكن إدارته وان هنالك إهتمام طفيف بقيم فحص التربة في المستقبل.

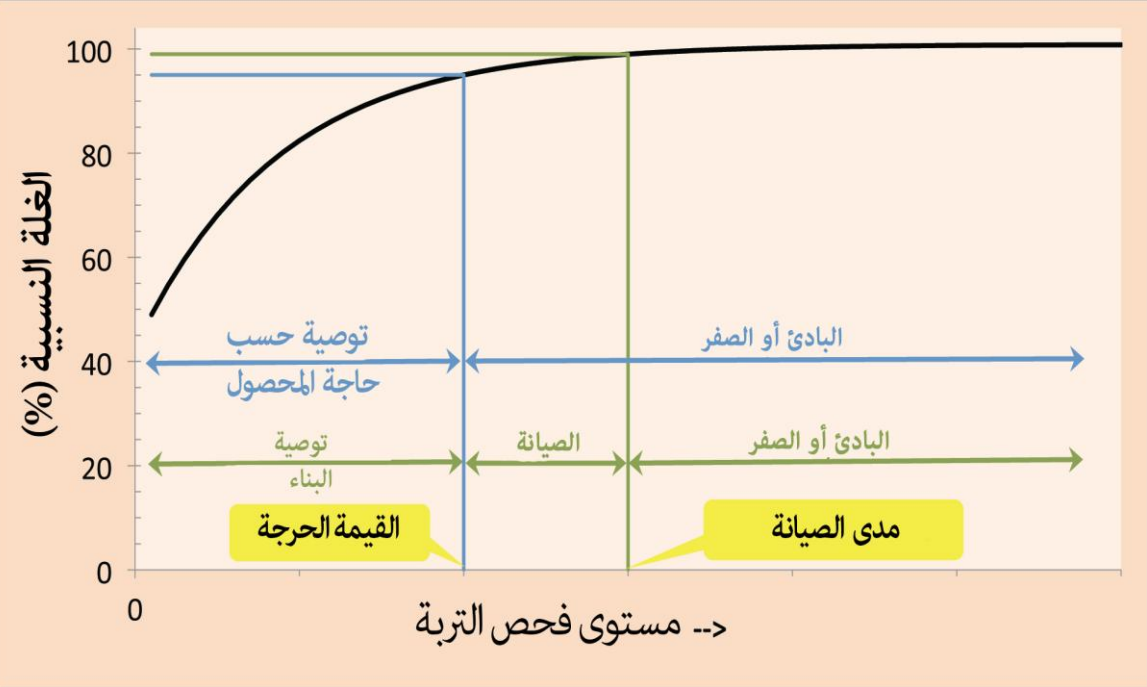
تُستخدم طريقة الكفاية على الأغلب عندما لا تتوفر الأموال لغرض الإستثمار أو تكون الفوائد على التكاليف عالية أو أنّ حيازة الأرض غير مضمونة مستقبلاً (على سبيل المثال عندما يكون التمليك بعقد لسنة أو لسنتين).

طريقة البناء والمحافظة على خصوبة التربة

إنّ الهدف لهذه الطريقة هو إدارة مستويات فحص التربة لـ P و/أو K لسد احتياجات المحصول الحالي للعنصرالغذائي ولبناء مستويات فحص التربة لتصل إلى قيمة غير محدِدة للنمو وفوق المستوى الحرج. إنّ المستوى الحرج هو نفسه المستخدَم بطريقة الكفاية وتحديده يتطلب كمية مماثلة من معايرة فحص التربة مع البيانات الحقلية. تميل هذه الطريقة أن تكون أقل حساسية للتوصيات غير المؤكدة من الناحية الإقتصادية بسبب الخطورة المتناقصة لفقد الغلة عند المستويات العالية من فحص التربة. عادة يتم تجميع قيم فحص التربة لفترة زمنية محددة (عادة 4 إلى 8 سنوات) وحالما تتجاوز قيمة فحص التربة القيمة الحرجة، تُصاغ توصيات العنصر الغذائي للمحافظة على إبقاء مستويات فحص التربة في المدى المستهدف أو مدى الإدارة.

إنّ المدى المستهدف لفحص التربة هو عادة المدى الذي يكون أعلى قليلاً من قيمة فحص التربة الحرجة الذي يمكن للتربة فيه تزويد عناصر غذائية كافية لسد الإحتياجات الغذائية للمحصول المزروع (المستويان الوسط والعالي). وحالما يتعزز العنصر الغذائي في فحص التربة ليصل المدى المستهدف سيمتلك المزارعون مرونة أعلى في تحديد متى وكيف يتم إضافة السماد. وفوق المستوى الحرج تكون التربة قادرة جداً على توفير احتياجات العناصر الغذائية في السنة المعينة، لذلك يمكن للمزارعين اختيار إضافة السماد سنوياً أو دمج الإضافات وإضافة السماد فقط كل سنتين أو ثلاث سنوات. هذا يوفر المرونة في إدارة التوقيت والسيولة النقدية والتذبذب في أسعار السوق للأسمدة والمحاصيل.

إنّ برامج البناء والمحافظة على خصوبة التربة ليس القصد منها توفير عوائد اقتصادية مثلى في سنة بذاتها بل محاولة تقليل احتمال أن يكون P و/أو K محدِد لنمو المحصول في الوقت الذي تتوفر فيه غلة قريبة من الغلة القصوى ومستويات عالية لمرونة المُزارع وعائدات اقتصادية جيدة على المدى الطويل. ومن مساوئها أنها تتطلب معدلات إضافة تكون عادة أعلى من تلك الموصى بها في برامج كفاية العنصر الغذائي.



شكل 8.4 بزيادة مستوى فحص التربة للعنصر الغذائي تزداد الغلة النسبية (غلة المحصول بدون إضافة العنصر الغذائي كنسبة من الغلة عندما يكون العنصر الغذائي غير محدد). ينخفض مقدار واحتمالية استجابة المحصول بزيادة مستوى فحص التربة. ترمي توصيات التسميد حسب حاجة المحصول تجهيز عائد اقتصادي في سنة الإضافة وينخفض إلى الصفر (أو كمية أقل من تلك المزالة بالمحصول، عادة موضوعة قرب البذرة ويطلق عليها البادئ starter) عند المستوى الحرج. توصي طريقة البناء والمحافظة على خصوبة التربة بكميات أكبر من إزالة المحصول وتنخفض إلى الصفر فوق حد الصيانة (**منقول عن** Leikam et al., 2003).

اختيار الطريقة الصحيحة

على مدى فترة طويلة من الزمن توفر الطريقتين للمزارعين الإختيار بين نظام يوصي بمعدلات إضافة منخفضة للعنصر الغذائي عند مستويات منخفضة لفحص التربة، لكنه يتطلب إضافة السماد سنوياً (برامج كفاءة العنصر الغذائي) مقابل الاستثمار بمعدلات عالية لمدة 4 إلى 8 سنوات بهدف اكتساب المرونة والوفرة الممكنة في التكاليف لإجراء الإضافة لسنوات متعددة عندما تكون أكثر ملائمة واقتصادية (برامج البناء والمحافظة على خصوبة التربة). يبين **الشكل 8.4** من الناحية النظرية قيم فحص التربة الحرجة وعلاقتها بالمعدل المضاف.

وبينما قد يكون الفرق على الأمد القصير في الكُلفة بين الطريقتين كبير جداً فإنّ المزايا من المرونة في برنامج الخصوبة الاجمالية وتكاليف الإضافة المنخفضة وتحسين توقيت الإضافة وإدارة الأموال النقدية قد تجعل الإستثمار في برامج البناء والمحافظة على خصوبة التربة مُجزية. حالما يتفهم المزارعون الطريقتين يمكنهم إقرار فيما إذا كانت كُلفة بناء مستويات لفحص التربة هي استثمار صائب أم لا. إذا كان للمزرعة مصادر غذائية من السماد الحيواني فإنّ الإقتصاديات لبرنامج البناء والحفظ تكون أجدى.

وحتى عناصر السماد الحيواني الغذائية يُستحسن إيقاف إضافتها بالمعدلات التي تزيد عن مستوى فحص التربة لتكون بعيدة عن العتبة البيئية (إعتيادياً أعلى من حد الحفظ) ولتجنب اختلال توازن العناصر الغذائية وخطورة الاضرار بالبيئة المتزايدة (انظر جزء **9.8**.2 و **شكل 9.2**).

إنّ المزارعين الباحثين عن الأرباح الكبيرة غالباً ما يحتاجون إلى أكثر من توصية سمادية. فهم يحتاجون إلى خطة إدارة كاملة للعنصرالغذائي بالإضافة إلى معلومات حول الإضافة الملائمة، والممارسات الثقافية، وتوقيت التخطيط، واستراتيجيات حماية المحصول الملائمة، ...الخ. إنّ فحص التربة هو جزء واحد فقط من خطة الإدارة الشاملة والتي تضمن ربحية عالية وغلة منتجَة بكفاءة عالية في حين أنها تقلل فقدان العنصر الغذائي الذي قد يسبب ضرر للبيئة. سوف يتم مناقشة خطط إدارة العنصر الغذائي لاحقاً في الفصل 9.

8.6 تقنية المقاطع المحذوفة في التجارب الحقلية

عندما لا يمكن اجراء التحاليل المخبرية للتربة والنسيج النباتي فإنّ تزويد العناصر الغذائية من التربة يمكن تقديرها بإستخدام تقنية المقطع المحذوف في التجارب الحقلية. وهذا يُجرى بإستعمال مقاطع صغيرة يتم في كل منها تقييم كل عنصر غذائي وذلك بحذفه من المقطع، في حين يتم إضافة العناصر الغذائية الأخرى إليه بكميات كافية. هنالك مقطع واحد والذي تضاف إليه كل العناصر الغذائية ومقطع واحد لن يضاف إليه سماد مطلقاً. فإذا لم يكن هنالك نقص في الغلة عند مقارنة العنصر الغذائي المحذوف مع المقطع "مع كل العناصر الغذائية" فهذا يعني بأن هنالك كميات كافية من ذلك العنصر الغذائي تم تزويدها من التربة.

المراجع

Jones, J.B. 1967. In. Soil Testing and Plant Analysis, Part II: Plant Analysis. SSSA, Madison, WI. P. 49–58.

Jones, J.B., Jr. 1993. Aust. J. Exp. Agric. 33:1039–1043.

Leikam, D.F., R.E. Lamond, and D.B. Mengel. 2003. Better Crops 87(3):6–10.

Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. *2nd ed*. Academic Press, London. 889 pp.

Munson, R.D. and W.L. Nelson. 1990. Ch. 14 In, Soil Testing and Plant Analysis, 3rd ed. SSSA Book Series, No. 3.

Parent, L.E., Natale, W. and Ziadi, N. 2009. Can. J. Soil Sci. 89:383–390.

Sumner, M.E. 1977. Plant Soil 46:359–369.

أسئلة؟

8) يتم تفسيراستخدام المستخلصات المختلفة في تحليل الترب لـ P الجاهز بإستخدام قيم مختلفة لـ:

أ. أعماق أخذ العينات.
ب. القيم الحرجة.
ج. عناصر غذائية محددة.
د. تقديرات احتياج النبات.

9) في تحليل النبات، المستوى الحرج لنقص K يُنتج اعتيادياً 90% من غلة المحصول مقارنة بـ:

أ. الغلة القصوى.
ب. الغلة الإقتصادية القصوى.
ج. الغلة مع كل العناصر الغذائية غير المحددة.
د. الغلة في نفس الظروف مع K غير محدد.

10) في برنامج بناء وحفظ خصوبة التربة، عندما يكون فحص التربة لـ P فوق حد المحافظة على خصوبة التربة فإنّ كمية P الموصى بها ينبغي:

أ. صفر أو الأولية فقط (starter).
ب. تسدّ نقص المُزال بواسطة المحصول.
ج. تستمر في بناء مستوى فحص التربة لـ P.
د. تمنع مستوى انخفاض فحص التربة لـ P.

حالة دراسية 8.1.1 السيرة التاريخية للزراعة تؤثر في قرارات عمق أخذ عينات التربة.

إنّ أهمية معرفة السيرة التاريخية للزراعة للحقل تم توضيحها في حالة قرب منطقة كالكري، البرتا في كندا. أراد مالك الأرض الجديد أن يزرع محصول الشوفان لإستخدامه كعلف أخضر للتغذية على حقل بمساحة 65 هكتار. وقد اتصلت مؤسسة التجزئة الزراعية المحلية لأخذ عينات تربة من الحقل لإعطاء التوصية السمادية قبل زراعة الشوفان في أواسط آذار. ذهب عضو لجنة التجزئة إلى الحقل وأخذ 15 عينة للتربة عشوائياً بعمق 15 سم وخُلطت مع بعضها البعض وأُخذت عينة ثانوية وأُرسلت إلى مختبر فحص التربة لغرض التحليل. أشار تقرير تحليل فحص التربة إلى مستويات العناصر الغذائية الكبرى الجاهزة لكل من N، P، K و S. وبالإعتماد على تلك المستويات كانت التوصية السمادية هي 132 كجم N، 11 كجم P_2O_5 و 17 كجم K_2O /هكتار لغلة مستهدفة مقدارها 9 طن/هكتار. إنّ السماد المضاف في خط البذور هو خليط من فوسفات الأمونيوم (0–52–11) وكلوريد البوتاسيوم الذي يزود 2 كجم/هكتار. لتحقيق توازن في N أُضيفت اليوريا نثراً كسماد بمعدل 282 كجم/هكتار مجهِّزة 130 كجم N /هكتار. خُلطت اليوريا مع عملية الحراثة قبل الزراعة. لقد نمى المحصول جيداً بسبب الأمطار الصيفية المبكرة التي تلاها شهر تموز وآب الحارة والجافة وكانت غلة العلف قريبة للغلة المستهدفة.

كان كل شيء على ما يُرام حتى أجرى المزارع تحليل عينة للعلف. بيّن التحليل مستويات نترات بمقدار 6.000 ملجم/كجم وهي أعلى بكثير مما أُعتبر المستوى الآمن وهو 1.500 ملجم/كجم نترات في العلف الذي يتم اطعامه لقطعان الأبقار (Cash et al. 2007). واشتكى المزارع بأنّ توصية N السمادية من مؤسسة التجزئة الزراعية كانت عالية جداً وسبّبت زيادة بمستويات النترات في العلف. وبعد التحريات من قِبل المزارعين المحليين مع مؤسسة التجزئة الزراعية وُجد بأنّ الحقل كان مزروعاً بالبرسيم لمدة خمس سنوات وحُرثت بمحراث الصاج في آخر الصيف للسنة الخامسة، وتُركت لمدة سنة قبل بيعها للمالك الجديد. هطلت في السنة المتروكة أمطاراً فوق المعدل وعليه فقد شكّ الزراعيّون بأنّ N المتمعدن من البرسيم المتحلل في السنة المتروكة قد غُسل تحت 15 سم وهو عمق أخذ العينات. بيّن أخذ العينات لعمق 120 سم من قِبل الزراعيين المحليين في أواخر صيف سنة علف الشوفان بأنّ N المتبقي في التربة بشكل نترات كان بمقدار 80 كجم/هكتار. إنّ النترات العالية في الشوفان كان نتيجة كميات النترات الكبيرة في التربة تحت العمق الذي أُخذت منه العينة والذي أندمج مع N المضاف في السماد مما أدى إلى زيادة في N المتوفر لمحصول الشوفان. لقد أدى الطقس الحار والجاف في تموز وآب إلى تراكم أكثر للنترات في الشوفان.

بعد التحري عن السيرة التاريخية للزراعة في الحقل، عُرفت تلك المعلومات وكان من الحكمة أخذ عينات التربة لعمق أكبر من فقط 15 سم. في حالات من هذا النوع يُنصح بثلاثة أعماق لعينات التربة وهي: 0–15، 15–60، و 60–120 سم. لقد تم احتساب N المتبقي في التربة لذلك أُعطيت توصية بتقليل N كثيراً لمحصول الشوفان.

المرجع

Cash, D. et al. 2007. Nitrate Toxicity of Montana Forages, Montana State University. [On–line].

الفصل التاسع
التخطيط والمسائلة في إدارة العناصر الغذائية

إنّ إدارة تغذية النبات طبقاً للمبادئ الأساسية في الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية 4R تتضمن المسائلة حول مجمل التأثيرات على الإستدامة: الاقتصادية والبيئية والاجتماعية. يناقش ويقارن هذا الفصل الوسائل المستخدمة في تخطيط إدارة العنصر الغذائي وقياس أداء الإستدامة.

9.1 خطط إدارة العنصر الغذائي

في مناطق عديدة والتي يكثر فيها انتاج الماشية والدواجن هناك فائض في انتاج العنصر الغذائي (حيث تُفرَز عناصر غذائية كثيرة من السماد الحيواني والتي تُمتص بواسطة النباتات في الحقل) ويكون وضع خطط لإدارة العنصر الغذائي إجبارياً في بعض المناطق وكانت الإستجابة والتأثير جيد. على أية حال فإنّ توسيع هذه الطريقة لتشمل مزارع صغيرة والى عمليات تركز بدرجة رئيسية على انتاج المحصول كانت محدودة. ومن المعوقات لذلك مقدار الوقت المطلوب لتجميع المعلومات المفصلة والإفتقار للمرونة في اجراء تغييرات للتجاوب مع الطقس والأسواق والإفتقار إلى الإرتباط بخطة المزرعة التجارية.

9.2 خطط الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية 4R

تهدف خطة الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية 4R إلى تحقيق غرضين من كل العمليات التي تُستخدم فيها العناصر الغذائية للنبات. والغرض الأول هو متابعة وتسجيل كل ممارسات إدارة المحصول المطبقة والمتعلقة بالتغذية النباتية في اطار دورة الإدارة التكيفية. هذه المعلومات بالأساس هي لمصلحة الإداري والمستشار لإستخدامها في اتخاذ القرارات حول الممارسات المطبقة أو المنقحة لدورة الإنتاج المقبلة كما نوقش في الفصل 2 و 7. والغرض الثاني هو أنّ الخطط يجب ان تتابع الأداء والمُخرجات للممارسات التطبيقية.

يطالب الناس وعلى نحو متزايد بالحصول على معلومات حول الأداء وتحسينه، ويرغب المشترون للمحصول معرفة آثاره البيئية المعتمدة على أداء النظام برمته. فعلى سبيل المثال أطلقت (أو على وشك إطلاق) شركات تجارة الغذاء الكبرى مبادرة عالمية لتعزيز الزراعة المستدامة لمساعدة الشركات بوضع ضريبة اقتصادية على التأثيرات البيئية والإجتماعية في سلاسل التوريد الخاصة بهم. في مشروع قانون 25 آب 2011 وصفت وسيلة النشر الإعلامية Businessgreen.com أحد هذه المبادرات وتضمنت:

"إدارة الموارد، على سبيل المثال الماء والطاقة وانبعاثاتها بالإضافة إلى انتاجية المزرعة وحفظ خصوبة التربة والتنوع الحيوي. وهي تغطي أيضاً التأثيرات الإجتماعية مثل التأثيرات على المجتمع الزراعي وحقوق الإنسان والإمتثال للقوانين المحلية والمعايير والأنظمة."

إنّ عملية تحديد أهداف الإستدامة ينبغي أن يتضمن اختيار أهداف الأداء المهمة ويُقيَّم الأداء من خلال اجراءات ومؤشرات تتعلق بالنتائج الاقتصادية والبيئية والاجتماعية، وترتبط بجميع المُخرجات التي تعتبر مهمة لأصحاب العلاقة (بضمنهم المزارعين، التجار الزراعيين، العملاء والمستهلكين).

عند تطبيق المبادئ الأربعة للإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية 4R لتطوير خطط إدارة العناصر الغذائية تستهدف المعلومات المجمّعة والمنشورة أكثر الأهداف الإقتصادية والإجتماعية والبيئية أهمية. وبعيداً عن الإنتاج الزراعي والتأثيرات البيئية فإنّ الإستدامة هي محط الإهتمام الرئيسي على الأمد الطويل وخطة إدارة العناصر الغذائية ينبغي أن تصبح جزء لا يتجزأ من خطة عمل المزرعة. **إنّ تركيز معلومات الأداء على الأولويات الإقتصادية والبيئية والإجتماعية الموضوعة بواسطة أصحاب العلاقة هي ما يميّز خطة الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية 4R عن خطط إدارة العناصر الغذائية.**

في الفصل 2 لوحظ بأنّ مفهوم الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية 4R يربط ممارسات الإدارة – أي اختيار المصدر والمعدل والوقيت والموقع – بأهداف إستدامة المشروع. لذلك فإنّ الخطوة الأولى في تطوير خطة الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية 4R هي بيان أهداف الإستدامة للمشروع كأن يكون مزرعة أو ملعب للجولف أو حديقة، وهذا يتطلب إلتزام عالي المستوى من المُنتِج أو المدير ويشجع التواصل مع أصحاب العلاقة. وفي حين يمكن لأصحاب العلاقة المساهمة في عملية وضع الأهداف فإنّ الإداريين يمكنهم اختيار الممارسات. تُحدَّد أهداف الإستدامة العامة بالشراكة مع الأشخاص الذين لديهم اهتماماً في ردود أفعال المؤسسة على الأمور التي تهمهم .إنّ الأهداف الخاصة بالمؤسسة ينبغي أن تتماشى مع هذه الأهداف العامة.

إنّ تأثيرات إدارة السماد يُعبَّر عنها في أداء الانظمة الزراعية أو النظام البيئي للتربة–النبات–الهواء الذي يتم فيه اضافة السماد. يتضمن الأداء الزيادة في الغلة والنوعية والربحية الناتجة من اضافة السماد وتمتد إلى التأثيرات طويلة المدى على خصوبة التربة وعلى فقدان العناصر الغذائية في الماء والهواء. ويتضمن أيضاً التأثيرات على الإقتصاد المحلي والظروف الإجتماعية، على سبيل المثال أن تكون المواد الغذائية بأسعار معقولة. ليس بالإمكان قياس كل نواحي الأداء في كل مزرعة لكن ينبغي تقييمها بمجملها، وقد تُستخدم المؤشرات المقبولة علمياً والنمذجة الحاسوبية في هذه التقديرات.

9.3 قياسات ومؤشرات الأداء

إنّ أساليب تقييم الأداء هي قياسات للمُخرجات الحقيقية لممارسة إدارة معينة لنظام زراعي معين، حيث يمكن أن تكون مكلفة جداً وصعبة الإجراء. تُجرى أساليب الأداء من قِبل الزراعيين وتُستخدم للتحقق من صحة ممارسات الإدارة وغالباً في سياق حقل مسيطر عليه ومصمم لإستقراء وتقصي عدد كبير من حالات للمحاصيل الزراعية عملياً. قد يكون المثال على ذلك اجراء تجربة حقلية في محطة أبحاث وفيها يتم مقارنة ممارستين أو أكثر، والتي تتضمن فيها قياسات لغلة المحصول وامتصاص العنصر الغذائي وفقدان الأمونيا واوكسيد النتروز للهواء وفواقد العناصر الغذائية بمياه الجريان السطحي والصرف، ...الخ. إنّ مفهوم 4R يساعد في توجيه البحث والإرشاد نحو التحقق من صحة الممارسات الأكثر ارتباطاً بالوصول إلى النتائج الإقتصادية والإجتماعية والبيئية والتي يعتبرها أصحاب العلاقة مهمة.

إنّ مؤشرات الأداء أكثر بساطة من القياسات حيث يمكن اجراءها بسهولة في مزارع قائمة. يحتاج أصحاب العلاقة إلى توافق بأنّ هذه المؤشرات تعكس تطلعاتهم للأداء وأنّ المؤشرات متطابقة تماماً مع القياسات الفعلية. على سبيل المثال عندما تكون تعرية التربة هي القضية الرئيسية بحيث يُفقد بسببها القسم الأكبر من مصادر العنصر الغذائي فيكون المؤشر المناسب هو الذي يقيس بقايا المحصول التي تغطي سطح التربة في الفترات الحساسة.

من يختار المؤشرات؟

إنّ تدخل أصحاب العلاقة مطلوب لإختيار مؤشرات الأداء التي تمثل درجة التقدم في تحقيق الأهداف التي تعتبر مهمة للجميع. بإيجاز تتضمن خطة الأداء المتكامل للعناصر الغذائية 4R اختيار منتجي المحاصيل ومستشاريهم لتوليفة المصدر–المعدل–الوقت–والمكان من الممارسات التي تم التحقق منها بواسطة البحث المنفَّذ بواسطة الباحثين الزراعيين. إنّ أهداف الإرتقاء الإقتصادي والبيئي والإجتماعي للمؤسسة ومؤشرات الأداء المناظِرة لها يتم اختيارها لتصطف مع أهداف الإستدامة العامة والتي يتدخل فيها أصحاب العلاقة لنظام الإنتاج الزراعي. تُوثِق الخطة الممارسات المُنفّذة والأداء حسب تلك المؤشرات معاً.

أسئلة؟

1) تتضمن الخطط المناسبة لإدارة العناصر الغذائية للمحصول معلومات حول:
أ. ممارسات الإدارة.
ب. الأداء.
ج. إدارة الممارسات والأداء.
د. تفاصيل معقدة.

2) الخطوة الأولى في تطوير خطة الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية 4R هي تبيان:
أ. مؤشرات الأداء للمزرعة.
ب. أهداف الإستدامة للمزرعة.
ج. غلة المحصول للمزرعة.
د. معدلات السماد للمزرعة.

3) تعكس مؤشرات الأداء الإرتقاء بإدارة السماد للمساعدة في تحسين:
أ. نوعية المياه.
ب. نوعية الهواء.
ج. غلة المحصول.
د. الإستدامة.

جدول 9.1 أمثلة لقياسات ومؤشرات الأداء لإدارة تغذية النبات

قياس أو مؤشر الأداء *	الوصف
الغلـة	كمية المحصول المحصود لكل وحدة من الأرض المزروعة لكل وحدة زمنية.
النوعية	السكر، البروتين، المعادن، الفيتامينات والصفات الأخرى التي تضيف قيمة للمنتج المحصود.
كفاءة استعمال العنصر الغذائي	الغلة المنتجة أو العنصر الغذائي المزال لكل وحدة من العنصر الغذائي المضاف.
كفاءة استعمال الماء	الغلة لكل وحدة ماءمضافة أو جاهزة.
كفاءة استخدام العمالة	انتاجية العمال، مرتبطة بعدد وتوقيت العمليات الحقلية.
كفاءة استعمال الطاقة	غلة المحصول لكل وحدة من مُدخَل الطاقة.
صافي الربح	حجم وقيمة المحصول المنتَج بالنسبة لكلف الإنتاج الكلية.
عائد الإستثمار	الربح بالنسبة لرأس المال الإستثماري.
التبني (Adoption)	نسبة المنتجين المستخدمين لمنطقة تتبنى BMPs معينة.
انتاجية التربة	مستوى خصوبة التربة ومؤشرات نوعية التربة الأخرى.
كربون المادة العضوية	يؤثر في بناء ونوعية التربة بالإضافة إلى توازن غاز البيوت الزجاجية.
استقرار الغلة	مرونة غلة المحصول لإختلاف الطقس والآفات.
دخل المزرعة	تحسّن المعيشة.
ظروف العمل	نوعية الشؤون الحياتية، رضاء العاملين، انتقال العاملين.
نوعية الماء والهواء	تركيز العناصر الغذائية وحملها في الجابية المائية أو التيارات الهوائية.
خدمات النظام البيئي	جمالية الريف، المفترسات والملقِحات الطبيعية، أماكن الترفيه الخارجية، الصيد، صيد الأسماك، ...الخ.
التنوع الحيوي	من الصعوبة اعطاءه قيمة كميّة – يمكن أن يكون وصفياً.
تعرية التربة	درجة تغطية التربة بواسطة المحاصيل النامية بفعالية وبقايا المحصول، و/أو تقليل كتلة فقدان التربة لكل وحدة مساحة من الأرض.
فقدان العنصر الغذائي خارج الحقل	الفواقد الكلية المشتركة للعنصر الغذائي من حافة منطقة الإدارة الزراعية للحقل، أسفل المنطقة الجذرية، وقمة ظلة النبات.
موازنة العنصر الغذائي	المقدار الكلي لمُدخلات ومُخرجات العنصر الغذائي عند سطح التربة أو بوابة المزرعة.

* الأهمية النسبية من بين هذه والمؤشرات الأخرى يتطلب أن تُحدَّد بواسطة مُدخَل أصحاب العلاقة.

ما هي المؤشرات المحتملة؟

لأنّ الإضافات السمادية لها تأثيرات عديدة، لذلك ليس هنالك قياس أو مؤشر واحد يكون إنعكاساً للأداء ولا يمكن قياس جميع التأثيرات المحتملة. يحتاج أصحاب العلاقة لإختيار الأساليب والمؤشرات التي لها علاقة بالقضايا ذات الأهمية الكبرى، وجزء من قائمة المؤشرات التي يمكنهم الإختيار منها موضحة في **جدول 9.1**. من المهم التمييز بأنه ليس هنالك تأثير لادارة السماد على أي من هذه المؤشرات بحد ذاتها، وجميعها يمكن أن تتحسن بتطبيق الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية 4R غير أنها تعتمد أيضاً على الإدارة السليمة لجميع الممارسات المطبّقة في النظام الزراعي أو النظام البيئي النباتي. على سبيل المثال إنّ برنامج التسميد الجيد لحشائش المروج لا يكون قياساً للسيطرة على التعرية إذا لم تكن هنالك إدارة لعملية القص أو لاختيار الأصناف المناسبة. كمثال آخر فإنّ اختيار صنف القمح غير الملائم سوف يُسفر عن كفاءة منخفضة لاستخدام N بالرغم من استخدام أفضل الخيارات الممكنة لمصدر ومعدل وتوقيت ومكان إضافة N.

الدعم الإقتصادي للأداء البيئي والإجتماعي

يدرك المزارعون والإداريون الجوانب البيئية والإجتماعية المرتبطة بإبقاء مؤسساتهم قادرة على الاستمرار لأجيال قادمة. وقد تتعارض الربحية الإقتصادية كونها ضرورية لاستدامة اي مؤسسة في بعض الأحيان مع أهداف الأداء البيئي والإجتماعي. إنّ دافع المدراء في المعالجة الشاملة للجوانب الثلاثة جميعها يمكن تحقيقه بواسطة برامج تشمل الإقرار (مثال شهادة أو بطاقة بالإلتزام البيئي) أو رسوم مباشرة على البضائع والخدمات البيئية (على سبيل المثال بدلات الكربون المتعلقة بتخفيف تأثيرات غاز البيت الزجاجي). إنّ مثل تلك البرامج يمكنها ضمان التحسينات المستمرة في الإنتاج سويّة مع الإرتقاء بالقضايا البيئية والإجتماعية.

9.4 كفاءة استعمال العنصر الغذائي كمؤشر للأداء

تشمل قياسات ومؤشرات الأداء عادة غلة المحصول ومعلومات كافية لحساب العائد الإقتصادي، إضافة لذلك فهي تتطلب أن تعكس الأداء البيئي والإجتماعي. إنّ تلك الخيارات قد تتباين بالإعتماد على أولويات صاحب العلاقة ولكنها على الأغلب تتضمن إما الموازنة الغذائية أو كفاءة استعمال العنصر الغذائي. إنّ العديد من التأثيرات البيئية تُخفَف عندما يتم تجنب فائض العناصر الغذائية وعندما تتحسّن كفاءة استعمال العنصر الغذائي. على سبيل المثال في الترب الرملية يمكن أن يصل فقدان النترات بواسطة الغسل إلى كمية مُعتبَرة من N المضاف، لذلك فإنّ الممارسات المختارة لتحسين كفاءة استعمال العنصر الغذائي سوف تقلل آنياً فواقد النترات إلى المياه الجوفية. قد تتضمن مثل هذه الممارسات استخدام إضافات مجزّأة لتقليل الفواقد أو استخدام منتجات تُبقي N في صيغة الأمونيوم. إنّ العديد من فواقد العنصر الغذائي المؤثرة على البيئة صعبة القياس وتوفر كل من ميزانية العنصر الغذائي وكفاءة استعمال العنصر الغذائي قياس غير مباشر لهذه الفواقد وهي ليست صعبة للحساب والتقدير أو القياس.

هنالك أمثلة لحالات يمكن فيها لكمية قليلة جداً من الفواقد ان تنتج التأثير البيئي. وفيما يخص مسألتي الجريان السطحي لـ P المذاب أو انبعاث اوكسيد النتروز، ففي كِلا المسألتين غالباً ما تصل الفواقد الى 1 إلى 3% فقط من العنصر الغذائي المضاف وهذا الفقدان بحد ذاته ليس كبيراً بما فيه يكفي لجعل إضافة العنصر الغذائي أقل فعالية أو جاهزية لتغذية المحصول. إنّ تحسين كفاءة استعمال العنصر الغذائي وتقليل فائض العنصر الغذائي قد يُخفِف جزئياً التأثير البيئي لهذه الفواقد، غير أنّ ممارسات المصدر والتوقيت والمكان قد يتطلب أيضاً أخذها بالإعتبار لتقليل التأثير على البيئة لمستويات مقبولة.

يُفترض غالباً بأنّ كفاءة استعمال العنصر الغذائي هي المؤشر الأكثر أهمية لأداء استعمال السماد. لكن هذه ليست هي الحالة، فالعناصر الغذائية النباتية تضاف لزيادة الأداء الكلي للنظام الزراعي وأنّ كفاءة استعمال العنصر الغذائي هي فقط جانب من ذلك الأداء كما مؤشر في **جدول 9.1**. إنّ كفاءة استعمال العنصر الغذائي لها تعاريف عديدة تعكس استعادة العنصر الغذائي وموازنة العنصر الغذائي أو الغلة المنتجَة لكل وحدة عنصر غذائي مضافة. فكل منها يوفر مؤشرات فريدة لإحتمال تحسين إدارة السماد لكن ليس لأي منها أن يعطي تمثيلا مكتملا للتأثير على الأداء الكلي.

كفاءة الإنتاج

إنّ الصيغة الأسهل لكفاءة الإنتاج الزراعي يُصطلح عليها عامل الإنتاجية الجزئي (PFP). وتُحسب بوحدات غلة المحصول لكل وحدة عنصر غذائي مضافة. والمصطلح الآخر هو الكفاءة الزراعية (AE) وتُحسب بوحدات الزيادة بالغلة لكل وحدة عنصر غذائي مضاف وهي تعكس بصورة وثيقة تأثير العناصر الغذائية المضافة. يُحسب المصطلح السابق بسهولة في أي مزرعة تحتفظ بسجلات للمُدخلات والمُخرجات. أما المصطلح الاخر فإنه يتطلب مقطع حقلي بدون إضافة العنصر الغذائي، لذلك يكون معلوماً فقط عندما يتم تنفيذ مقاطع بحثية في التجارب في المزرعة.

إنّ PFP يُجيب على السؤال التالي "ما مدى انتاجية هذا النظام الزراعي مقارنة بمُدخلاته من العناصر الغذائية؟". أما AE فهو يُجيب على سؤال مباشر أكثر وهو" كم تم إحراز من تحسينات بالإنتاجية بإستخدام هذا المُدخل للعنصر الغذائي؟".

كفاءة الإستعادة Recovery Efficiency

إنّ كفاءة إستعادة العنصر الغذائي لها أيضاً صيغتين على الأقل والصيغة الأسهل هي المُخرج من العنصر الغذائي لكل وحدة من المُدخل (المضاف) من العنصر الغذائي وهي في بعض الأحيان تسمى موازنة العنصر الغذائي الجزئية (PNB). وتُحسب على أنها العنصر الغذائي في الجزء المحصود من المحصول لكل وحدة عنصر غذائي مضافة وتُعرَف كنسبة "المستهلَك في المحصول إلى المضاف" حيث تقاس بيسر وسهولة وهي مفيدة لمنتجي المحاصيل ويمكن أن يتم الحصول عليها لأي عدد من مواسم النمو.

إنّ الصيغة الأكثر تعقيداً والمفضلة من قِبل العلماء الذين يدرسون النبات يُصطلح عليها كفاءة الإستعادة (RE) وتُعرّف على أنها الزيادة في امتصاص المحصول للعنصر الغذائي في الأجزاء النباتية الخضرية بالإستجابة لإضافة العنصر الغذائي. وكما هي AE يتطلب قياسها تنفيذ مقاطع بحثية في التجارب بدون اضافة العنصر الغذائي. إنّ PNB يُجيب على السؤال "كم من العنصر الغذائي تم استهلاكه من النظام بالنسبة إلى ماتم إضافته؟". من جانب آخر فإنّ RE تُجيب على السؤال "كم من العنصر الغذائي المضاف قد امتصه النبات؟".

اعتيادياً تُحسب قيمة AE و RE لوصف النتائج على الأمد القصير: إما لإضافة عنصر غذائي واحد أو الإستجابة خلال موسم زراعي واحد. ومن ناحية ثانية عندما تُحسب على الأمد الطويل فالنتائج يمكن أن تختلف جوهرياً وبالأخص بالنسبة إلى P كما يشير إليه **جدول 9.2**.

جدول 9.2 أربعة تعريفات مختارة لكفاءة استعمال العنصر الغذائي (NUE).

مصطلح NUE	الحساب	أمثلة عنها منشورة
PFP – عامل الإنتاجية الجزئي للعنصر الغذائي المضاف	Y/F	40 إلى 80 وحدة من حبة الحبوب لكل وحدة N
AE – الكفاءة الزراعية للعنصر غذائي المضاف	$(Y-Y_o)/F$	10 إلى 30 وحدة من حبة الحبوب لكل وحدة N
PNB – موازنة العنصر الغذائي الجزئية (نسبة المزال إلى المستعمل)	U_H/F	0 إلى أكبرمن 1.0 – يعتمد على خصوبة التربة الأصلية وأهداف المحافظة على الخصوبة <1 في أنظمة نقص العنصر الغذائي (تحسين الخصوبة) >1 في أنظمة فائض العنصر الغذائي (شبه إحلال) أقل بصورة طفيفية من 1 إلى 1 (حافظ على خصوبة التربة)
RE – كفاءة استعمال المحصول الظاهرية للعنصر الغذائي المضاف	$(U-U_o)/F$	0.1 إلى 0.3 – جزء من مُدخل P أُستعيد في السنة الأولى 0.5 إلى 0.9 – جزء من مُدخل P أُستعيد بواسطة المحاصيل في نظام زراعي على الأمد الطويل 0.3 إلى 0.5 – إستعادة N في الحبوب (نموذجي) 0.5 إلى 0.8 – إستعادة N في الحبوب (أفضل إدارة)

- F – كمية العنصر الغذائي السمادي المضاف
- Y – غلة المحصول بالعنصر الغذائي المضاف
- Y_o – غلة المحصول في قطاع المقارنة بدون عنصر غذائي مضاف
- U_H – محتوى العنصر الغذائي للجزء المحصود من المحصول
- U – الإمتصاص الكلي للعنصر الغذائي في كتلة المحصول فوق الأرض بإضافة السماد
- U_o – الإمتصاص الكلي للعنصر الغذائي في كتلة المحصول فوق الأرض بدون إضافة السماد

9.5 خطوات وضع خطة الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية 4R

يوفر التالي مجموعة من الخطوات العامة لتحقيق وتنفيذ خطة الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية 4R والتي توفر تحديد المسؤولية للإرتقاء نحو المستويات العالية للإستدامة. وهذه الخطوات قد أُعدت لتتوافق مع مبادئ الإدارة التكيفية الموصوفة في الفصل 7.

1. حدّد أهداف الإستدامة – لكل المزرعة أو المؤسسة:

أ) يجب مراعاة أصحاب العلاقة. هذا قد يشمل الجيران والعملاء ومؤسسات المجتمع المحلي و الجمعيات الزراعية وجمعية رجال الأعمال أو المنظمات الأخرى الفعالة في الترويج الطوعي لتحسين الإستدامة.

ب) عند تأجير الأرض الزراعية ينبغي أن تكون هنالك مناقشة بين مالك الأرض وعامل المزرعة لتحديد من هو المسؤول لتنفيذ ممارسات الإستدامة ومراقبة مدى فعاليتها.

ج) حدّد الأهداف الإقتصادية والبيئية والإجتماعية للمؤسسة مع مؤشرات الأداء المختارة والأخذ بالإعتبار اهتمامات الأشخاص المذكورين أعلاه.

إختار استراتيجية إدارة العنصر الغذائي المناسبة والتي تدعم أهداف الإستدامة للمزرعة. إنّ المثال لسرد أهداف المزرعة للإستدامة البيئية متوفر في المقالة المقدمة من سلسلة:
Cornell University`s Whole Farm Evaluation (#1 by Kar; Czymmek).

2. إجمع معلومات الإنتاج المطلوبة – لكل حقل:

أ) المحصول المنوي زراعته.

ب) الغلة والنوعية المستهدَفة (مثال بروتين، محتوى عناصر نادرة، اللون أو صفات أخرى متأثرة بإدارة العنصر الغذائي).

ج) صفات التربة بضمنها النسجة والمادة العضوية و pH ومستوى العناصر الغذائية الجاهزة.

د) السيرة التاريخية للزراعة وممارسات إدارة العناصر الغذائية السابقة.

ه) عدد الأيام المتوقعة لملائمة ظروف التربة للعمليات الحقلية (إضافة العناصر الغذائية، الحراثة، الزراعة، حماية المحصول وحصاده) على أساس التربة والطقس المثالي.

و) صرف المياه، معدلات الغيض (infiltration)، التعرّض للغسل، القرب من المياه السطحية.

ز) الموقع، الأبعاد والمساحة السطحية (الوصف القانوني، إحداثيات GPS، الخريطة).

ح) الفرصة والإحتمال لإضافة معدلات مختلفة من العناصر الغذائية على نطاق حقل ثانوي.

ط) الأجهزة المتوفرة لإضافة العناصر الغذائية.

ي) توصيات موثوقة ووسائل دعم القرار لتوليفة مثالية من المصدر والمعدل والوقت والمكان لإضافة العنصر الغذائي بإفتراض الظروف أعلاه.

3. **إعداد الخطة** – لكل حقل:

أ) تحديد المتطلبات الغذائية للوصول إلى الغلة والنوعية المستهدَفة.

ب) تقدير قدرة تزويد التربة للعناصر الغذائية.

ج) مراعاة تزويد كل العناصر الغذائية الجاهزة وإختيار المصدر الغذائي الأكثر جدوى والمعدل والوقت والمكان الملائم للإضافة.

4. **نفّذ الممارسات المختارة**. إضافة مصدر العناصر الغذائية الصحيح بالمعدل والوقت والمكان الصحيح للوصول إلى الأداء الأفضل. ويمكن القيام بذلك من قِبل مدير المزرعة أو بالإشتراك مع المستشارين وباعة الأسمدة أو المتخصصين بإضافة الأسمدة والمشترين وموظفي الرقابة. إنّ التسجيل والمتابعة بدقة لِما تمّ إنجازه هو جزء مهم من دورة الإدارة التكيفية وينبغي أن يشمل أيضاً متابعة ظروف المحصول.

أسئلة؟

4) إنّ مؤشر الأداء الأكثر أهمية لإدارة العناصر الغذائية النباتية هو:
أ. عامل الإنتاجية الجزئي.
ب. كفاءة استعمال العنصر الغذائي.
ج. الكفاءة الزراعية.
د. يرتبط بصورة وثيقة بأهداف الإستدامة.

5) إنّ عملية استثمار وتنفيذ خطة الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية 4R لمزرعة:
أ. تتوافق مع مبادئ الإدارة التكيفية.
ب. تزيد عبء الأنظمة الحكومية.
ج. تكون مستقلة عن خطة عمل المزرعة.
د. تسمح بإهمال اهتمام صاحب العلاقة.

6) ينبغي أن تحتوي خطة الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية 4R معلومات لكل حقل حول:
أ. الممارسات المطبّقة والأداء بالمقارنة مع السنوات السابقة.
ب. أهداف الإستدامة ومؤشرات الأداء.
ج. كل مؤشرات الأداء الممكنة.
د. المصادر البديلة للعناصر الغذائية.

5. **مراقبة فعاليات الممارسات المُستخدَمة**. إنّ الخطوة الأخيرة في دورة الإدارة التكيفية هو تقييم الأداء من خلال مؤشرات مختارة لتحديد فيما إذا حققت الممارسات المختارة النتائج المرجوّة. هذا التقييم بعد ذلك يؤثر في دورة قرارات التخطيط اللاحقة (أي الخطوة 2). إنّ تأثير العديد من الممارسات لا يمكن قياسها بسهولة في موسم زراعي واحد ويتطلب تقييمها سنوات عديدة لتوثيق التحسينات.

يمكن أن تكون مثل تلك المراقبة سهلة مثل تحديد غلة المحصول وتقييم فيما إذا كانت الغلة أو لم تكن قريبة من الغلة المستهدَفة حسب الخطة. ولكن غالباً واعتماداً على أولوية أهداف الإستدامة فإنّ المراقبة قد تشتمل أيضاً على اجراءات حسابية تتعقب استعمال العنصر الغذائي كالآتي:

أ) المراقبة في الموسم وعند الحصاد لتراكيز العناصر الغذائية للمحصول

ب) تحديد العناصر الغذائية المتبقية في التربة بعد الحصاد وفي بعض الحالات تراكيز العناصر الغذائية في بقايا المحصول (أي N بدرجة أساسية)

ج) تقييم فيما إذا تم التوصل إلى الغلة المستهدَفة مع الأخذ بالإعتبار الغلة المحتملة على أساس الطقس المعتاد (مثال هل كانت الأمطار والري كافية وفي وقتها؟ هل كان هنالك وحدات حرارية كافية لنمو المحصول؟ هل هنالك عوامل أخرى التي تداخلت مع نمو النبات بصورة طبيعية؟)

د) حساب الموازنة الغذائية وكفاءة استعمال العنصر الغذائي

ه) مراقبة كمية ونوعية المياه

و) قياس وتقييم نوعية التربة بإستخدام المؤشرات المناسبة.

9.6 نموذج استمارة العمل لخطة 4R

المرفق أدناه هو مثال لإستمارة العمل التي يمكن استعمالها من قِبل خبير المحاصيل ومستشار المحاصيل لمساعدة المُزارع في استخدام خطة الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية لحقله.

1) معلومات المرزعة

اسم المؤسسة: (اسم المزرعة أو التجاري)		
معلومات الإتصال – المزارع: (الإسم، العنوان، الهاتف، البريد الإلكتروني)		
معلومات الإتصال – المستشار: (الإسم، العنوان، الهاتف، البريد الإلكتروني للمستشار القانوني أو الخبير الزراعي)		
وصف المؤسسة: (عدد الحقول، المحاصيل المزروعة، الماشية أو الدواجن، مصادر العناصر الغذائية المتوفرة)		
أهداف الإستدامة والمؤشرات المتعلقة بالعناصر الغذائية		
	الأهداف	**مؤشرات الأداء** المتعلقة بإدارة العناصر الغذائية لكل هدف
اقتصادية		
بيئية		
اجتماعية		

2) معلومات الحقل (لكل حقل):

اسم الحقل أو منطقة الإدارة أو الرقم	
الموقع القانوني وإحداثيات GPS	
الخريطة والوصف	
المساحة (السعة)	
المحصول السابق	
المحصول أو المحاصيل المحددة لحالة التخطيط هذه	
الغلة المستهدَفة الواقعية	

طوبغرافية المظهر الأرضي وخصائص صرف التربة

خصائص التربة		**مستويات فحص التربة**			
المادة العضوية		**N**		**Ca**	
النسجة		**P**		**Mg**	
pH		**K**		**Zn**	
CEC		**S**		**Mn**	

إضافة العنصر الغذائي المُخطط لها (الموصى بها)

الإضافة	**المصدر الصحيح (تحليل)**	**المعدل الصحيح**	**التوقيت الصحيح (التاريخ، مرحلة نمو المحصول)**	**المكان الصحيح (العمق، الطريقة)**
1				
2				

العنصر الغذائي المضاف

الإضافة	**المصدر**	**المعدل**	**الوقت**	**المكان**
1				
2				

ملخص ميزانية العناصر الغذائية

	N	**P_2O_5**	**K_2O**	**S**		
المضاف						
الممتص						
المزال						

مؤشرات الأداء (قد تشمل مستويات خصوبة التربة، كفاءات استعمال العنصر الغذائي، الموازنات، غلة المحصول، ...الخ. التوافق مع أهداف الأستدامة. رسم بياني مع الوقت لإظهار الإتجاهات):

المؤشر	**سنة ماضية**	**سنة ماضية**	**سنة ماضية**	**السنة الحالية**
الغلة				
صافي العائد				
ميزان العنصر الغذائي الجزئي – N				
ميزان العنصر الغذائي الجزئي – P				
ميزان العنصر الغذائي الجزئي – K				

9.7 مقارنة التشريعات (المعايير الإلزامية) والمعايير الطوعية لخطط إدارة العناصر الغذائية

يدور الجدل حول الدور الحقيقي للتشريعات في كل بلد ومجتمع. فكل ثقافة ونظام سياسي له وجهة نظر فيما يخص الدور المناسب للحكومة في التحكم بأنشطة الأشخاص والمجموعات. بالنسبة للتشريعات البيئية، من المُسلّم به أنّ نوعية الحياة للمجتمعات تتأثر بالعديد من الأنشطة الإنسانية التي تؤثر في الموارد الطبيعية مثل الهواء والتربة والماء حيث يمكن أحياناً تقليل هذه التأثيرات البيئية من خلال السيطرة الحكومية على المستوى المحلي والإقليمي والوطني. إنّ بعض التأثيرات البيئية يُفضل معالجتها على المستوى المحلي بينما القضايا البيئية الأخرى فهي عالمية في نطاقها وتتطلب اتفاقات دولية.

من الواضح بأنه عندما لا تتم إدارة صحيحة للعناصر الغذائية النباتية والتي قد تُفقد من الحقل بطريقة غير مقصودة فإنها تساهم في تأثيرات بيئية ضارة. ولكن ليس من الواضح دائماً إن كانت هذه الإستجابات الطوعية والإلزامية أفضل علاج للقضايا البيئية. إنّ بعض الآراء المؤيدة والمعارِضة للأساليب الطوعية والأساليب الإلزامية مذكورة في الآتي.

المعايير الإلزامية:

أ) ينتج عن اصدارالتقرير الإلزامي أساليب قياسية أو موحدة والتي توفر معلومات موثوقة للتعامل مع اهتمامات وأسئلة صاحب العلاقة.

ب) تستلزم مجموعة قياسية من المتطلبات مستوى من الشفافية التشغيلية التي تتعامل مع قضايا بيئية معينة.

ج) ليس هنالك حالياً أساليب قياسية لحفظ السجلات ولا لمسائلة عملية اتخاذ قرارات العناصر الغذائية، وهذا يشكل صعوبة في توثيق الإرتقاء نحو الأهداف البيئية من دون توفير معايير متجانسة.

د) يدور الجدل على أنّ التشريعات الإلزامية قد تؤدي بالنهاية إلى كفاءة أعلى وربحية أعلى ورفاهية اجتماعية عالية على الأمد الطويل. إنّ الأفكار حول هذا الإدّعاء متباينة.

ه) في المناطق التي يتم فيها زراعة أصناف كثيرة من المحاصيل التجارية فإنّ قابلية المنظمين لفرض قواعد إلزامية لإستيعاب الإحتياجات الخاصة لكل محصول هو التحدي الصعب.

و) غالباً ما تفتقر الأساليب الإلزامية المرونة للتكيف مع الظروف الجديدة والظروف البيئية وتغيرات السوق والتقنيات الحديثة. إنّ هذا يمكن أن يضع عبئاً على المَزارع التي تشتغل في بيئة عمل على مستوى دولي.

ز) إنّ الأنظمة الصارمة تُضعِف الإبتكار وتقلل الحافز لتجاوز المتطلبات الدنيا وفي حفظ السجلات.

ح) العديد من التشريعات فيها "رابحون وخاسرون"، إعتماد قرارات وأنظمة – يعني إعتماد قضية سياسية بدلا من مُخرجات على أسس علمية.

ط) يَصعب على المشرّعين مراقبة الإمتثال للوائح المزرعة والذي يمكن أن يُضعِف الثقة في القرارات والتشريعات ويجعل تنفيذها يبدو غير مؤكد.

المعايير الطوعية:

أ) لا تزال المعايير البيئية تتطور والأساليب الطوعية تضع المزارعين بالإتجاه الصحيح مع التقدم العلمي.

ب) تسمح المعايير الطوعية لمعلومات النشاط الصناعي الحالي للإنتشار بسرعة من الناحية العملية. وغالباً ما يمارس المراقبون الحكوميون لعبة "اللحاق بالركب" لتعديل سياستهم لتعكس الظروف المتغيرة.

ج) توفر الرقابة الذاتية مرونة أعلى من الرقابة الصارمة حيث تسمح بإختيار ممارسات الإدارة التي تواجه التحديات المحلية بطريقة أفضل. هذا يجنب صعوبة التعامل مع حالات التحدي السياسية والتي يجب على المراقبين الحكوميين التعامل معها في كل مرة يتبدل فيها القرار.

د) إذا تم إشراك المشاركين في اختيار ممارسات الإدارة الصحيحة لحقل معين فمن المحتمل أن تكون النتائج أكثر ملائمة من طريقة "حجم واحد يناسب الجميع".

ه) قد ينتج عن الرقابة الذاتية مستوى عالي بالتقيد بالنظام. وعندما يشارك الأشخاص في وضع قرارات أكثر عقلانية فمن المحتمل أن تتجلى لهم هذه القرارات.

و) قد تسمح المعايير الطوعية لكل واحد في تحقيق التزاماته كون هذه المعايير تمثل مجموعة سياسات للأعضاء لتحقيق أهداف مشتركة في مصلحة الصناعة برمتها.

ز) قد لا توفر المعايير الطوعية الدافع الكافي للمشاركة الفردية أو الجماعية للوصول إلى النتائج المرغوبة.

ح) إنّ التقيّد بالمعايير الطوعية قد ينطوي على كشف غير ضروري عن معلومات سلبية وإن لم تكن وشيكةً.

ط) تعتمد مبادرات الرقابة الذاتية على المشاركة في المعلومات وهذا قد يفرض التضارب بالمصالح.

ي) إنّ الهيئات ذات الرقابة الذاتية قد تكون مُعارِضة للعقوبات الإدارية المفروضة لمرتكبي الإنتهاكات الخطيرة من بين أقرانهم في نفس المجال.

ك) عندما تبدو مصالح شخص معينة بعيدة عن الأهداف المجتمعية الشاملة فإنّ التضارب في المصالح يجعل من الرقابة والتطبيق أكثر صعوبة.

ل) إنّ العديد من المزارعين يعملون في أسواق تحكمها الظروف العالمية. وعندما لا تتقيد الأسواق الخارجية بالأنظمة فإنّ الرقابة الذاتية يمكن أن تكون بوضع تنافسي غير ملائم (مع أنّ هذا ينطبق على الرقابة الإلزامية أيضاً).

م) إنّ المعايير الطوعية قد لا تعالج بعض التأثيرات البيئية والإجتماعية الأوسع نطاقاً لقرارات إدارية معينة.

ن) قد لا توفر المعايير الطوعية التثبّت الكافي من الأداء للإستجابة لرغبات جميع أصحاب العلاقة.

9.8 إدارة التأثيرات البيئية

إنّ الهدف الأساس لتغذية النبات 4R هو لإدارة وتقليل فقدان العناصر الغذائية التي تؤثر على البيئة. يعتمد مستقبل البشرية في العالم على الطريقة التي نستعمل فيها سماد N و P وموارد العناصر الغذائية المتوفرة الأخرى لإنتاج إمدادات غذائية وفيرة وآمنة وعناصر غذائية، والطريقة التي نصل فيها إلى حماية وتصحيح أكبر لنوعية وجودة الهواء والماء.

ترتبط دورات N و P إرتباطاً وثيقاً مع دورات العناصر الغذائية الضرورية الأخرى والتي تدعم كل أشكال الحياة على الأرض. إنّ إجراءاتنا الحالية لإدارة العناصر الغذائية المعتمِدة على 4Rs سوف تحقق النتائج الإقتصادية والإجتماعية والبيئية الحالية والمستقبلية. ينبغي على كل مستخدِم للسماد أن يُهيئ خياراته للإدارة ويسأل نفسه: هل ستنتج القرارات الإدارية والإجراءات التي قمت بها حصيلة ربحية وبيئة افضل وفائدة اجتماعية خالصة؟.

هذه الأسئلة من الصعوبة الإجابة عليها أساساً بسبب صعوبة قياس التأثيرات البيئية على مستوى المزرعة. على سبيل المثال من غير الواقعي أن نتوقع بأنّ كل منتَج في المزرعة يقيس انبعاثات اوكسيد النتروز إلى الجو أو فقدان P في ماء الصرف، حيث يتضمن كِلا هذين المثالين وجود فواقد متفرقة خلال ظروف خاصة جداً للتربة والطقس. بالإضافة إلى ذلك لا توجد ممارسة واحدة يمكن استخدامها عبر كل الظروف الحقلية لتقليل هذه الفواقد – ليس هنالك حل "حجم واحد يناسب الجميع". لقد شخّص العلم الظروف التي تعطي فيها توليفة معينة من مصدر ومعدل وتوقيت ومكان للسماد أقل الفواقد دون الحد من الإنتاجية. هذه الظروف تم وصفها بشكل مؤشرات واتفاقيات (بروتوكولات) وأدوات مرتبطة بالمعلومات الموجودة في خطط إدارة العناصر الغذائية وتم وصفها في العديد من الحالات الدراسية المرفقة بهذا الفصل.

إنّ الجزئين التاليين سوف يركزان بشكل أكثر تحديداً على عنصرين غذائيين غالباً ما يترافقان مع التأثيرات البيئية وهما N و P.

9.8.1 إدارة التأثيرات البيئية لـ N

إنّ تطبيق الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية 4R حسب خصوصية الموقع الشاملة يمكن أن يحسّن إستهلاك وإستعادة N بواسطة النباتات من التربة. ومثل هذه التحسينات في إستعادة N من قِبل النبات يقلل من احتمالية فقدان N التي تقلل الربحية والتي تزيد من مخاطر الضرر على البيئة. إنّ الإستعادة المضطردة في N المضاف يقلل فقدان N الذي يمكن أن يؤثر سلبياً على نوعية الماء والهواء، وأيضاً يقلل الإنتقال المحتمل لـ N إلى مناطق غير مزروعة حيث يمكنها أن تسبب ضرراً على التنوع الحيوي الطبيعي.

الطرق العديدة التي فيها يُفقد N

لسوء الحظ فإنّ إستعادة N المضاف خلال موسم النمو لمعظم المحاصيل الحبوبية غالباً ما تكون بعيدة عن الكمال ويمكن أن تتراوح بمدى من 30 إلى 70% أو حتى بمدى أوسع. إنّ الجزء المتبقي من N المضاف قد:

أ) يُخزَّن على مواقع التبادل كأمونيوم

ب) يُخزَّن في مادة التربة العضوية

ج) يُفقد عن طريق الغسل تحت منطقة الجذور الفعالة حيث المخاطرة بتلوث المياه الجوفية

د) يُفقد بالمياه السطحية عن طريق الجريان السطحي، الغسل و/أو تصريف مياه الصرف

ه) يُفقد إلى الجو كأمونيا متطايرة

و) يُفقد إلى الجو إما بشكل اوكسيد النتروز (N_2O، غاز دفيئة قوي يساهم في ظاهرة الإحتباس الحراري وتغيّر المناخ) أو غاز N_2 الحميد الذي تنتج منه كل أسمدة N.

تكون بعض الترب عُرضة لفواقد كبيرة من N عن طريق بعض طرق فقدان N الرئيسية المذكورة أعلاه. على سبيل المثال الترب الرملية العميقة قد تكون عُرضة لفواقد كبيرة من N بشكل نترات؛ الترب الناعمة النسجة المزيجة الغرينية إلى الطينية في المناطق المنخفضة طوبوغرافياً قد تكون عُرضة لفواقد كبيرة عن طريق عكس النترجة والإنبعاثات إلى الجو بكل N_2O و/أو N_2.

إدارة فقدان N يتطلب المعرفة

إنّ استخدام مصدر N المناسب واستخدام إنزيم اليوريز و/أو مثبطات النترجة والتزامن في إضافات N لتتطابق بصورة أفضل مع نمط امتصاص N ومعدلات الإمتصاص وإضافة N في المكان المناسب بإستخدام طرق وضع مناسبة لـ N يتطلب مزيد من المعرفة حول:

1) مصادر اسمدة N
2) صفات التربة وخواصها
3) ظروف الطقس (الرطوبة، درجة الحرارة)
4) متطلبات العناصر الغذائية للنظام الزراعي وموازناتها
5) التعقيد في دورة N
6) إدارة المياه وكفاءة الري.

على سبيل المثال الفواقد المتطايرة من N بشكل امونيا يمكن أن تكون كبيرة عندما تتم الإضافة السطحية لليوريا أو الأسمدة الحاوية على اليوريا ولا تحدث أمطار كافية أو عملية ري خلال حوالي 48 ساعة من الإضافة. هذا يمكن أن يحدث أيضاً عندما تضاف كبريتات الأمونيوم على السطح للترب الكلسية.

بالنسبة للمزارعين والمستثمرين الذين يقضون أغلب أوقاتهم باتخاذ القرارات حول الشراء والتسويق، تكون المهارات التنظيمية للمستشار الزراعي المحترف (مثل مستشار المحاصيل القانوني) أو المرشد الزراعي المتمرّس ضرورية بالنسبة لهم. هؤلاء المهنيون يمكن أن يساعدوا المزارعين والمستثمرين في تخطيط وتنفيذ ممارسات إدارة N والتي تكون مقبولة زراعياً حيث ينتج عنها فوائد اقتصادية وبيئية واجتماعية.

الطرق العديدة لتحسين كفاءة استعمال N

إنّ الطرق لتحسين استهلاك وإستعادة المحصول للنيتروجين واحتفاظ التربة بـ N المضاف تشمل:

أ) تحسين الجينات الوراثية للمحصول
ب) تكنولوجيات أسمدة حديثة
ج) توقيت أفضل والإضافة المجزّأة
د) تكنولوجيات إضافة أسمدة متقدمة
ه) تواصل أكبر لتطبيق وسائل GPS و GIS
و) تبني ممارسات الزراعة المحافِظة والتي تحسّن من كفاءة استعمال الماء.

يمكن أن تساعد الإدارة التكيفية الموصوفة في الفصل 8 المزارعين بتحديد الخيارات من بين الطرق المذكورة أعلاه.

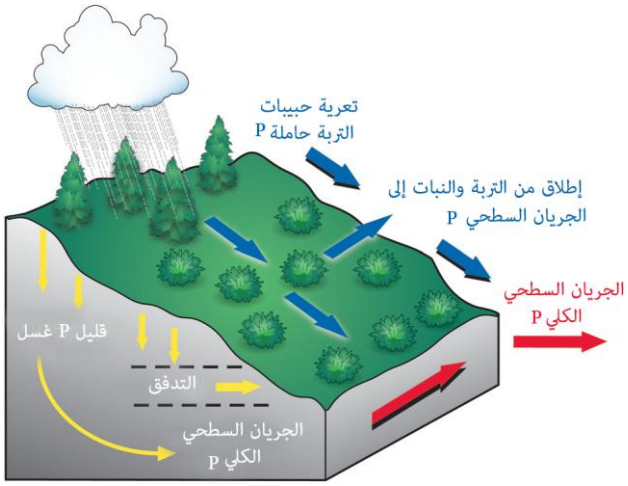
9.8.2 إدارة التأثيرات البيئية لـ P

يجب إضافة الفسفور دورياً لمعظم الترب للمحافظة على تزويد كافي من الفسفور اللازم لنمو النبات وتعويض المزال من التربة خلال عملية الحصاد. وفي حين أنّ P هو عنصر غذائي ضروري للنباتات والحيونات فإنّ التراكيز المرتفعة في مياه الأنهار والبحيرات يمكن أن يزيد من تحفيز الأنشطة الحيوية (البيولوجية). إنّ نمو النبات المفرط في المسطحات المائية نتيجة وفرة العناصر الغذائية يسمى الإثراء الغذائي (eutrophication). إنّ الإثراء الغذائي غالباً ما يتسبب بواسطة النشاط البشري، مع ذلك فهو عملية تحدث بصورة طبيعية أيضاً خصوصاً في البحيرات. إنّ بعض المؤسسات الحكومية تعتبر الإثراء الغذائي هو المسبّب الرئيسي لتدهور المياه السطحية.

قد تكون كمية P المفقودة من الحقل الزراعي صغيرة نوعاً ما ولكن حتى الوفرة القليلة من P المذاب في الجداول والأنهار والبحيرات قد يُسرّع من الإثراء الغذائي غير المرغوب فيه (على سبيل المثال تتكاثر الطحالب في بعض البحيرات عند تراكيز منخفضة تصل إلى 0.02 ملجم P/لتر). قد يؤدي الإثراء الغذائي إلى تأثيرات سلبية اقتصادية وصحية وعلى المرافق الترفيهية و السياحية المستخدمة للتنزه.

مسارات فقدان P يبدأ من سطح التربة

يوجد P التربة في المادة العضوية وأيضاً في المركبات غير العضوية في التربة. وهذا يشمل المدمص على أسطح الطين ومعادن الأوكسيد وأيضاً المترسب مع الأيونات الموجبة مثل Al، Fe، أو Ca. إنّ الفوسفات لا تتحرك بسرعة في معظم الترب وغالباً مرتبطة بالحبيبات الصلبة وليست مذابة بالماء. وعليه فإنّ فقدان P على الأغلب يترافق مع تعرية التربة السطحية والتي قد تحمل حبيبات التربة إلى خارج الحقل. **(شكل 9.1)**



شكل 9.1 الطريق الرئيسي لفقدان P هو الجريان السطحي لكن في بعض الترب فإنّ الغسل يمكن أن ينقل P إلى مجاري الصرف. **مأخوذ عن** Sharpley et al. (2003)

عندما يُترك السماد الحيواني أو سماد P المضاف على سطح التربة أو يُخلط في الطبقة السطحية فإنّ معظم التربة العلوية سوف تصبح غنية بـ P وهي الطبقة الأكثر عُرضة للفقدان والتعرية بواسطة الجريان المائي السطحي. في هذه المناطق يحدث فقدان P أساساً مع مياه الجريان السطحي. أيضاً يمكن للغسل أن ينقل P خلال التربة إلى قنوات الصرف والمصارف الموجودة تحت سطح التربة والتي تصرّف المياه إلى المياه السطحية. إنّ مثل هذه الحركة خلال التربة يمكن أن تحدث عندما تكون التربة ذات قابلية ضعيفة في تثبيت P ومستويات فحص تربة P مرتفعة والجريان التفاضلي من خلال مسامات التربة الكبيرة حيث يبدأ مثل هذا الجريان التفاضلي غالباً من سطح التربة. لذلك فإنّ معظم أشكال فقدان P يمكن إدارتها وتقليلها بواسطة وضع الحُزمة السمادية تحت السطح. أيضاً فإنّ إدارة المياه يمكن أن تكون عاملاً في تقليل فقدان P.

إدارة معدلات إضافة P للسيطرة على التراكم في التربة

هنالك عدة مصادر محتملة من P والتي يمكن أن تغني المياه السطحية. وعندما يستخدم المزارعون الأسمدة التجارية كمصدر رئيسي لـ P تحدث عادة إضافات أقل من الحد الاعلى لأنّ إضافة السماد بكمية أعلى من التركيز الإقتصادي المعقول يمثل خسارة مالية. إنّ المراقبة مع استمرار فحص التربة الدوريّة يكون ضروريا للمحافظة على تراكيز P وضمان عدم تجاوز المدى المطلوب لإنتاج المحصول. كما أن الإضافة لفترة طويلة لسماد P بمعدل يتجاوز كثيراً احتياج النبات يمكن أن يزيد من تراكيز P في التربة إلى مستويات غير مقبولة.

أسئلة؟

7) ميزة المعايير الطوعية مقارنة بالإلزامية:
أ.تتيح حلول تكون ذات حساسية أعلى لعقبات خصوصية الموقع.
ب. تحدّ من مرونة صنع القرار للإستجابة للظروف المتغيرة.
ج. تُضعف الإبتكار.
د. اتخاذ عقوبات مناسبة بحق المخالفين.

8) العناصر الغذائية الأكثر إشكالاً لمستقبل البشرية في العالم هما:
أ. N و P.
ب. كوبلت (Co) والسلينيوم (Se).
ج. السليلوز واللكنين.
د. كادميوم (Cd) وفلور (F).

9) إنّ استهلاك وإستعادة المحصول في الجزء الخضري (الإمتصاص) لـ N المضاف بواسطة أكثر المحاصيل الحبوبية خلال موسم نموها يكون اعتيادياً:
أ. فوق 70 إلى 90%.
ب. أقل من 30%.
ج. 50 إلى 60%.
د. 30 إلى 70%.

إنّ الإنتاج الحيواني المكثف يمكن أن يؤدي إلى زيادة في توفر السماد الحيواني والعناصر الغذائية ضمن منطقة محلية. تؤدي الإضافة المتكررة للسماد الحيواني في كثير من الأحيان الى تراكم P وما يزيد عن قدرة المحصول على إستخلاصه من التربة مما يؤدي بالتالي إلى زيادة مخاطر فقدان العنصر الغذائي من الحقل بواسطة الجريان السطحي. وربما تزيد معدلات الإضافة السنوية عدة مرات الكمية المزالة من التربة بواسطة المحصول في بعض المناطق. قد يتطلب استخدام طرق محسّنة لتوزيع السماد الحيواني في المنطقة ولنقل العناصر الغذائية الزائدة إلى مناطق حيث تكون فيها الحاجة لتلك العناصر الغذائية. إنّ الإضافة المستمرة للعناصر الغذائية بمعدلات أكثر من حاجة المحصول يمكن أن يؤدي إلى تراكم في التربة غير مرغوب فيه وقلق بيئي محتمل، لذلك فإنّ مبدأ تحقيق التوازن بين مُدخلات ومُخرجات العناصر الغذائية مهم في كل الحالات.

إدارة كل من P والماء لتقليل الفقد

إنّ تبني ممارستان في المزرعة سوف يساعد على حماية المياه العذبة من الإثراء الغذائي وهما:

أ) ينبغي إدارة الفسفور في الترب أن تتضمن التوازن بين مُدخلات السماد الحيواني والسماد المعدني والمخُرجات المزالة مع الجزء المحصود من المحصول. ويمكن أن يتم هذا بواسطة الأخذ بالحسبان العناصر الغذائية المضافة لكل حقل والعناصر الغذائية المزالة خلال عملية الحصاد أو في عملية رعي الحيوانات. إنّ فحص التربة دورياً

ب) سوف يوفر تغذية راجعة (feedback) وفيما إذا كانت تراكيز P تزيد أو تنقص مع مرور الوقت، ويمكن بعدها إجراء تعديلات على معدل إضافة العنصر الغذائي حسب معطيات معدل تزايد أو نقصان الفسفور في التربة على المدى البعيد.

ج) معظم فقدان P يحدث عندما نفقد حبيبات التربة مع مياه الجريان السطحي. إنّ ممارسات الزراعة المحافِظة والتي تقلل التعرية وتقلل الجريان السطحي سوف تقلل من فقدان P أيضاً. فيما يلي بعض ممارسات الزراعة المحافِظة والتي يمكن أن تُؤخذ بالإعتبار لتقليل فقدان P:

الحراثة المخفضة	ممارسات الري
الأراضي الرطبة	إدارة الأحزمة الواقية الخضراء
إبقاء بقايا المحاصيل على سطح التربة	إدارة الجداول
إدارة القنوات	الزراعة الشريطية
الحد من التعرية	إستعادة مياه الري المنصرفة (tailwater recovery)
المسارات المائية العشبية	مكان وضع العناصر الغذائية
معايرة آلة توزيع الأسمدة	توقيت إضافة العنصر الغذائي

مؤشرات المخاطر تساعد في تقليل فقدان P

إنّ مصادر التلوث اللامركزي (nonpoint) من الجريان السطحي قد يكون من الصعوبة تحديده والسيطرة عليه. عادة يأتي معظم فقدان P من منطقة صغيرة نوعاً ما وبالتالي ينبغي توجيه الإنتباه لهذه المناطق عالية الخطورة. يجب تنفيذ ممارسات حفظ التربة الملائمة في هذه المناطق لإيقاف انتقال حبيبات التربة إلى المياه السطحية.

أُستخدمت أساليب متنوعة لتحديد الحقول ذات المخاطر العالية لفقدان P. إنّ التقنيات لإجراء هذه التقديرات تتراوح من تقديرات بسيطة لفقدان P إلى نماذج حاسوبية معقدة. يجب تعيير كل هذه التقديرات مع التربة المحلية والطقس وظروف الزراعة. وعلى العموم فإنّ هذه الطرق والأساليب تقيّم مساهمة مصدر P وتقيّم إحتمال إنتقال P إلى المياه. إنّ هذه العوامل مذكورة في **جدول 9.3**.

جدول 9.3 العوامل المتحكمة بفقدان P من الحقول.

عوامل مصدر الفسفور
تركيز P في التربة
معدل إضافة سماد P وتوقيت ومكان إضافته
معدل إضافة السماد الحيواني وتوقيت ومكان إضافته
تركيز P في السماد الحيواني
الخواص الفيزيائية للسماد الحيواني
ذائبية مصدر P
عوامل انتقال الفسفور
احتمال الجريان السطحي للمياه السطحية
احتمال تعرية التربة
الصرف تحت السطحي
الحواجز النباتية على جوانب الحقل
القرب والتماس مع مصادر المياه
نسجة التربة وطريقة نظام الصرف

إنّ فحص التربة مفيداً للتنبؤ بالحاجة لإضافة P وقدرته في توفير استجابة اقتصادية للمحصول، وهذه الأهداف تختلف عن تلك التي تتنبأ بخطورة فقدانه بمياه الصرف، ولكن نفس الصيغة من P – الفوسفات المذابة التي تحتاجها المحاصيل المزروعة تدعم أيضاً الإثراء الغذائي وتُنعش نمو الطحالب. والاختلاف الرئيسي هو أنّ الجريان السطحي لـ P يتأثر بعمق التربة السطحية الضحل والذي يساهم في القسم الأكبر من تغذية النباتات. إنّ هذا الاختلاف ذو أهمية طفيفة في الترب والتي تكون فيها الحراثة القلابة (المحراث القلاب) هي المستخدمة، ولكن في أنظمة حراثة الحفظ يتلاشى فيها (مثل بدون–حراثة أو الأنظمة التي تترك معظم بقايا المحصول على السطح) الخلط العمودي للتربة.

يمكن لفحوصات التربة الحديثة أن تحسّن من التنبؤ بإستجابة المحصول ومخاطر فقدان P المحتمل، وكمثال على هذه الفحوصات هو نسبة P/Al من فحص Mehlich 3 المُستخدَم لتقدير تشبّع التربة بـ P. تحتاج فحوصات التربة الحديثة هذه الأخذ بالحسبان عوامل مثل متى يمكن أن تأخذ عينة التربة وعمق عينة التربة وطرق التعامل مع التربة الملائمة وتقنيات الاستخلاص المختبرية.

إنّ الإجراءات العملية يمكن تنفيذها مباشرة لتقليل مخاطر فقدان P والإثراء الغذائي وأنّ فحص التربة لتقليل تراكم P الزائد يمكن اجراءه بسهولة. وعندما يراد تقليل خطورة الفقدان فإنّ ذلك يتطلب برمجة إضافة الأسمدة والسماد الحيواني عدة مرات في السنة، ويتطلب الأخذ بالإعتبار قرارات حول طريقة وضع السماد الحيواني وسماد P وكيف يمكنها تقليل فواقد الجريان السطحي. ينبغي أن تكون ممارسات الزراعة المحافِظة لتقليل تعرية التربة جزء من الأعمال الزراعية بغض النظر عن حجم الحقل وحالة العناصر الغذائية أو القدرة على الإدارة.

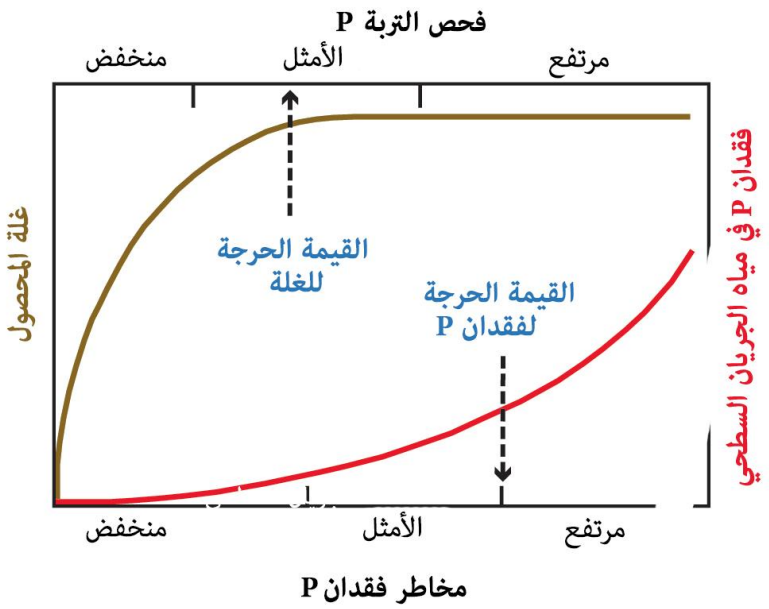
9.9 التآزر في الإدارة المتكاملة Stewardship Synergism

إنّ عملية ربط المصدر والمعدل والتوقيت والمكان لإضافة العناصر الغذائية بمُخرجات الإستدامة يمكن أن يكون أمراً صعباً. ان تأثيرات الإستدامة معقدة جداً وتتأثر بخصوصية الموقع ومتباينة مع مرور الوقت، لذا تتطلب بحثاً إضافياً لدعم اجراء التحسين المستمر المعتمد على العلوم. مع ذلك فإنّ التفكير العملي والمنطقي – بالإسترشاد بالإطار العالمي الملائم – يمكن أن يغير الممارسات ويُحسّن النتائج في إطار زمني معين على الأمد القصير والأمد البعيد.

فعلى الأمد القصير، هذا يشجع اتخاذ اجراء عملي نحو الحلول التآزرية. على سبيل المثال حالما يدرك المُزارع بأنّ وضع السماد الأولي (starter) بشكل حُزم يمكن أن يُعزز غلة المحصول ويقلل من الجريان السطحي لـ P فإنّ التحول لهذه الممارسة ربما يكون مباشرة في نفس المكان تقريباً.

على الأمد الطويل فهو يوجه جهود البحث والإرشاد العلمي نحو ممارسات أكثر فعالية في تحديد أولويات قضايا الإستدامة. غالباً ما تكون هذه قضايا صعبة الحل في المزرعة. على سبيل المثال تحسين كفاءة استعمال N لمحاصيل الحبوب.

إنّ الممارسات الإسترشادية لتغذية النبات من أجل الحصول على إنتاج عالمي ومثالي يمكن أن يساعد في حل العديد من القضايا الراهنة المرتبطة مع استخدام العنصر الغذائي النباتي.



شكل 2.9 بزيادة P في فحص التربة تزداد غلة المحصول ومخاطر فقدان P. **المصدر:** Sharpley et al. (2003)

المرجع

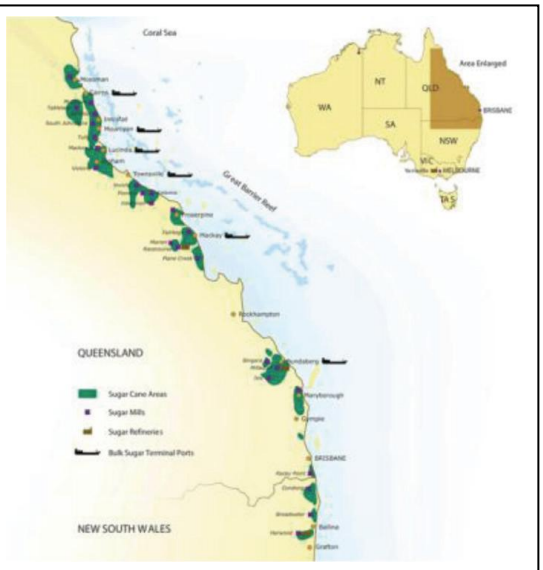
Sharpley, A.N. et al. 2003. Agricultural Phosphorus and Eutrophication, 2nd Ed. [On–line].

حالة دراسية 9.1.1 خطط إدارة العنصر الغذائي للقصب للسكري في المناطق الإستوائية الرطبة في استراليا.

تُنتج صناعة السكر الإسترالية حوالي 5 مليون (M) طن من السكر الخام من 35 مليون طن من القصب و 4.000 مزرعة. ينمو قصب السكر في المحافظات ذات الأمطار الغزيرة والمروية على طول السهول الساحلية والأنهر في الساحل الشمالي الشرقي لإستراليا من كوينزلاند إلى نيوساوث ويلز (انظر الخريطة). إنّ زراعة القصب وانتاج السكر يدعم اقتصاد العديد من المجتمعات الساحلية ويأتي بالدرجة الثانية بعد الصناعة السياحية في تأثيره الإقتصادي للمنطقة.

إنّ مناطق القصب الشمالية موجودة في المناطق الإستوائية الرطبة ذات كمية أمطار من 2.000 ملم إلى 4.000 ملم سنوياً وهي مجاورة لأجزاء من منطقة التراث العالمي للحاجز المرجاني العظيم.

إنّ الحاجز المرجاني العظيم فريد من نوعه ونظام بيئي ثمين. والحاجز المرجاني العظيم هو عملياً تحت الضغط نتيجة صيد الأسماك والنمو الحضري في حوضه وشبكة مياه الصرف الصحي والتعدين، إضافة إلى تاثيرات التغير المناخي مثل غرتفاع درجة حرارة مياه المحيط وزيادة حموضتها. فالشُعب المرجانية والأحياء المرجانية الأخرى والتي تصنع الحاجز المرجاني العظيم تتأثر بواسطة التغيرات في نوعية المياه مثل درجة الحرارة وبعض المبيدات والملوحة والعناصر الغذائية والرواسب.



الحكومة والشريك الصناعي لتطوير برنامج "الخطوات الستة السهلة" لحماية الحاجز المرجاني العظيم

إنّ انتاج القصب السكري في استراليا هي صناعة ذات درجة عالية من التخصص والتي استجابت للتغيرات الإقتصادية والإجتماعية مع ظهورالتقنيات الحديثة والمحسّنة الزراعية. فكل القصب يُزرع ويُحصد ميكانيكياً؛ ومعظمه يُزرع تحت الغطاء الأخضر للنفايات بدلاً من حرق النفايات قبل الحصاد. ويمارَس الحد الادنى من الحراثة (Minimum tillage) على نطاق واسع ويطبِق معظم المزارعين إدارة العناصر الغذائية حسب خصوصية الموقع في حقولهم. أيضاً فإنّ المزارعين قاموا بإنشاء مناطق شاطئية عازلة في مزارعهم كمصائد للعناصر الغذائية والرواسب ومنع وصولها لمصادر المياه.

تم وضع أهداف لحماية نوعية مياه منطقة الشُعب المرجانية من خلال التقليل من استخدام مُدخلات العناصر الغذائية والمبيدات من مناطق انتاج القصب السكري القريبة. فعلى كل شخص يزرع القصب السكري على نطاق تجاري على مساحة أكبر من 70 هكتار في حوض المنطقة الإستوائية أن يجهّز ويعتمد خطة لإدارة المخاطر البيئية (ERMP) والتي تتضمن متطلباتها:

- تحديد أي مخاطر في المزرعة يمكن أن تسبب إنتاج وانتقال الملوثات إلى المياه الداخلة في الشُعب المرجانية.
- أهداف ومؤشرات أداء قابلة للقياس لتحسين نوعية مياه الصرف من المزرعة.
- تضمين خطة للإدارة تقتضي إدارة العناصر الغذائية المضافة إلى التربة والكيماويات الزراعية وفقدان التربة من المزرعة.
- إضافة ليس أكثر من كمية سماد N و P المثلى إلى التربة، اعتماداً على خواص التربة، والمصادر الأخرى (مثل النواتج الثانوية لعمل المطاحن) وغلة قصب السكر المحتملة.
- توثيق نتائج فحص التربة وإضافة الأسمدة. يجب إجراء فحص التربة قبل إضافة أي عنصر غذائي للمحصول. يجب أن يشمل فحص التربة قياس N المعدني و P الجاهز للنبات.
- أي حيد عن هذه التوصيات يجب ان يُعتمد فقط من المستشارين المعتمدين.

بعد ذلك تُقيّم ERMP لكل مزرعة من قِبل قسم كوينزلاند لإدارة البيئة والموارد (DERM). وحالما تُقيّم ويُوافَق عليها فإنّ الخطة يكون لها مدة اعتماد من سنة إلى خمس سنوات. تشتمل الخطط على خرائط للمزرعة وخطط إدارة العنصر الغذائي وخطط إدارة شاملة للآفات والأعشاب الضارة.

يتم تسجيل هذه الخطط وتدقيقها بواسطة DERM وبذلك فإنّ خطة إدارة العنصر الغذائي [عادة ما تكون حول طريقة **"الخطوات الستة السهلة"** لـ BSES المحدودة (جمعية منتجي قصب السكر)] تصبح نص قانوني للطريقة التي سوف يستخدم فيها المُزارعون الأسمدة في مزارعهم.

إنّ برنامج **الخطوات الستة السهلة** هو أداة شاملة لإدارة العناصر الغذائية والتي تُمكّن تطبيق أفضل ممارسات إدارة للعناصر الغذائية لمزارعي القصب، وهذه الأدوات يمكن ان تُستخدم لتطوير خطط إدارة العنصر الغذائي المطلوبة في ERMP. والخطوات الستة هي:

- معرفة وفهم الترب
- فهم وإدارة عمليات وفواقد العناصر الغذائية
- فحص التربة بإنتظام
- تطبيق الدليل الإرشادي لإدارة العناصر الغذائية حسب خصوصية التربة
- التأكد من كفاية مُدخلات العناصر الغذائية (مثل استخدام تحاليل الورقة)
- الاحتفاظ بسجلات جيدة لتعديل مُدخلات العناصر الغذائية عندما وأينما يكون ذلك ضرورياً.

لقد وُزّع البرنامج من خلال دورة قصيرة أُقيمت للمزارعين والهدف هو توفير دليل لتنفيذ موازنة غذائية في داخل المزرعة وتحسين الإنتاجية والربحية من دون أن تُسبّب تأثيرات سلبية خارج المزرعة (off–farm).

لمعلومات أكثر:

The SIX EASY STEPS approach. [On–line].
ReefWise Farming. Qld. Government, Australia. [On–line].

حالة دراسية 9.1.2 كيف تُقلل إدارة العناصر الغذائية المتكاملة 4R من انبعاثات غازات الدفيئة.

تُشكل خطة الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية 4R الأساس لإتفاقية (بروتوكول) خفض انبعاث اوكسيد النتروز (NERP) لإعتمادات الكربون على مستوى المزرعة بطريقة كمية ومعتمَدة وواضحة في منطقة البرتا، كندا. هذه الإتفاقية طُوّرت من قِبل Climate CHECK ومن قِبل معهد السماد الكندي، وأُعتمدت رسمياً من قِبل بيئة البرتا (حكومة البرتا) في اكتوبر 2010.

خلال تطوير NERP فإنّ أحد اول القضايا المطروحة كانت المقايضة المحتملة بين خفض انبعاث اوكسيد النتروز (N_2O) وخسارة غلة المحصول. على أية حال فإنّ الطريقة بشقيها لتقدير كمية انبعاثات N_2O حاولت أن تأخذ ذلك بالحسبان. إنّ طريقة "Tier 2" المقبولة من قِبل الفريق الحكومي الدولي حول تغيّر المناخ تحدد معامل انبعاث منطقة محددة كدالة (اقتران) لمعدل N المضاف. ويختلف هذا المعامل في أنحاء كندا من حوالي 0.2% إلى 1.7% من N المضاف والمنبعث بشكل N_2O.

للأخذ بالحسبان العناصر الثلاثة الأخرى للإدارة المتكاملة R`s وهي المصدر الصحيح والتوقيت الصحيح والمكان الصحيح يُطبَّق عامل تحويل للتخفيض من الإنبعاث مشتق من تقدير الخبراء لكل مستوى من مستويات الأداء. وتُتيح ثلاث مستويات أداء لممارسات إدارة مثلى (BMP) تتراوح بين الأولية الأساسية إلى المتوسطة إلى المتقدمة لتبني مستويات مختلفة من BMPs وكثافة رصد البيانات مع ارتقاء مستوى الإدارة. فكلما كان مستوى الأداء أعلى تزداد احتمالية الانبعاثات المنخفضة كما تعكسه القيمة المنخفضة لعامل التحويل. إنّ أمثلة BMPs لترب البراري لغرب كندا المُشخصة على أنها بمستوى أداء أساسي تستخدم صيغ الأمونيا السمادية وإضافة السماد في الربيع أو الاضافة بالتجزئة والحُزم. يتطلب المستوى المتوسط أيضاً صيغ الأمونيا لكن يجب أيضاً استعمال الأسمدة بطيئة الذوبان أو استخدام المثبطات. أما الفئة المتقدمة فإنّ معدل إضافة N تعتمد على معلومات حقلية كمية مشتقة من عينات الشبكة الحقلية (grid) وصور الأقمار الإصطناعية أو خرائط التربة الرقمية.

بتطبيق مبادئ الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية 4R فإنّ NERP يبحث في:

- "تحسين استجابة المحصول لكل وحدة مضافة للنيتروجين"
- "تقليل فرصة تراكم N بشكل نترات أو البقاء في التربة حيث هنالك احتمالية تعرضه لعملية عكس النترجة و/أو انبعاثه بصورة مباشرة أو غير مباشرة بشكل N_2O أو يُفقد في النظام من خلال عملية الغسل".

تحدّد الإتفاقية دور المستشارين المعتمدين المهنيين (APAS) في مساعدة المزارعين لوضع وتنفيذ خططهم 4R وفي حساب الإعتمادات الكربونية المرافقة. ويمكن تأهيل المختصين الزراعيين المهنيين (PAgs) و/أو مستشاري المحاصيل المعتمدين (CCAs) بعد إنهائهم تدريب متخصص في الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية 4R ومتطلبات NERP وبعد إجتيازهم امتحان الإعتماد. إنّ الوحيدين المخولين للتوقيع على الخطة هم APAS. قد تُطبّق أيضاً متطلبات إضافية تختلف عن القوانين المحلية والأنظمة.

إنّ الطريقة الكمية لـ NERP تعتمد على الطرق المستخدَمة في تقرير مخزون غاز الدفيئة الوطني الكندي والذي تم إعداده للإيفاء بمتطلبات التقرير الكندي في إطار اتفاقية الأمم المتحدة حول التغيّر المناخي. لقد طُوّر NERP بموجب معيار 2-14064 والذي يفي بمتطلبات التعديلات لألبرتا، ومتوافق مع النوايا المعلنة لنظام التعديلات الكندي في عكس التأثير المناخي ولبرامج غاز الدفيئة الطوعية الأخرى في امريكا الشمالية. إنّ NERP ألبرتا هو الأول من نوعه في العالم. لقد تم تقييم NERP في إمكانية تنفيذه في الولايات المتحدة الأمريكية من قِبل معهد الاسمدة.

لقد طُور NERP من خلال عملية شاملة واستشارات شفافة مع الخبراء لغرض اعتماده ضمن نظام التعديلات لألبرتا. هؤلاء الخبراء يمثلون الجامعات الزراعية الرئيسية في كندا والزراعيون والزراعيون المختصين بالتغذية الكنديون، والمعهد الدولي لتغذية النبات والمختصون في التربة الإقليميون وأصحاب العلاقة الصناعيون ولقد تم شمول الخبراء العالميين أيضاً.

في ملتقى استشاري أولي حول NERP أقيم في كالكري، أقر الخبراء المشاركون التصميم العام لـ NERP طبقاً إلى 4Rs. وبالرغم من التوصل إلى إجماع حول العناصر الأساسية لـ NERP إلا أنّ الخبراء المشاركون حدّدوا بعض الفجوات التي تحتاج إلى تطوير أكثر. هذه الفجوات تم تناولها بعد ذلك في ورقة القرار والتي قُدمت للخبراء حسب انموذج ويبينار على الانترنت (on–line) لعملية عقد إتفاق أفضل مما هو عليه الآن. إنّ المشاركين في ويبينار كانوا مصممين على تطوير NERP لتتيح عملية التعيير وتقديمه لعملية مراجعة رسمية واعتماد لنظام تعديلات ألبرتا. هذه العملية هي مثال أساسي في كيفية تضمين مبادئ 4R وصاحب العلاقة والتي قد تُستخدَم في معالجة قضايا إجتماعية مُعينة وتحديات إدارة الغذاء.

المرجع

Alberta Environement. 2010. Qualification Protocol for Agricultural Nitrous Oxide Emissions.

حالة دراسية 9.1.3 ممارسات إدارة المياه والعناصر الغذائية تُحسّن من نوعية المياه في نبراسكا، الولايات المتحدة الأمريكية.

منذ 1985 وفي إقليم الموارد الطبيعية عبر أسفل نهر بلات (NRD) نبراسكا، الولايات المتحدة الأمريكية تم رصد تراكيز للنترات على سطح الأرض والمياه السطحية.

إنّ منطقة المصاطب في شمال الإقليم ذات تربة مزيجة غرينية وتربة متوسطة إلى تربة رملية ناعمة بمستوى ماء أرضي 1.5 إلى 7.5 م أسفل السطح ومزروعة بكثافة بالذرة الصفراء المروية. في منطقة المصاطب تجاوزت مستويات نترات المياه الجوفية بإستمرار المستوى المسموح به لمياه الشرب وهو 10 ملجم نترات–N/لتر.

تم تنفيذ ثلاثة مراحل لإدارة N حسب مستويات نترات–N في المياه الجوفية. والمناطق المروية بالآبار وفيها تراكيز النترات بالمعدلات ≥ 7.5، 7.6 إلى 15، و ≤ 15.1 قُسمت وصُنفت مرحلة I، II، و III على التوالي. منذ عام 1987 كان المطلوب من معظم المزارعين إستيفاء متطلبات المرحلة I، والقليل منهم كان المطلوب منهم إستيفاء المراحل II، III، و IV. إنّ كل العاملين المتعاملين مع الأسمدة عليهم أن يقدموا إقراراً كل 4 سنوات حيث يتم تشجيعهم على استخدام ممارسات من المراحل العالية جداً وإن لم تكن مطلوبة. تعتمد توصيات معدل N على غلة المحصول بإعتماد محاصيل سابقة (تُعين عند 105% لخمس سنوات سابقة) و N في ماء الري ونترات التربة إلى عمق 90 سم. بعض المتطلبات المرتبطة بإدارة العنصر الغذائي مُدرجة أدناه.

المرحلة I

- تُحظرالإضافة الخريفية لسماد N في الترب غير الرملية قبل 1 تشرين ثاني (نوفمبر).
- يُحظرإضافة سماد N في الترب الرملية حتى بعد 1 آذار (مارس).

المرحلة II

- فحوصات سنوية للتربة ومياه الري للنترات–N.
- تقارير الإضافة السنوية للسماد.
- يُسمح فقط بالسماد النيتروجيني في ترب غير رملية من 1 تشرين ثاني إلى آذار إذا تم استخدام مثبّط موثوق لعملية النترجة من سجلات تاجر السماد.

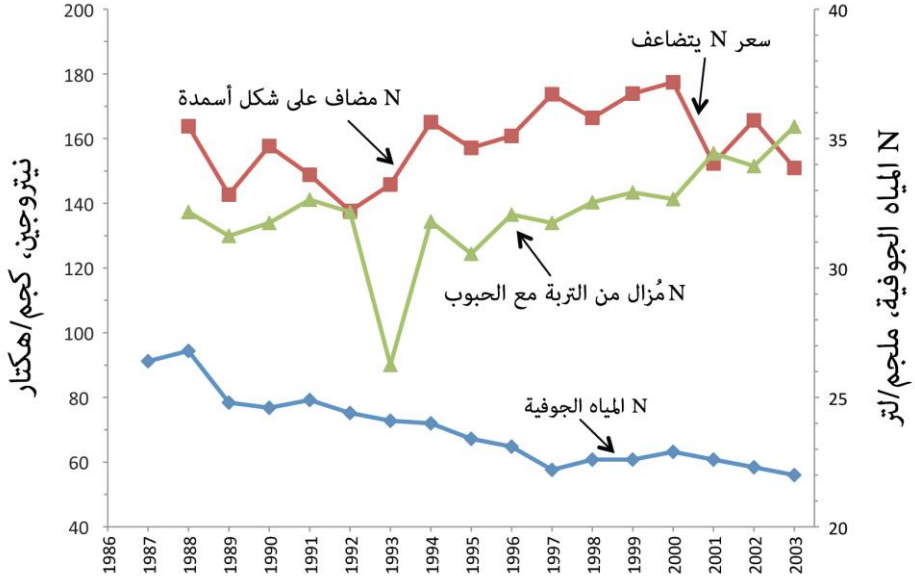
المرحلة III

- يُحظر إضافة سماد N في الخريف والشتاء لكل الترب حتى بعد 1 آذار.
- تتطلب الإضافة الربيعية لسماد N تجزئة الإضافة (قبل الزراعة وتلقيم جانبي) أو استخدام مثبط نيتروجيني معتمَد بالسجلات المطلوبة من تاجر السماد إذا أضيف 50% أو أكثر من سماد N قبل الزراعة.

المرحلة IV (لمناطق فيها نترات المياه الجوفية ولا تنخفض بمعدل مقبول)

- الغلة المستهدفة للمحصول تُقرَر من قِبل NRD.
- معدلات سماد N لا تتجاوز توصيات NRD.
- كادر NRD يعملون مباشرة مع المشغّلين على أفضل ممارسات للإدارة.

النتائج: نترات المياه الجوفية في منطقة المصاطب (شمال) انخفضت منذ 1987 إلى نهاية الدراسة في 2005 (انظر الشكل). حوالي 20% من الإنخفاض يُعزى إلى زيادة إزالة N مع حصاد المحصول و50% تُعزى إلى التحول من الري بالأثلام (furrow) إلى الري بالرش. ربما بالفرق، يمكن للشخص أن يستنتج بأنّ بقية الـ 30% للإنخفاض يأتي من تغير توقيت الإضافة والمصدر (الزيادة في استخدام مثبطات النترجة). قد تتطلب أي انخفاضات إضافية مرغوبة في نترات المياه الجوفية التطبيق المضطرد لـ BMPs الحالية أو تطبيق تقنيات أخرى مثل أسمدة N ذات الإطلاق المسيطر عليه واستخدام أجهزة استشعار N لظلة المحصول (crop canopy).



بزيادة غلة المحصول وإزالة N مع مرور الوقت، تنخفض مستويات النترات

ملاحظة: هذه البيانات هي بإضافة سماد N التجاري وأنّ N مُزال بواسطة محصول الحبوب في أراضي الذرة الصفراء المروية على مصطبة لمنطقة الدراسة NE CEAP في إقليم الموارد الطبيعية أواسط نهر بلات وأنّ تركيز النترات في مكمن رئيسي تحت المصطبة. **مقتبس عن:**

Exner, M.E., H. Perea– Estrada, and R.F. Splading, 2010. The Scientific World Journal 10:286–297. Data for Figure provided by Dr. R. Ferguson and Dr. M. Exner, U. of Nebraska.

يعزى حوالي نصف الإنخفاض في نترات المياه الجوفية إلى التحول من الري بالأثلام إلى الري بالرش

حالة دراسية 9.1.4 إدارة سماد P بواسطة فحص التربة يُحسّن من انتاج الغذاء والأداء البيئي في الصين.

إنّ الصين بلد بعدد نفوس كبير ومصدر محدود للأراضي. ولضمان الأمن الغذائي وزيادة مستدامة في انتاج الغذاء فإنّ الصين توجهت بإهتمام مُلفت خلال 60 سنة المنصرمة لتعزيز خصوبة التربة.

اعتمدت الصين خلال الآف السنين على المادة العضوية وإعادة تدوير بقايا المحصول كمصدر غذائي للحفاظ على خصوبة التربة. ولكن في بداية الخمسينات (1950) فإنّ معظم الأراضي الصالحة للزراعة في الصين أصبحت منخفضة الخصوبة وذات انتاج منخفض للمحصول. ومنذ ذلك الحين أصبح استخدام N ممارسة شائعة وازدادت غلة المحصول مستنزِفة المزيد من P والعناصر الغذائية الأخرى من التربة. ولأنّ الجزء الأكبر من P الممتص بواسطة المحصول هو في القسم المحصود (حوالي 80% للمحاصيل الحبوبية) فإنّ P في التربة سرعان ما ينخفض بسرعة ويصبح P في التربة عامل محدد للغلة بشدة وفي إنتاج المحصول. عند حلول الثمانينات (1980) وحسب نتائج مسح خصوبة التربة الوطني الثاني فإنّ حوالي 48% من الأراضي الزراعية كانت ذات محتوى منحفض جداً من أولسن P (Olsen P) (أقل من 5 ملجم/كجم) وأُعتبر 30% أخرى من الاراضي ذات محتوى منخفض (أقل من 10ملجم/كجم).

ونظراً لظروف P في التربة تلك ومع الهدف الوطني لضمان الأمن الغذائي وتعزيز خصوبة التربة أصبحت أسمدة P الجزء المهم من برنامج التسميد في كل الصين بدءاً من الجنوب وانتشر تدريجياً إلى الشمال. لقد قدّر بأنه من 1981 إلى 2000 ما مجموعه حوالي 133 مليون طن متري من P_2O_5 قد أضيف للأراضي الزراعية في الصين بشكل أسمدة كيماوية. وبإفتراض أنّ معدل الإستخدام المتراكم (كفاءة الإستعادة) من P المضاف ذلك كان 50%، وكمعدل فإنّ حوالي 480 كجم/هكتار P_2O_5 تراكم في التربة. وإذا أُخذ بالإعتبار مصادر P العضوية فإنّ تراكم P في التربة يمكن أن يكون أعلى من ذلك (Li, 2003).

إنّ ميزانية P التربة الإجمالية (أي P الداخل – P الخارج) تغيرت بسرعة بعد الفترة الطويلة للميزانية السالبة الكبيرة التي استمرت من 1950 إلى 1960 و 1970. وبحلول 1980 فإنّ ميزانية الأراضي الزراعية أصبحت موجبة وابتدأ P بالتراكم في الترب. لقد **قُدّر** بأنّ الترب في الصين استلمت فائض من P حوالي 79 كجم P_2O_5/هكتار في 2005. وبهذه الموازنة العالية من P في نظام التربة – المحصول فمن المتوقع بأنّ يتعزز P التربة الجاهز بالتدريج وبذلك سوف تتحسن خصوبة التربة فيما يخصّ P. وبالرغم بأنه ليس هنالك بيانات للمسح الوطني المباشر لتأكيد هذا فيُعتقد عموماً الآن بأنّ النسبة المئوية للأراضي الزراعية التي تعاني من نقص P (أي مستوى أولسن P أقل من 10 ملجم/كجم) قد انخفض إلى أقل من 50%. لقد بيّنت نتائج تحاليل P المنفَّذة من قِبل مختبر تحليل التربة والنبات CAAS–IPNI على 43.156 عينة تربة جُمعت من 1991 إلى 2007 أيضاً بأنّ 48% من الترب المختبرة كانت تعاني نقصاً في P.

في الوقت الراهن ساعد المعدل العالي للتسميد بـ P لزيادة انتاج المحصول وتعزيز خصوبة التربة من P. مع ذلك وبنفس الوقت مع زيادة التراكم المضطرد من P في التربة فإنّ خطورة فواقد P من الأرض المزروعة بالمحصول وتأثيرها على البيئة لا يمكن التغاضي عنه. وبالرغم من أنّ هنالك معلومات محدودة جداً متوفرة حول مساهمة فواقد P من الأرض المزروعة بالمحصول في تلوث المياه السطحية، فقد ذُكِر بأنّ 14% إلى 68% من P الكلي في بحيرات مختارة مصدرها من الأراضي الزراعية (Li, 2003).

بوجود هذه التغيّرات في مستويات P الخصوبية للتربة في الصين، ولكِلا المزايا الإقتصادية والبيئية، فإنّ النقاط التالية قد تؤخذ بالإعتبار عند تطوير إستراتيجية التسميد بـ P:

1. ينبغي أن تكون إستراتيجية إضافة P حسب فحص التربة. أضف ما يكفي لتعزيز مستويات P التربة عندما يكون فحص التربة (أولسن P) أقل من 20 ملجم/كجم لمعظم المحاصيل. عوّض إزالة المحصول في الترب فوق هذا المستوى ولا تُضف P إلى التربة مع المستويات العالية جداً لفحص P التربة.
2. لكل الظروف يتطلب الإنتباه للسيطرة على فواقد P التربة خلال تعرية التربة.
3. ينبغي تطوير برنامج تسميد P للدورة الزراعية بكاملها مع الإنتباه لزيادة كفاءة استعمال سماد P الشاملة. أعِر الإهتمام لكفاءة إستعادة P المتراكمة على الأمد الطويل للأنظمة الزراعية المختلفة.
4. إدراك بأنّ المحاصيل المختلفة (أي الخضراوات مقابل المحاصيل الحبوبية) لها متطلبات مختلفة من مستويات P التربة وقد يتطلب أيضاً تحديد المستويات الحرجة المختلفة لفحص P التربة لمستويات غلة مختلفة.

إستجابة فول الصويا (اليمين) إلى P نتيجة استخدام معاملة التسميد المثلى (OPT) المضاف في إقليم Heilongjiang، شمال شرق الصين

إنّ التغيّر في كفاءة التسميد في الصين يتبع قانون الحد الأدنى والمبادئ ذات العلاقة بتغذية النبات. قبل 1950 استخدم المزارعون الصينيون الأسمدة العضوية للمحافظة على التوازن الغذائي في أنظمة التربة/المحصول بقدرة انتاجية ضعيفة نسبياً. وبعد 1950 ومع زيادة غلة المحصول والإستخدام المتزايد لـ N و P فإنّ إزالة K العالية من قِبل المحصول أدت إلى انخفاض في K الجاهز في التربة وميزانية سلبية في K في أنظمة التربة/المحصول. وطبقاً لدراسة والتوازن الغذائي المُقدّر من قِبل Li Jiakang في 2003 فإنّ ميزانية المُدخل والمُخرج من N و P في نظام التربة/المحصول تحولت من السالبة الى الموجبة في أواسط 1980 ولكن ميزانية K كانت لا تزال سالبة في 2000 (**جدول 1**).

جدول 1 ميزانية المُدخلات – المُخرجات في أرض زراعية في الصين (بـ 1.000 طن).

		السنة	1965	1975	1985	1995	2000
	سماد عضوي	N	2.930	4.100	5.030	6.110	6.520
		P_2O_5	1.380	1.940	6.025	3.300	3.440
		K_2O	3.060	4.320	6.210	7.600	8.320
	سماد غير عضوي	N	1.210	3.640	12.590	22.240	25.140
		P_2O_5	550	1.610	4.190	10.350	9.730
		K_2O	3	130	980	3.360	6.590
المُخرج		N	5.220	7.490	11.140	13.730	16.620
		P_2O_5	2.370	3.340	4.790	5.770	6.640
		K_2O	5.600	8.130	12.080	14.550	17.390
الميزانية		N	1.690–	1.570–	190	3.500	2.470
		P_2O_5	600–	280–	710	4.890	3.610
		K_2O	2.540–	3.380–	4.890–	3.550–	2.480–

المصدر: Li Jiakang et al. 2003

المراجع

Jin, J.Y. 2008. *In* Li, H.D. (ed.) "Plant Nutrient Management in Sustainable Agricultue." Jiangxi People`s Press. Nanchang, China. P 9-18.

Lu, R. 2003. "Phosphate and Compound Fertilizer", Vol 18, No 1, 4–8. (in Chinese)

Li, J., B. Lin, and G. Liang, 2003. *In* Lin Bao (ed.) Chemical Fertilizer and No–pollution Agriculture. Chin Agriculture Press. 2003, 175–188. (in Chinese)

قاموس المصطلحات

إمتصاص (Absorption) – العملية التي تُؤخذ فيها المادة ودخولها وتضمينها ضمن مادة أخرى، أي بمعنى دخول الغازات والماء والعناصر الغذائية أو مواد أخرى إلى داخل النباتات.

حامض (Acid) – المادة التي تُطلِق H^+؛ الظروف التي فيها تفوق فعالية H^+ فعالية OH^-.

تربة حامضية (Acid Soil) – التربة الحاوية على سيادة لأيون H^+ في محلول التربة (حموضة فعالة) وعلى سطح غرويات التربة (حموضة إحتياطية أو محتملة). بالخصوص التربة ذات قيمة pH أقل من 7.

حموضة، فعالة (Acidity, Active) – فعالية H^+ في المحلول المائي للتربة. تقاس هذه ويُعبَّر عنها بقيمة pH.

حموضة، محتملة أو احتياطية (Acidity, Potential or Reserve) – كمية H^+ المتبادل في التربة الذي يمكن أن يُطلق إلى محلول التربة بالتبادل الكتأيوني، أو يتولد بواسطة التحلل المائي لـ Al^{3+}.

التلاصق (Adhesion) – تجاذب الجزيئات بين الأسطح التي تمسك المواد بعضها مع البعض. فالماء يلتصق بجزيئات التربة.

إدمصاص (Adsorption) – إلتصاق طبقة رقيقة جداً للجزيئات بأسطح صلبة أو سائلة التي تكون بتماس معها.

إدمصاص، الكتروستاتي (Adsorption, Electrostatic) – الإدمصاص المسبب الناتج عن التجاذب الكهربائي للأيونات على الأسطح المشحونة.

تهوية (Aeration) – العملية التي يتم فيها إحلال هواء التربة بالهواء من الجو. يعتمد معدل التهوية بدرجة كبيرة على حجم واستمرارية المسامات داخل التربة.

مجموعة (Aggregate) – تجمّع حبيبات منفردة من الرمل والغرين والطين معاً في حبيبات أكبر. والمجموعة قد تكون كروية أو كتلية أو صفائحية أو منشورية أو اسطوانية.

تربة قلوية (Alkali Soil) – تكون التربة بدرجة عالية من القلوية (pH = 8.5 أو أكثر) أو بمحتوى عالي من Na المتبادل (15% أو أعلى من السعة التبادلية) أو كلاهما.

قلوية (Alkaline) – تحتوي أو تُطلق فائض من OH^- على حساب H^+.

قلوية التربة (Alkaline Soil) – أي تربة ذات pH أعلى من 7.

مُصلِحات، تربة (Amendment, Soil) – مادة تضاف للتربة لتحسّن pH التربة أو الخواص الفيزيائية، على سبيل المثال الجبس الزراعي aglime، الجبس، الخث، السماد الحيواني المركب، ...الخ.

نشدرة (Ammonification) – عملية بايوكيميائية التي يُطلق فيها N بشكل أمونيا من المادة العضوية الحاوية على N.

السعة التبادلية الأنيونيّة [Anion Exchange Capacity (AEC)] – مجموع الأنيونات (الأيونات السالبة) والتي يمكن للتربة أن تمدصّها.

الجاهزية (للعناصر الغذائية) Availability – مصطلح عام يُستخدم غالباً لوصف تزويد أو كفاية العناصر الغذائية الممتصة بواسطة النباتات.

الماء المتوفر (الجاهز) (Available Water) – جزء الماء الموجود في التربة الذي يمكن امتصاصه بسهولة بواسطة جذور النباتات. أُعتبر من قِبل البعض بأنه الماء الممسوك في التربة مقابل ضغط يصل تقريباً إلى 1.5 ميكا باسكال.

قاعدة (Base) – المادة التي تتفاعل مع أيونات H^+ أو تُطلق أيونات OH^-؛ المادة التي تعادل الحامض وترفع الـ pH.

سماد بشكل حُزم (Banded Fertilizer) – وضع السماد في منطقة مُركزة إما على أو تحت سطح التربة.

وضع الحُزم (Banding) – طريقة لإضافة السماد. وضع الحُزم هو مصطلح عام والذي يقتضي الإضافات السمادية التي تركز السماد في مناطق ضيقة والتي تكون ملائمة لتوفير مصدر مركز من العناصر الغذائية. قد تُجرى الإضافات قبل وخلال أو بعد الزراعة.

النسبة المئوية للتشبّع بالقواعد (Base Saturation Percentage) – النسبة المئوية للسعة التبادلية الكتأيونية الكلية التي تُشغَل من قِبل الكتأيونات (Ca^{2+}، Mg_{2+}، K^+ و Na^+).

الصخر الأم (Bedrock) – الصخر الصلب الواقع تحت الترب والصخر المجوّى في أعماق تتراوح من صفر (أينما تكون معرّضة للتعرية) لعدة مئات من الأقدام.

تثبيت النتروجين الحيوي (Biological Nitrogen Fixation) – اختزال أو تمثيل N الجوي (N_2)، يعتمد على قابلية بكتيريا معينة حرة المعيشة وتكافلية.

البورون B (Boron) – عنصر ضروري والذي يمكن أن يشارك في نقل الكربوهيدرات. ضروري في نمو أنابيب حبوب اللقاح، إنبات حبوب اللقاح. من المحتمل أن يكون أحد أكثر العناصر الغذائية الصغرى شيوعاً لحدوث النقص في نمو النباتات.

الإضافة نثراً (Broadcast Application) – اضافة إما سماد صلب أو سائل أو مواد أخرى على سطح التربة مع أو بدون خلطها بواسطة الحراثة عقب الإضافة. لا تتضمن تلك الإضافة مكان معين بالنسبة للنبات. قد تضاف العناصر الغذائية بهذه الطريقة قبل أو بعد زراعة النبات.

الدَرء (التنظيم) (Buffering) – العمليات التي تُعيق أو تقلل التحول في pH عند اضافة الحوامض أو القواعد. بشكل عام العمليات التي تُعيق التحولات في تركيز المذاب لأي أيون عند اضافته أو إزالته من النظام.

دَرء pH (Buffer, pH) – القياس المتعلق بكمية اللايم (lime) المطلوب لمعادلة الحموضة في تربة معينة.

الكثافة الظاهرية (Bulk Density) – في الترب هي الكتلة الجافة (وزن) للتربة لكل وحدة من حجم الكتلة.

الحجم الكلي (Bulk Volume) – الحجم، بضمنه الجزء الصلب والمسام لكتلة تربة عشوائية.

تربة كلسية (Calcareous Soil) – التربة الحاوية على لايم حر (كربونات) الذي يُظهر فوران عند معاملته مع حامض الهيدروكلوريك المخفف (10:1).

كالسيوم (Ca) – عنصر غذائي ضروري، المُكون لجدار خلية النبات، تتطلبه بعض الإنزيمات. يعمل الكالسيوم في تنظيم الأيض.

قوى الخاصية الشعرية (Capillary Forces) – القوى بين الماء وأسطح التربة في المسامات الصغيرة (الشعرية).

كربوهيدرات (Carbohydrates) – مادة عضوية بالصيغة العامة $(CH_2O)_n$، على سبيل المثال السكريات والسكريات المتعددة.

دورة الكربون (Carbon Cycle) – سلسلة التحولات والتي فيها يُثبَت ثاني اوكسيد الكربون (CO_2) في الكائنات الحية بواسطة البناء الضوئي أو البناء الكيميائي، المتحرر بواسطة عملية التنفس وبواسطة موت وتحلل الأحياء المُثبِتة، المُستخدَم بواسطة أصناف الأحياء عضوية التغذية وبالتالي رجوعه إلى حالته الأصلية.

نسبة كربون: نيتروجين (Carbon: Nitrogen Ratio) – نسبة وزن C العضوي إلى وزن N الكلي في التربة أو في المادة العضوية. تُستحصل بتقسيم النسبة المئوية لـ C العضوي على النسبة المئوية لـ N الكلي.

كربونات (Carbonate) – راسب متكوّن بواسطة رواسب عضوية أو غير عضوية من محاليل مائية لكربونات الكالسيوم أو كربونات المغنيسيوم أو الحديد، مثل اللايمستون أو الدولومايت.

أيون موجب (Cation) – ذرة أو مجموعة من الذرات أو مركبات تكون ذات شحنة كهربائية موجبة نتيجة فقدها الكترونات.

السعة التبادلية الكتأيونية [Cation Exchange Capacity (CEC)] – المجموع الكلي للكتأيونات المتبادَلة التي يمكن للتربة ان تمدصّها.

التبادل الكتأيوني (Cation Exchange) – التبادل بين الكتأيون في المحلول وكتأيون آخر على سطح المادة مثل غروية طين أو غروية عضوية.

سليلوز (Cellulose) – الكربوهيدرات الأكثر توفراً في النباتات.

اضافة الكيماويات مع الري (Chemigation) – اضافة الأسمدة و/أو المبيدات في مياه الري لتسميد المحاصيل والسيطرة على الآفات.

كلوريد (Cl^-) Chloride – عنصر غذائي ضروري، تتطلبه النباتات لتفاعلات البناء الضوئي المتضمنة إنبعاث الأوكسيجن. قد يكون له دورا في التنظيم التنافذي (Osmotic regulation).

كلوروفيل (Chlorophyll) – صبغة خضراء، تستقطب الضوء لعملية البناء الضوئي في النباتات، والآشنات وبعض البكتيريا.

إصفرار (Chlorosis) – الحالة غير الطبيعية للنباتات والتي فيها تفقد الأجزاء الخضراء لونها وتحولها إلى الأصفر.

طين (Clay) – حبيبات بلورية غير عضوية تنشأ طبيعياً في الترب والأجزاء الأخرى من القشرة الأرضية. حبيبات الطين أقل من 0.002 مليمتر (مم) قطراً.

كوبلت [Cobalt (CO)] – الكوبلت ضروري للحيوانات ولتثبيت N. قد يعمل لتفعيل الإنزيم في النباتات.

غروية (Colloid) – حبيبات عضوية أو غير عضوية بقطر أقل من 0.001 ملم. تمتلك الغرويات مساحة سطحية عالية وتكون غالباً ذات فعالية.

الحراثة المحافِظة (Conservation Tillage) – أي نظام حراثة يحتفظ بغطاء حوالي 30% من بقايا المحصول على الأقل بعد الزراعة مقارنة بالحراثة الكاملة والتي فيها تُخلط كل بقايا المحصول في التربة.

الإستهلاك المائي (Consumptive Use) – الماء المُستخدَم بواسطة النباتات في النتح والنمو زائداً فقدان بخار الماء من التربة القريبة أو الثلوج أو من المطر المُعترض.

الحراثة التقليدية (Conventional Tillage) – تتباين أنظمة الحراثة التقليدية بدرجة كبيرة من منطقة لأخرى ومن محصول لآخر. يعني مصطلح الحراثة التقليدية أساساً استخدام المحراث القلاب، المحراث القرصي، واستخدام الأمشاط لتسوية سطح التربة قبل البذار. في الحقيقة، مع ذلك فإنّ أنظمة الحراثة التقليدية تطورت الآن في استخدام الآت الحراثة الأخرى بضمنها الإستخدام وعلى نطاق واسع للمحراث الأزميلي (Chisel) كآلة حراثة أولية.

النحاس [Copper (Cu)] – عنصر غذائي ضروري ومكوّن لإنزيمات عديدة في النباتات. ضروري في تكوين الكلوروفيل في النباتات.

الحقن بالكولتر (Coulter Injection) – استخدام قاطع قرصي في المحراث لوضع السماد السائل أو الجاف أو السماد الحبيبي في حُزمة عمودية أسفل سطح التربة لعمق تغلغل الكولتر حيث تختلف اضافة السماد بشكل حُزمة.

العزق (Cultivation) – عملية الحراثة المستخدمة في تحضير الأرض للبذار أو نقل الشتلات لزراعتها أو فيما بعد للسيطرة على الأعشاب الضارة وفي تنعيم التربة.

التسميد بالحُزم العميقة (Deep Banding Fertilization) – تُعزى الحُزم العميقة للإضافة قبل زراعة النيات إلى اضافة حُزمة مركزة للعناصر الغذائية تُوضع على عمق 10 إلى 20 سم تحت سطح التربة. بعض الإضافات تكون أعمق تصل إلى 40 سم. قد تكون العناصر الغذائية المضافة بشكل صلب أو سائل أو غاز.

عكس النترجة (Denitrification) – الإختزال الكيموحيوي للنترات (NO_3^-) أو النتريت (NO_2) إلى غازات N_2، NO، أو N_2O. تحصل هذه العملية تحت ظروف نقص الأوكسجين.

منطقة الإستنزاف (Depletion Zone) – منطقة ضيقة قرب الجذور وفيها تصبح تراكيز العناصر الغذائية غير المتحركة قليلة بدرجة ملحوظة.

عكس الإدمصاص (Desorption) – تحرر الأيون أو الجزيئة من السطح وهي عكس الإدمصاص.

الإنتشار (Diffusion) – الحركة الجزيئية بإتجاه الميل حيث يحدث انتشار للماء من المناطق الرطبة إلى الجافة. يحدث انتشار الغاز والمحلول من مناطق ذات تركيز عالي إلى مناطق ذات تركيز منخفض.

التشتت (Disperse) – تحطم الحبيبات المركبة مثل المجاميع إلى حبيبات منفردة أو إلى توزيع أو تعليق الحبيبات الناعمة مثل الطين في أو خلال وسط مشتت مثل الماء.

دولومايت (Dolomite) – معدن يتكون من كربونات Ca و Mg؛ يُطلق المصطلح على اللايمستون الحاوي على بعض Mg.

التسميد على حُزم أو اشرطة (Dribble Fertilization) – التقطير أو الحُزم الشريطية هي من أشكال وضع الحُزمة التي تشتمل اضافة الأسمدة الصلبة أو السائلة بحُزم أو أشرطة بعرض مختلف على سطح التربة أو على سطح بقايا المحصول.

الوضع المزدوج (Dual Placement) – الوضع بوقت واحد لمادتين سماديتين بحُزم تحت السطح.

القواعد المتبادلة (Exchangeble Base) – الكتأيون القاعدي الممدص على غروية التربة، لكن يمكن استبدالها بواسطة ايون H^+ أو بعض الكتأيونات الأخرى.

الأمطار الفعالة (Effective Precipitation) – ذلك الجزء من الأمطار الكلية والذي يكون متوفراً لنمو النبات.

الكترونات (Electrons) – دقائق مشحونة بشحنات سالبة صغيرة الحجم والتي تكون جزء من تركيب الذرّة.

عنصر (Element) – أي مادة لايمكن فصلها أكثر إلا بواسطة التفكك النووي.

الإنزيمات (Enzymes) – عوامل مساعدة والتي تدير وتتحكم بالتفاعلات الكيموحيوية للخلية.

الإتزان الكيميائي (Equilibrium) – ظروف التفاعل الكيميائي أو النظام البيئي الكلي والتي يكون فيها تغيير طفيف فقط في الظروف مع مرور الوقت.

المكافئ (Equivalent) – الوزن بالغرامات (جم) لأيون أو مركب يرتبط مع أو يحل محل 1 جم من H^+. الوزن الذري أو الوزن التركيبي مقسوم على تكافؤه.

تعرية (Erosion) – إزالة أو انجراف سطح الأرض بواسطة المياه الجارية، الرياح، الثلوج أو بعوامل جيولوجية. والتعرية المعجلة هي التعرية الريحية أو المائية بسرعة أعلى من المعدلات الطبيعية أو الجيولوجية وغالباً ما تترافق مع الأنشطة البشرية.

العنصر الغذائي الضروري (Essential Nutrient) – عنصر ضروري للنبات لإستكمال دورة حياته. والعناصر الـ 17 الضرورية لنمو النيات هي: كربون (C)، هيدروجين (H)، أوكسجين (O)، نيتروجين (N)، فسفور (P)، بوتاسيوم (K)، كالسيوم (Ca)، مغنيسيوم (Mg)، كبريت (S)، نحاس (Cu)، كلور (Cl)، حديد (Fe)، بورون (B)، منجنيز (Mn)، زنك (Zn)، نيكل (Ni)، ومولبدنوم (Mo).

الإثراء الغذائي ((Eutrophication) – النمو الوفير للنباتات المائية يؤدي إلى ظروف نقص بالأوكسجين في البحيرات والجداول ويسرَّع بوفرة العناصر الغذائية.

التبخر (Evaporation) – فقدان بخار الماء من التربة أو الماء الحر مباشرة إلى الجو.

تبخر– نتح (Evapotranspiration) – فقدان الماء من التربة بالتبخر زائداً الفقدان بالنتح من النباتات.

معقد التبادل (Exchange Complex) – كل المواد (طين، دبال) التي تساهم في السعة التبادلية للتربة.

الأيونات المتبادلة (Exchangeable Ions) – الأيونات الممسوكة بواسطة الجذب الكهربائي على السطوح المشحونة ويمكن إحلالها عن طريق التبادل مع ايونات أخرى.

النسبة المئوية للصوديوم المتبادل [(ESP) Exchangeable Sodium Percentage] – درجة تشبّع معقد التبادل للتربة بـ Na^+.

التسميد بالري (Fertigation) – إضافة السماد مع مياه الري.

خصوبة، التربة (Fertility, Soil) – حالة التربة بالنسبة إلى كمية وجاهزية العناصر (العناصر الغذائية) الضرورية لنمو النبات.

سماد (Fertilizer) – أي مادة طبيعية أو مُصنّعة تضاف للتربة لتزويدها بواحد أو أكثر من العناصر الغذائية النباتية. هذا المصطلح يُستخدم عموماً للمواد المصنّعة غير اللايم الزراعي (aglime) والجبس.

درجة السماد القياسية (Fertilizer Grade) – أدنى تحليل مضمون كنسبة مئوية لعناصر النبات الغذائية الرئيسية الموجودة في مادة السماد أو في السماد المخلوط، ومعبّر عنها بـ N الكلي و P_2O_5 الجاهز وK_2O الذائب.

مكان وضع السماد (Fertilizer Placement) – تركيز السماد في الحُزمة أو الشريط عند موقع معين على أو تحت سطح التربة. على سبيل المثال سماد بادئ (أولي) عند خط البذار والتسميد بالتقطير ووضع الحُزم بالعمق.

كفاءة استعمال السماد (Fertilizer Use Efficiency) – تعبير عن وحدات من الغلة لكل وحدة عنصر غذائي تم توفيرها للمحصول.

الإحتياجات السمادية (Fertilizer Requirement) – كمية العناصر الغذائية المعينة المطلوبة، إضافة على الكمية المجهّزة بواسطة التربة لزيادة نمو النبات للكمية المثالية المحددة.

السعة الحقلية (Field Capacity) – النسبة المئوية للماء المتبقي في التربة بعد يومين أو ثلاثة أيام من تشبيع التربة وبعد توقف الصرف الحر عملياً. ليست كمية دقيقة.

نسجة ناعمة (Fine Texture) – تتألف أو تحتوي كميات كبيرة من الحبيبات الصغيرة. في التربة تُعزى إلى نسبة عالية من الغرين والطين.

تثبيت (Fixation) – العمليات التي بها تصبح عناصر النبات الغذائية الجاهزة غير متيسرة وقتياً بتفاعلها مع مكونات التربة. عموماً تُعزى إلى تفاعلات P، NH_4^+، و K التي تؤدي إلى انخفاض جاهزيتها.

تعويم الإضافة (Floatation Application) – نوع من أجهزة إضافة السماد مجهزة بإطارات كبيرة ذات ضغط واطئ بقصد توزيع وزن المركبة على مساحة سطحية أعلى للتربة مقللة إنضغاط التربة.

تجمّع (Flocculation) – ربط الحبيبات الغروية لتكوين تكتلات.

التشخيص الورقي (Foliar Diagnosis) – تقدير الحالة الغذائية للنبات أو متطلبات التربة من العناصر الغذائية لإنتاج المحصول من خلال التحليل الكيميائي أو مظهر اللون لأوراق النباتات أو بكلتا الطريقتين.

نظام المعلومات الجغرافي (GIS) – مصطلح شامل للأنظمة التي تُخزّن وتَعرض وتحلل بيانات الخريطة الرقمية.

جلوكوز (Glucose) – السكر الإعتيادي (كربوهيدرات) مع ست ذرّات C لكل جزيئة. يتواجد في جميع الخلايا. مكون للسيليلوزو النشا والسكريات المتعددة الأخرى.

نظام المواقع العالمي (GPS) – شبكة من الأقمار الإصطناعية التي تولد إشارات مستمرة تحدد مواقعها. المستقبلات الإلكترونية على الأرض تَستخدم هذه المعلومات لإجراء حساب موقعي لمواقع أرضية.

السماد الأخضر (Green Manure) – النباتات المزروعة التي تُخلط في التربة لتحسين خصوبة التربة.

الجبس (Gypsum) – المعدن أو الصخر المتكون من كبريتات الكالسيوم ($CaSO_4.2H_2O$).

أفق، تربة (Horizon, Soil) – طبقة التربة التي تكون تقريباً بموازاة سطح التربة.

دبال (Humus) – الجزء الثابت ذو اللون الداكن للمادة العضوية المتبقي بعد تحلل معظم بقايا النباتات والحيوانات المضافة.

مُميّأ (Hydrated) – تمتلك ماء مرتبط أو مخلوط كجزء من البناء الكيميائي.

هيدروكسيل (Hydroxyl) – أيون أو مجموعة OH^-.

التثبيت الحيوي (Immobilization) – تحويل العناصر من الصيغة غير العضوية إلى العضوية بواسطة دمجها في النسيج الميكروبي أو النباتي مما يجعلها أقل جاهزية للنباتات.

دمج (Incorporation) – الخلط الميكانيكي لمواد السماد (أو المبيدات) مع التربة السطحية.

حقن (Injection) – وضع حُزمة السماد السائل أو الأمونيا اللامائية (NH_3) في التربة، إما من خلال استخدام الضغط أو الأنظمة بدون ضغط.

غيض (Infiltration) – دخول الماء إلى داخل التربة.

تبادل أيوني (Ion Exchange) – التبادل بين الأيون في المحلول وأيون آخر على السطح لأي مادة ذات سطح فعال مثل الطين أو الدبال.

حديد (Fe) – العنصر الغذائي النادر المعدني الضروري ويُمدّص بواسطة النباتات بشكل أيون حديدوز (Fe^{2+})، الحديد عامل مساعد في تكوين الكلوروفيل ويعمل كناقل للأوكسجين. أيضاً فهو يساعد في تشكيل أنظمة إنزيمية معينة للتنفس في النبات.

الإضافة بالسكين (Knifed Application) – العلمية التي بها مواد السماد تضاف بشكل حُزمة داخل التربة بإستخدام آلة سكين حادة.

غسل (Leaching) – إزالة مواد في المحلول بواسطة مرور الماء خلال التربة. في الزراعة الغسل يُعزى إلى حركة الماء الحر إلى أسفل (تخلل) بعيداً عن المنطقة الجذرية.

لايم (Lime) – مصطلح "لايم"، "لايم زراعي" أو "aglime" يُعزى إلى صخر اللايم الأرضي الحاوي على كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) وكربونات المغنيسيوم ($MgCO_3$)، اللايم المطفأ (هيدروكسيد الكالسيوم، $CaOH$) أو اللايم المحروق (اوكسيد الكالسيوم، CaO). يُستخدم اللايم لتقليل حموضة التربة وتوفير Ca و Mg كعناصر غذائية نباتية ضرورية.

متطلبات الكلس (Lime Requirement) – هي كمية اللايم الزراعية ذات النوعية الجيدة المطلوبة لتثبيت المدى المرغوب من pH التربة للنظام الزراعي المُستخدم. تحدد متطلبات الكلس في المختبر بإستخدام محلول منظم للأسّ الهيدروجيني (pH) بالتعادل مع التربة.

المواد الكلسية (Liming Material) – تعني المُنتج الذي فيه مركبات Ca و Mg القادرة على معادلة حموضة التربة.

الأسمدة السائلة (Liquid (Fluid) Fertilizers) – يُعزى هذا المصطلح إلى NH_3 اللامائية والمائية ومحاليل N والأسمدة ذات السوائل المخلوطة بضمنها السائل الرائق ومعلقات الأسمدة الصلبة في السوائل.

العناصر الغذائية الكبرى (Macro Nutreints) – العناصر الغذائية النباتية الضرورية المطلوبة بنسب كبيرة من قِبل النباتات.

الفراغات أو المسامات الكبيرة (Macro Pores) – المسامات الواسعة وغالباً تتشكل بواسطة الجذور وحيوانات التربة الصغيرة والديدان.

مغنيسيوم [Magnesium (Mg)] – عنصر غذائي ضروري ومصنف على أنه عنصر غذائي ثانوي جنباً إلى جنب مع Ca و S. وهو مكون للكلوروفيل ويشترك بفعالية في عملية البناء الضوئي ويساعد المغنيسيوم في بناء P واستغلال النبات للسكريات وتفعيل أنظمة إنزيمية عديدة.

منجنيز [Manganese (Mg)] – عنصر غذائي من العناصر الغذائية الصغرى، معدني، يعمل بالمقام الأول كجزء من الأنظمة الإنزيمية في النباتات. وهو يُفعّل العديد من التفاعلات الأيضية المهمة ويلعب دوراً مباشراً في عملية البناء الضوئي بالمساعدة في تكوين الكلوروفيل.

جريان كتلي (Mass Flow) – حركة السوائل نتيجة الضغط. تشمل حركة الحرارة والغازات أو المواد المذابة سويّة مع السائل الجاري الذي يحتويها. على سبيل المثال يتحرك NO_3–N بواسطة الجريان الكتلي في التربة.

العناصر الغذائية الصغرى (Micro Nutrients) – العناصر الغذائية التي تحتاجها النباتات بكميات قليلة فقط أو كميات ضئيلة. العناصر الغذائية الصغرى الضرورية هي B، Cl، Cu، Fe، Mn، Mo، Ni، و Zn.

الأحياء الدقيقة، تربة (Microorganism, Soil) – بكتيريا، فطريات، والأحياء الأخرى في التربة والتي تقوم بتدوير العناصر الغذائية وترويج جاهزية العناصر الغذائية. قد تمتلك الأحياء المرضية تأثيرات سلبية على النباتات.

معدنة (Mineralization) – تحرير العناصر من الأشكال العضوية إلى الأشكال غير العضوية خلال عملية تحلل المادة العضوية الحاوية على العناصر. تتم هذه العمليات بواسطة أحياء التربة.

حراثة دنيا (Minimum Tillage) – نظام حراثة (عزق) الذي يَختزل عادة عمليات استخدام المكائن والآلآت لأقل ما يمكن والذي يكون مطلوباً لخلق ظروف تربة ملائمة للزراعة وإنبات البذور.

عناصر غذائية متحركة (Mobile Nutrients) – تلك العناصر الغذائية التي يمكنها الإنتقال من الأنسجة القديمة إلى الأنسجة الجديدة في النبات.

مولبدنوم [Molybdenum (Mo)] – أحد العناصر الغذائية الصغرى المعدنية المطلوبة بأقل كمية من كل العناصر الضرورية. يكون المولبدنوم مطلوباً في بناء وفعالية إنزيم مختزل النترات (nitrate reductase). والمولبدنوم أيضاً ضروري لعملية تثبيت النيتروجين تكافلياً بواسطة بكتيريا الرايزوبيا في العُقد الجذرية البقولية.

غطاء (Mulch) – أي مادة تُنشَر على سطح التربة لحماية التربة من الأمطار، أشعة الشمس، الإنجماد، أو التبخر.

مايكوريزا (Mycorrhiza) – اشتراك (عادة تكافلياً) للفطريات مع جذور النباتات. تزيد خيوط (hyphae) الفطريات من المساحة السطحية وامتصاص العناصر الغذائية.

نخر (Necrosis) – موت الأنسجة النباتية.

تربة متعادلة (Neutral Soil) – التربة ذات النسبة العالية (80% إلى 90%) للسعة التبادلية المشغولة بواسطة أيونات Ca و Mg و pH التربة قريباً من 7.

نيكل [Nickel (Ni)] – عنصر غذائي ضروري للنبات ومصنف على أنه من العناصر الغذائية الصغرى. يُمتص من قِبل النبات بشكل Ni^{2+}. النيكل هو مكون معدني لليوريز (Urease) والذي هو عامل بناء N للمحاصيل البقولية.

نترجة (Nitrification) – تكوين في التربة للنتريت (NO_2) والنترات NO_3^- من أيون الأمونيا (NH_4^+) من خلال فعاليات بكتيريا تربة معينة؛ الأكسدة البيوكيميائية لـ NH_4 إلى NO_3.

مثبط النترجة (Nitrification Inhibitor) – مركبات مثل نترابايرن (N–serve) ودايسيانديأمايد (DCD) والتي تؤخر الأكسدة البكتيرية لأيون الأمونيا إلى نتريت وبالتالي يُبطئ انتاج NO_3. الهدف من استعمال هذه المركبات هو للسيطرة على غسل NO_3 بإبقاء N بصيغة NH_4 لفترة أطول ولمنع عملية عكس النترجة لـ NO_3–N ولتوفير NH_4–N للنباتات على مدى فترة زمنية أطول.

نايتروبكتر (Nitrobacter) – جنس من بكتيريا التربة الهوائية الإجبارية ذاتية التغذية الكيميائية والتي تؤكسد أيون NO_2 إلى NO_3^- في المرحلة الأخيرة لعلمية النترجة.

نيتروجين [Nitrogen (N)] – العنصر الغذائي النباتي الأساسي ومكون لكل خلية حية نباتية أو حيوانية. في النباتات يكون جزء من جزيئة الكلوروفيل والحوامض الأمينية ومركبات أخرى عديدة.

دورة النيتروجين (Nitrogen Cycle) – المسالك التي يتخذها N من الجو خلال التربة والحيوانات والإنسان رجوعاً إلى الجو.

تثبيت النيتروجين (Nitrogen Fixation) – تحويل النيتروجين الجوي (N_2) إلى الأشكال العضوية وغير العضوية. على وجه الخصوص في الترب يُعزى التثبيت إلى تمثيل N_2 من هواء التربة بواسطة أحياء التربة بتكوين مركبات N التي تكون جاهزة للنباتات. عملية تثبيت N المترافقة مع العقد الجذرية للبقوليات تُعرَف على أنها تثبيت N التكافلية.

محاليل النيتروجين (Nitrogen Solution) – محاليل أسمدة N في الماء. تُستخدم محاليل النيتروجين في تصنيع الأسمدة السائلة أو الجافة المخلوطة و/أو تضاف إلى التربة إما بأجهزة إضافة خاصة أو في مياه الري. والأكثر شيوعاً يُعزى المصطلح إلى محاليل نترات الأمونيا–اليوريا (UAN)، المصنوعة من خليط اليوريا ونترات الأمونيوم (NH_4NO_3) التي تحتوي على 28 إلى 32% من N.

نايتروسومانز (Nitrosomonas) – جنس من بكتيريا التربة الهوائية الإجبارية ذاتية التغذية الكيميائية والتي تؤكسد أيونات NH_4^+ إلى NO_2 في المرحلة الأولى من عملية النترجة. مثبطات النترجة مثل نترابايرن تثبّط بالخصوص فعاليات هذه الأحياء.

بدون حراثة (No–Tillage, No–Till, Zero Tillage) – نظام الزراعة الذي فيه يُزرع المحصول في البقايا من المحصول السابق دون حراثة التربة.

عنصر غذائي (Nutrient) – العنصر الذي يساهم في نمو وصحة الكائن الحي.

إدارة العنصر الغذائي (Nurient Management) – استخدام أفضل ممارسات الإدارة (BMPs) التي ترفع من كفاءة استخدام العنصر الغذائي وتقلل فواقد العنصر الغذائي للمياه السطحية أو الجوفية.

إمتصاص العنصر الغذائي (Nutrient Uptake) – عملية امتصاص النبات للعناصر الغذائية، عادة من خلال الجذور. كميات قليلة من العناصر الغذائية قد تُمتص عن طريق الأوراق بعد الإضافات الورقية للعناصر الغذائية.

سماد عضوي (Organic Fertilizer) – مادة عضوية تطلِق أو تُجهّز كميات مُجدية من عنصر غذائي نباتي عضوي عند إضافتها للتربة.

تربة عضوية (Organic Soil) – التربة التي تحتوي على نسبة عالية من المادة العضوية المنتشرة خلالها.

أورثوفوسفات (Orthophosphate) – صنف عام من مركبات الفوسفات مصنّعة من حامض الفسفوريك (H_3PO_4) وبضمنها أساساً أملاح NH_4 و Ca.

التنظيم الأسموزي (Osmotic Regulation) – حركة المحاليل الكهربائية (electrolytes) مثل الأيونات المذابة والسكريات عبر جدران الخلية للمحافظة على الجهد المائي في داخل الخلايا النباتية.

أكسدة (Oxidation) – التغيّر الكيميائي المتضمن إضافة O_2 أو مكافئه الكيميائي. وهي تشتمل على فقدان الكترونات من الذرّة، الأيون، أو الجزيئة خلال التفاعل الكيميائي. وهي قد تزيد الشحنة الموجبة للعنصر أو المركب.

أوكسجين (Oxygen) – غاز عديم اللون والطعم والرائحة وهو أكثر العناصر وَفرة وانتشاراً في الطبيعة. يشغل حوالي 21% على اساس الحجم من الهواء.

المادة الأم (Parent Material) – المادة المفتتة المعدنية أو العضوية والتي تنشأ فيها التربة.

تخلل (Percoltion) – حركة السائل إلى أسفل في التربة.

نقطة الذبول الدائمية (Permanent Wilting Point) – المستوى الرطوبي للتربة الذي عنده تذبل النباتات وتفشل لإستعادة نشاطها. وقيمة نقطة الذبول الدائم غير ثابتة.

نفاذية (Permeability) – السهولة التي ينقل فيها الوسط المسامي السوائل (الموائع).

الأسّ الهيدروجيني (pH) – دلالة رقمية للحموضة والقلوية. تقنياً فإنّ pH هو اللوغاريتم الإعتيادي لمقلوب فعالية H في المحلول. pH يساوي 7 يشير إلى التعادل تماماً. القيم بين 7 و 14 تشير إلى زيادة القلوية وقيم بين 7 و 0 تشير الى زيادة الحموضة.

فوسفات (Phosphate) – ملح إستر حامض الفسفوريك. في صناعة الأسمدة ، على أية حال فإنّ مصطلح فوسفات عادة يُطلق على أي مادة حاوية على–P مُستخدَمة كسماد. أيضاً مُستخدَم في إشارة إلى P_2O_5 للتعبير عن محتوى P في الأسمدة.

الصخر الفوسفاتي (Phosphate Rock) – صخر طبيعي يحتوي على واحد أو أكثر من معادن فوسفات الكالسيوم ذات النقاوة والكمية الكافية بما يسمح بإستخدامه إما مباشرة أو بعد تجميعه في أجهزة تصنيع المنتجات التجارية. معظم رواسب الصخر الفوسفاتي التي تُستخدم في تصنيع السماد في الولايات المتحدة الأمريكية وكندا معتمِدة على معادن صنف الأبتايت خصوصاً فوسفات الكالسيوم.

فسفور [Phosphorus (P)] – أحد العناصر الغذائية الضرورية المطلوبة من قِبل النباتات ومصنّف على أنه واحد من ثلاثة عناصر غذائية أساسية. والفسفور العنصر الغذائي النباتي المتحرك ويلعب أدواراً رئيسية في البناء الضوئي والتنفس (بإستخدام السكريات) وخَزن ونقل الطاقة وإنقسام الخلية وإستطالة الخلية والتشفير الجيني والعديد من عمليات النبات الأخرى.

بناء ضوئي (Photosynthesis) – العملية التي فيها تحتجز النباتات الخضراء الطاقة الضوئية ويربط الماء وثاني اوكسيد الكربون لتكوين الكربوهيدرات. إنّ صبغة الكلوروفيل مطلوبة لتحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية.

تحليل النبات (Plant Analysis) – تحليل مختبري كمي لتحديد المحتوى الكلي لعنصر غذائي أو لعناصر غذائية في النسيج النباتي.

الرطوبة المتيسرة للنبات (Plant Available Moisture) – ماء التربة الممسوك بحيث يمكن للنبات أن يستخلصه لغرض إستعماله.

الحقن من نقطة معينة (Point Injection) – استخدام دولاب بأسلاك لحقن السماد السائل في داخل المنطقة الجذرية (10–12 سم) على نقاط تبعد بعضها عن البعض الآخر 20 سم تقريباً. الحقن السلكي (Spoke injection) مرادف للحقن النقطي.

فوسفات متعددة (Polyphosphate) – صنف عام للمركبات الفوسفاتية يتصف بجزيئات حاوية على اثنين أو أكثر من ذرّات P. تتألف الفوسفات المتعددة من اثنين أو أكثر من جزيئات الأورثوفوسفات مع فقدان جزيئة الماء بين كل وحدة جزيئة أورثوفوسفات. مشتق من حامض السوبرفوسفات. يتوفر أساساً في الأسمدة السائلة بشكل الفوسفات المتعددة الأمونياتية.

سماد البادئ (Pop–up Fertilizer) – سماد يضاف عند الزراعة بتماس مباشر مع البذرة. شكل من أشكال الأسمدة الأولية (Starter).

فراغات أو مسامات (Pores) – الحيز غير المشغول بواسطة الحبيبات الصلبة في حجم كتلة التربة.

بوتاسيوم [Potassium (K)] – البوتاسيوم عنصر ضروري وأحد العناصر الغذائية الأساسية الثلاثة والتي تشمل N و P. وهو مطلوب من قِبل معظم النباتات وتقريباً بكميات مساوية لتلك المطلوبة من النيتروجين. للبوتاسيوم أدوار مهمة في تفعيل الأنظمة الإنزيمية وهو ضروري للبناء الضوئي وتكوين

واستعمال السكريات، وله دور ضروري في تكوين البروتين والحفاظ على تركيب البروتين ويساعد النبات بإستخدام الماء بكفاءة أعلى.

عنصر غذائي أولي (Primary Nutrient) – أحد العناصر الثلاث ... N، P، و K والتي هي الأكثر شيوعاً في تحديد الإنتاج النباتي.

سماد قبل الزراعة (Preplant Fertilizer) – السماد المضاف للتربة قبل الزراعة.

الحموضة الإحتياطية (Reserve (Potential) Acidity) – أيونات H المتبادلة الممسوكة على غرويات التربة و Al^{3+} القابلة للتحلل المائي تُعزى إلى الحموضة الإحتياطية أو الممكنة. والحموضة الإحتياطية هي في توازن ديناميكي مع أيونات H^{+} في محلول التربة (الحموضة الفعالة). تشير الحسابات المتحفظة بأنّ الحموضة الإحتياطية قد تكون أعلى بـ 1.000 إلى ما قد يصل إلى 10.000 مرة من الحموضة الفعالة للتربة الطينية.

الحموضة المتبقية (Residual Acidity) – الحموضة النهائية التي تظهر من استعمال السماد في أفق تربة معين بعد إزالة الأملاح المتبقية من ذلك الأفق بواسطة الغسل.

الخصوبة المتبقية (Residual Fertility) – محتوى العنصر الغذائي المتوفر لتربة والمُرحّل إلى المحصول التالي بعد تسميد المحصول السابق.

منطقة الحفظ (Retention Zone) – طبقة التربة التي تتركز فيها العناصر الغذائية التي تلي إضافة السماد. عادة تُعزى نوعاً ما إلى إ ضافة الحُزمة.

رايزوبيا (Rhizobia) – بكتيريا قابلة العيش تكافلياً مع النباتات المتطورة عادة البقوليات والتي فيها تستلم طاقتها وقابلة لإستخدام N_2 وتحويله إلى صيغ يمكن للنبات استعمالها.

جريان سطحي (Runoff) – الماء الذي يجري على سطح التربة بدلاً من إختراقه سطح التربة.

تربة ملحية – قلوية (Saline–Alkali Soil) – التربة التي تحتوي على نسبة عالية من الأملاح المذابة إما بدرجة قلوية عالية أو كمية عالية من Na المتبادل أو كلتاهما، وبذلك فإنّ نمو معظم المحاصيل يكون أدنى من الإعتيادي.

تربة ملحية (Saline Soil) – التربة غير القلوية التي تحتوي على أملاح مذابة بكميات بحيث تؤدي إلى تداخلها مع نمو معظم النباتات؛ بإحتوائها على كمية معتَبرة من الأملاح المذابة.

المؤشر الملحي (Salt Index) – مؤشر يُستخدم لمقارنة ذوبانية المركبات الكيميائية المستخدَمة كأسمدة. معظم مركبات N و K لها مؤشرات عالية بينما مركبات P لها مؤشرات منخفضة. إنّ المركبات ذات المؤشر الملحي العالي المضافة بتماس مباشر مع البذرة بمعدلات عالية يمكن أن تسبب ضرراً للبادرات بسبب جذب هذه المركبات للماء.

رمل (Sand) – حبيبة غير عضوية بحجم يتراوح بين 2.00 ملم و 0.05 ملم قطراً.

عناصر غذائية ثانوية (Secondary Nutrients) – الكالسيوم و Mg و S يُطلق عليها عناصر غذائية ثانوية لأنها ضرورية لنمو النبات لكن نقصها أقل حدوثاً من العناصر الغذائية الرئيسية.

سماد بحُزم جانبية (Side–Banded Fertilizer) – وضع السماد بشكل حُزم على جانب أو جانبين من خط البذار (البادرات).

سماد مضاف بجانب (Side–Dressed Fertilizer) – إضافة السماد على جانب خطوط المحصول بعد بزوغ النبات.

غرين (Silt) – حبيبة غير عضوية بحجم يتراوح بين 0.05 ملم و 0.002 ملم قطراً.

إدارة حسب خصوصية بالموقع (Site–Specific Management) – إدارة مُدخلات العنصر الغذائي وإضافات المبيدات وكثافة المحصول وممارسات النظام الزراعي الأخرى حسب التغييرات في صفات ومكونات التربة.

تربة صودية (Sodic Soil) – التربة المتأثرة بالتراكيز العالية من الأملاح و Na. التربة الصودية تكون قليلة في الأملاح المذابة نسبياً لكنها عالية في Na المتبادل.

تربة (Soil) – الطبقة العليا للأرض التي تنمو فيها البناتات.

تهوية التربة (Soil Aeration) – العملية التي فيها يُستبدل الهواء في التربة بواسطة الهواء من الجو.

مصلِح التربة (Soil Amendment) – أي مادة مثل اللايم الزراعي والجبس والنشارة أو مكيّف صناعي تعمل داخل التربة لجعلها أكثر ملائمةً بالنسبة لنمو المحصول. يُعزى المصطلح عادة للمواد المضافة غير تلك المُستخدَمة أساساً كسماد.

هيكل التربة (Soil Matrix) – يشابه نسيج التربة، توليفة الجزء الصلب والفراغات أو المسامات في التربة.

مقدّ التربة (Soil Profile) – المقطع العمودي للتربة ممتداً من السطح ومن خلال كل آفاقها إلى المادة الأم.

محلول التربة (Soil Solution) – الطور السائل للتربة والمذاب فيه.

فحص التربة (Soil Test) – التحليل الكيميائي لمكونات التربة، عادة بقصد تقدير جاهزية العناصر الغذائية النباتية. ولكن يتضمن أيضاً قياس حموضة التربة أو قلويتها والقياسات الفيزيائية للتوصيل الكهربائي للتربة.

نسجة التربة (Soil Texture) – النسب المئوية للحجوم المختلفة للحبيبات المكونة للتربة. هذه الحبيبات تُعزى غالباً إلى مفصولات التربة وتشمل الرمل، الغرين، والطين.

مذاب (Solute) – المادة المذابة في المذيب لتكوين المحلول.

إضافة التجزئة (Split Application) – السماد المضاف على دفعات (مرتين أو أكثر) خلال موسم نمو المحصول. إضافة قبل الزراعة وواحدة أو أكثر بعد الزراعة هي الشائعة.

سماد بادئ (Starter Fertilizer) – سماد يضاف عند الزراعة إما بتماس مباشر مع البذرة أو إلى جانب أو أسفل البذرة ولا يعني ضمناً الموضع بالضبط.

سماد شريطي (Strip Fertilizer) – سماد يضاف في حُزم سطحية التي قد تُخلط بواسطة الحراثة أو تبقى على سطح التربة/البقايا.

زراعة شريطية (Strip Cropping) – التقنية المستخدَمة لتقليل تعرية التربة والتي فيها تتبادل أشرطة من الأرض البُور أو أشرطة من الارض بمحاصيل خطية مع الحبوب الصغيرة، الحشائش أو محصول علف بقولي.

بناء (Structure) – في التربة، تنظيم وتجميع الحبيبات الأولية للتربة إلى وحدات ثانوية أو مجموعات طبيعية (Peds) بحجم وشكل معين.

تربة تحتية (Subsoil) – الطبقات التحتية للتربة أسفل التربة العلوية والتي قد تحتوي مادة عضوية أقل وصفات المادة الأم للتربة بدرجة أكبر.

كبريت [Sulfur (S)] – عنصر غذائي نباتي ثانوي وضروري، وهو ضروري في تكوين البروتين النباتي لأنه جزء من حوامض أمينية معينة. وكجزء من البروتين النباتي فهو ضروري لفعالية الإنزيمات. يشارك في تكوين العُقد وتثبيت N في البقوليات. ضروري لتكوين الكلوروفيل مع أنه ليس من مكونات جزئية الكلوروفيل.

سوبرفوسفات (Superphosphate) – السوبرفوسفات هو مُنتَج يتم الحصول عليه عند معاملة الصخر الفوسفاتي إما مع حامض الكبريتيك أو حامض الفسفوريك أو خليط من هذين الحامضين. يُعزى السوبرفوسفات "الطبيعي"، "الإعتيادي"، أو "البسيط" إلى كل الأصناف التي تحتوي لحدّ 22% من P_2O_5 الجاهز والتي تُصنّع بتحميض الفوسفات الصخري مع حامض الكبريتيك. يحتوي أساساً فوسفات الكالسيوم الأحادي زائداً كمية مُعتبرَة من الجبس.

إضافة حُزمة سطحية (Surface Band Application) – وضع السماد السائل أو الصلب في شريط على سطح التربة.

سماد معلق (Suspension Fertilizer) – سائل يحتوي على مركبات العنصر الغذائي النباتي مذابة أو غير مذابة. المعلق للمواد غير المذابة عادة يُنتَج بمساعدة عامل تعليق ذو خواص غير سمادية (الطين). قد يكون الرّج الميكانيكي أو الهوائي ضرورياً لتسهيل الحصول على معلق متجانس للعناصر الغذائية النباتية غير الذائبة.

بكتيريا تكافلية (Symbiotic Bacteria) – في الزراعة التعريف اعتيادياً يتعلق بالبكتيريا في العُقد النامية على جذور البقوليات والتي لديها القدرة على تثبيت N_2 الجوي في صيغ يمكن استعمالها بواسطة النباتات البقولية المضيفة.

تكافلي (Symbiotic) – العلاقة بين كائنين حيين والتي يُستفاد منها كلاهما، مثل تثبيت N بواسطة الرايزوبيا في العُقد على جذور البقوليات.

مصطبة (Terrace) – في حفظ التربة، شريط مستوي تقريباً أو أفقي أو نتوء من الأرض ينشأ عادة على خط الكفاف (contour) لتقليل التعرية.

فلاحة (Tilth) – ظروف التربة الفيزيائية وارتباطها بسهولة عمليات الحراثة، ملائمتها لمقد البذرة ومقاومتها لإنبات البذور وتغلغل الجذور.

فحص النسيج (Tissue Test) – فحص حقلي سريع وقياس اللون النوعي لتحديد محتوى العنصر الغذائي غير الممَثَّل والذائب لعصارة النسيج النباتي.

الإضافة السطحية (Top–Dressed Application) – الإضافة السطحية للسماد إلى التربة بعد ظهور النبات.

تربة سطحية (Topsoil) – تُعزى التربة العلوية إلى الطبقة السطحية للتربة بضمنها معظم المادة العضوية لمقد التربة. تقنياً هذه الطبقة أُعتمدت على أنها أفق A الغامق اللون لمقد التربة.

عناصر نادرة (Trace Element) – عناصر موجودة بتراكيز منخفضة وتشتمل على العناصر الغذائية الصغرى.

نتح (Transpiration) – التبخر من الأوراق، جريان الماء خلال النباتات من التربة إلى الجو.

سوبرفوسفات الثلاثي (Triple Superphosphate) – يُعزى إلى الأصناف الحاوية على 40% أو أكثر من P_2O_5 الجاهز والتي عادة ما يتم تصنيعها بواسطة تحميض الفوسفات الصخري مع حامض الفسفوريك. يحتوي السوبرفوسفات الطبيعي على كمية مُعتبرَة من S (الجبس) لكن السوبرفوسفات (الثلاثي) لا يحتويه. يوجد الفسفور أساساً بشكل فوسفات الكالسيوم الأحادية.

يورييز (Urease) – إنزيم مطلوب لتحليل اليوريا إلى NH_3؛ شائع لكل المواد النباتية.

تسميد ذو معدل متغير (Variable–Rate Fertilization) – التقنية التي تتغير فيها معدلات إضافة العنصر الغذائي حسب التغيرات في مستويات العنصر الغذائي الجاهزة في التربة خلال إنتقال جهاز الإضافة عبر الحقل.

منحنى حفظ الرطوبة (Water Retention Curve) – شكل يبين محتوى رطوبة التربة مقابل الطاقة المبذولة لإزالة الماء (منحنى إطلاق الرطوبة).

مستوى المياه الحوفية (Water Table) – الحد الأعلى للماء الجوفي أو ذلك المستوى الذي تحته تكون التربة مشبعة بالماء.

أزِل العشب الضار– وزوّد العناصر الغذائية (Weed–and–Feed) – مصطلح يُستخدم في الصناعة الكيميائية الزراعية لتعني مَزج الإضافة السمادية والمبيدات.

غلة، مستدامة (Yield, Sustained) – غلة النباتات أو مادة النبات من المنطقة المستمر زراعتها سنوياً أو دورياً؛ تعني ممارسات الإدارة والتي ستحافظ على القدرة الإنتاجية للأرض.

زنك [Zinc (Zn)] – عنصر غذائي ثانوي معدني، من أوائل العناصر الغذائية التي أُعتمدت على أنها ضرورية للنباتات. يساعد الزنك في بناء مواد نمو النبات وانظمة الإنزيمية وهو ضروري في تحسين تفاعلات أيضية معينة وضروري لإنتاج الكلوروفيل والكربوهيدرات.

أجوبة أسئلة الفصول

فصل 2
1–د، 2–ب، 3–ج، 4–أ، 5–ب، 6–ج، 7–ب، 8–د، 9–د، 10–د

فصل 3
1–ب، 2–ج، 3–د، 4–أ، 5–ج، 6–ب، 7–أ، 8–أ، 9–د، 10–ب

فصل 4
1–أ، 2–ب، 3–د، 4–أ، 5–ب، 6–ج، 7–ب، 8–ب، 9–ج، 10–ج

فصل 5
1–ب، 2–أ، 3–ج، 4–ب، 5–أ، 6–د، 7–أ، 8–ب، 9–ج، 10–أ

فصل 6
1–ب، 2–د، 3–أ، 4–أ، 5–ب، 6–ج، 7–أ، 8–ج، 9–ب، 10–أ

فصل 7
1–ج، 2–د، 3–أ

فصل 8
1–د، 2–ج، 3–ج، 4–أ، 5–ب، 6–د، 7–ج، 8–ب، 9–د، 10–أ

فصل 9
1–ج، 2–ب، 3–د، 4–د، 5–أ، 6–د، 7–أ، 8–أ، 9–د

عوامل التحويل للنظام الأمريكي والمتري

المُدرجة أدناه هي رموز/ مختصرات للعناصر الغذائية والمصطلحات ذات العلاقة المُستخدَمة بصورة متكررة من خلال هذا الكتيّب.

للتحويل من عمود 1 إلى عمود 2، أضرب في:	عمود 1	عمود 2	لتحويل من عمود 2 إلى عمود 1، أضرب في:
الطول			
0.621	كيلومتر	ميل، mi	1.609
1.094	متر، م	ياردة، yd	0.914
0394	سنتيمتر	إنج، in	2.54
المساحة			
2.471	هكتار، هك	ايكر، A	0.405
الحجم			
1.057	لتر، ل	كوارت (سائل)، qt	0.946
الكتلة			
1.102	طن[1] (متري، 1.000 كجم)	طن أمريكي (2.000 باوند)	0.9072
0.035	جرام، جم	أونس	28.35
الغلة أو المعدل			
0.446	طن/هك	طن/ايكر	2.242
0.891	كجم/هك	باوند/ايكر	1.12
0.0159	كجم/هك	بوشل/ايكر، حبوب ذرة	62.7
0.0149	كجم/هك	بوشل/ايكر، قمح أو فول الصويا	67.2

[1] تهجئة الكلمة وكتابتها بشكل "tonne" يشير إلى طن متري (1.000 كجم). التهجئة والكتابة بشكل "ton" يشير إلى طن أمريكي (2.000 باوند). وعند استخدامها كوحدة قياس، tonne أو ton يمكن اختصارها، كما في 9 طن/هك. يفترض التعبير المتري طن = tonne؛ التعبير الأمريكي يفترض طن = ton.

الرموز والمختصرات

المُدرجة أدناه هي رموز/ مختصرات للعناصر الغذائية والمصطلحات ذات العلاقة المُستخدَمة بصورة متكررة من خلال هذا الكتيّب.

ألمنيوم	Al
بورون	B
كربون	C
كالسيوم	Ca
كربونات الكالسيوم	$CaCO_3$
كلوريد الكالسيوم	$CaCl_2$
كبريتات الكالسيوم (الجبس)	$CaSO_4$
نترات الكالسيوم	$Ca(NO_3)_2$
ميثان	CH_4
كلورين/ كلوريد	$Cl/\ Cl^-$
نحاس	Cu
كبريتات النحاس	$CuSO_4$
فوسفات المونيوم الثنائية	DAP
حديد	Fe
كبريتات الحديدوز	$FeSO_4$
بروتون أو أيون الهادروجين	H^+
بايكربونات	HCO_3^-
كلوريد البوتاسيوم (أيضاً مورات البوتاس أو MOP)	KCl
بوتاس	K_2O
نترات البوتاسيوم	KNO_3
كبريتات البوتاسيوم (أيضاً كبريتات البوتاس أو SOP)	K_2SO_4
فوسفات الأمونيوم الأحادية	MAP
فوسفات الكالسيوم الأحادية	MCP
مغنيسيوم	Mg
كبريتات المغنيسيوم	$MgSO_4$
كلوريد المغنيسيوم	$MgCl_2$
منجنيز	Mn
مولبدنوم	Mo
نتروجين	N
أمونيا	NH_3
أمونيوم	NH_4^+
كبريتات الأمونيوم	$(NH_4)_2SO_4$

نتريت	NO_2^-
نترات	NO_3^-
نيتروجين ثنائي	N_2
اوكسيدات النيتروجين/ اوكسيد النتروز	NO_x/ N_2O
فسفور	P
جزء بالبليون	Ppb
جزء بالمليون	Ppm
كبريت	S
كبريتات	SO_4^{2-}
سوبرفوسفات الثلاثي	TSP
زنك	Zn
كبريتات الزنك	$ZnSO_4$

Published by:

International Plant nutrition Institute

3500 Parkway Lane, Suite 550

Norcross, GA 30092 USA

770-447-0335

www.ipni.net

isbN 978-0-9834988-3-4

© Copyright 2013 by international Plant Nutrition institute