جامعة العلوم و التكنولوجيا

المركز الوطني للبحوث الزراعية
و نقل التكنولوجيا

التسميد بالري

Fertigation

إعداد

د. وليد القواسمي د. منير الروسان م. سعيد الزريقي

مراجعة و تدقيق

د. جمال الرشيدات

شكر وتقدير

يأتي هذا الكتيب ضمن نشاطات مشروع

تنمية الصادرات البستانية ونقل التكنولوجيا / التسميد بالري

كإسهام متواضع بهدف نشر الوعي والمعرفة لدى المزارع والمرشد والمهتمين بتقنية

التسميد بالري

يتقدم فريق العمل بجزيل الشكر والإمتنان لمشروع

تنمية الصادرات البستانية ونقل التكنولوجيا

على الدعم المادي والمعنوي طيلة فترة عمل المشروع لنشر تقنية التسميد بالري، آملين أن

تعم الفائدة المرجوة من إعداد هذا الكتيب للمهتمين في القطاع الزراعي

كما ويشكر فريق العمل

إدارة جامعة العلوم والتكنولوجيا والمركز الوطني للبحوث الزراعية

على إدارتهما ورعايتهما الدؤوبة أثناء سير عمل المشروع

والشكر الموصول للمزارعين الذين شاركوا في تقديم الدعم عند تنفيذ هذه التقنية في

مزارعهم ولكل من ساهم في إنجاح هذا المشروع

مشروع نقل تكنولوجيا تقنية التسميد بالري لمزارعي محاصيل الخضار وأزهار القطف

2005

فريق العمل

د. منير الروسان / رئيس الفريق

جامعة العلوم والتكنولوجيا الأردنية

e-mail: mrusan@just.ed.jo

د. وليد القواسمي

المركز الوطني للبحوث الزراعية ونقل التكنولوجيا

e-mail:drwalid@mail.com

م. سعيد الزريقي

المركز الوطني للبحوث الزراعية ونقل التكنولوجيا

e-mail: zuraiqi2000@yahoo.com

د. جمال الرشيدات

المركز الوطني للبحوث الزراعية ونقل التكنولوجيا

e-mail: imoa44@hotmail.com

د. مصطفى الرواشدة

مشروع تنمية الصادرات البستانية ونقل التكنولوجيا

e-mail: drrawa@heptt.com.jo

مقدمة

تعرف طريقة التسميد بالري (FERTIGATION) بأنها عملية إضافة العناصر الغذائية بتراكيز معينة وثابتة مع مياه الري وفقًا للاحتياجات الفعلية للمحصول من مياه الري والعناصر الغذائية خلال مراحل النمو المختلفة. ويتم ذلك من خلال حقن السماد بواسطة الحاقنات السمادية المختلفة مباشرة في خطوط الري للوصول إلى مستوى رطوبة وتركيز ثابت للعناصر الغذائية في منطقة الجذور.

وتعتبر هذه الطريقة الأكثر انتشاراً في الزراعة المروية في العالم لما لها من ميزات إيجابية عديدة كالتوفير في استخدام الأسمدة الكيماوية ورفع كفاءة الري وبالتالي زيادة الإنتاج وتحسين نوعيته بالمقارنة مع طرق الري والتسميد التقليدية الأخرى وذلك من خلال زيادة جاهزية العناصر الغذائية للمحاصيل المختلفة.

كما وتمتاز هذه الطريقة بتقليل الفاقد من الأسمدة الكيماوية نتيجة الغسل والتحكم في تركيز العناصر الغذائية في محلول التربة بالإضافة إلى المرونة في توقيت استعمال الأسمدة حسب حاجة المحصول والتقليل من التلوث البيئي خاصة للمياه الجوفية لا سيما بالنترات من خلال الإدارة الجيدة لنظام الري.

في حال تطبيق هذه التقنية يجب الإنتباه لبعض العقبات المحتمل حدوثها أثناء التسميد بالري كالتفاوت في توزيع الأسمدة على المحاصيل الزراعية في حالة التصميم الخاطئ لنظام الري وعدم صيانة الحاقنات السمادية بشكل دوري ومنتظم واحتمالية تفاعلات الأكسدة والاختزال في الأجزاء المعدنية من شبكة الري مما قد يؤدي إلى تآكلها في حال عدم توفر الإدارة الجيدة للنظام.

المتطلبات الرئيسة لوضع برنامج التسميد بالري

1- معرفة احتياجات المحصول من العناصر الغذائية (كغم/دونم).

2- معرفة احتياجات المحصول من مياه الري (م3/دونم).

أولاً: تقدير احتياجات المحاصيل الزراعية من العناصر الغذائية

تتوقف احتياجات المحاصيل الزراعية من العناصر الغذائية على عوامل عدة أهمها:

1. المحصول والصنف ومراحل النمو.

2. الظروف البيئية السائدة (حرارة، إضاءة، رطوبة ... الخ).

3. نوع الزراعة مكشوفة أو محمية و كثافة النباتات في وحدة المساحة.

4. التربة وخصائصها الكيماوية والفيزيائية.

5. مياه الري وخصائصها الكيماوية والفيزيائية.

6. طريقة إضافة مياه الري للمحصول.

7. طريقة التسميد.

ولتقدير الاحتياجات السمادية من العناصر الغذائية للمحصول وتأمينها خلال مراحل النمو المختلفة سنعتمد طريقة الفرق (Difference Method) والتي تتلخص في تقدير الكمية الفعلية التي يحتاجها المحصول من العناصر الغذائية K_2O, P_2O_5, N وطرح الكمية التي يمكن تأمينها من المصادر المختلفة (التربة والسماد العضوي ومياه الري) حسب الإنتاج المتوقع.

1- تقدير كمية العناصر الغذائية التي يحتاجها المحصول:

كمية العناصر التي يحتاجها المحصول (كغم/دونم) = الإنتاج المتوقع (طن/دونم) × حاجة المحصول من كل عنصر (كغم) لإنتاج طن الواحد

من الجدول (1) يمكن تقدير احتياجات محصول البندورة في الزراعة المحمية من النيتروجين والتي تعادل 56 كغم / دونم ومن P_2O_5 =26 كغم / دونم ومن K_2O = 76 كغم / دونم وذلك لانتاج 20 طن.

ولتأمين كمية العناصر الغذائية المطلوبة من الأسمدة يجب الأخذ بعين الإعتبار المصادر المختلفة لتلك العناصر كما يلي:

كمية العناصر المطلوب تأمينها للمحصول (كغم /دونم) = الكمية التي يحتاجها المحصول من كل عنصر – الكمية التي تؤمنها (التربة + السماد العضوي + مياه الري) × كفاءة السماد حسب قوام التربة وطريقة الاضافة

2- تقدير كمية العناصر الغذائية التي يمكن تأمينها من التربة: ويتم تقديرها بعد معرفة:

أ- وزن التربة للعمق المطلوب (طن/دونم) = الكثافة الظاهرية (طن/م3) × العمق (بالمتر) × 1000 (م2)

الجدول رقم (2) يبين الكثافة الظاهرية لبعض الأتربة حسب التركيب الميكانيكي لها.

ب- نسبة العناصر الغذائية (القابلة للإفادة) من التربة.

ج- كمية العنصر المتوفرة في التربة (كغم/ دونم) = نسبة العنصر في التربة × وزن التربة × (1000/100)

جدول رقم (1): احتياجات محاصيل الخضار من العناصر الغذائية (N, P_2O_5, K_2O) بالكيلو غرام لانتاج طن واحد من الثمار في الزراعة المكشوفة والمحمية

المحصول / العناصر الغذائية	البندورة	الخيار	الفلفل	الباذنجان	الفاصولياء	البازيلاء	البطاطا	الكوسا	الملفوف والزهرة	اسبراجوس (هليون)	الخس	السباتخ	الفجل	البصل	الشمام
N	2.8	1.8	2.1	2.9	8.7	8.0	7.7	8.1	5.3	2.4	1.6	4.8	6.0	2.8	6.0
P_2O_5	1.3	1.3	1.1	0.7	2.7	2.3	2.1	2.1	1.2	1.5	0.8	1.8	3.0	1.2	1.25
K_2O	3.8	0.3	4.2	5.0	10.7	10.9	8.6	8.7	6.9	3.1	2.2	8.0	0.6	2.9	10.0
الإنتاج المتوقع (طن /دونم)															
زراعة محمية ري سطحي By-pass tank السمادة الهيدروليكية	1.5-2.5 3.5-4.5 15-10	1.5-2.5 4.5-2.5 10	1-1.5 1.5-3 4.0	1-1.5 1.5-3 4.0	1-1.5 1.5-2.5 3.0	1-1.5 1.5-2.5 3.0	1.5-2 2.0-2.5 5.5	1.5-2 2-2.5 4.0	2-3 3-5 6.0	0.4 0.4-0.5 0.7	2 2.5 3.0	1-1.5 1.5-2.5 3.0	0.5-1 1-1.5 2.0	2.5-3 3-4 5.0	1.5-2 2-2.5 3
زراعة محمية By-pass tank السمادة الهيدروليكية	20 25	22 30	5 8	4 7	3 4.0	3 4.5				0.7 0.9					4 5

جدول رقم (2): الكثافة الظاهرية لبعض الأتربة حسب التركيب الميكانيكي لها (Soil Texture)

نوع التربة	Bulk density $g/cm^3 = ton/m^3$
الرملية (الخفيفة)	1.7
طيني – طمي (المتوسطة)	1.4
الطينية (الثقيلة)	1.1

جدول رقم (3): معامل استفادة المحصول من كمية العناصر المتوفرة في التربة

K_2O	P_2O_5	N
0.25	0.12	0.05

د- معامل استفادة المحصول من كمية العناصر المتوفرة في التربة (جدول رقم 3)

كمية العنصر القابلة لإفادة المحصول (كغم/دونم) = كمية العنصر المتوفرة في التربة × معامل الاستفادة

مثال:

قدر كمية العناصر القابلة للإفادة من تربة طينية Clay علما أن نتائج التحليل حتى العمق 30 سم (0.30 م) أظهرت فيها نسبة العناصر الغذائية التالية:

$N = 0.018\ \%$

$P_2O_5 = 25\ ppm = 0.0025\ \%$

$K_2O = 400\ ppm = 0.040\ \%$

الحل:

(أ): وزن التربة (طن/دونم)

$= 1.1 \times 0.3 \times 1000$

$= 330$

(ب): كمية النيتروجين (كغم/دونم)

$= 100 / (0.018 \times 330 \times 1000)$

$= 59.4$

كمية P_2O_5 (كغم/دونم) $= 8.25$

وكمية K_2O (كغم/دونم) $= 132$

(ج): كمية النيتروجين القابلة لإفادة المحصول من التربة (كغم/دونم)

$= 0.05 \times 59.4$

$= 2.97$

كمية P_2O_5 (كغم/دونم) $= 0.99$

وكمية K_2O (كغم/دونم) $= 33$

3- كمية العناصر الغذائية التي يمكن تأمينها من السماد العضوي:

كمية العناصر الغذائية من السماد العضوي (كغم) = نسبة العنصر في السماد × كمية السماد المضافة/100

وللناحية العملية يمكن اعتماد بأن كل طن سماد عضوي مخمر مضاف للتربة يمكن أن يزود المحصول بـ 5 كغم من النيتروجين و2.5 كغم من P_2O_5 و5 كغم من K_2O

4- كمية العناصر الغذائية التي يمكن تأمينها من مياه الري:

كمية العناصر الغذائية من مياه الري (كغم) = تركيز العنصر في مياه الري (ملغم/ليتر) × كمية مياه الري (م3/دونم) / 1000

مثال:

قدر كمية النيتروجين و P_2O_5 و K_2O المضافة مع مياه الري لمحصول البندورة علما بان احتياجاته من مياه الري في الزراعة المكشوفة خلال الموسم حوالي 779 (م3/دونم) وأظهرت نتائج التحليل لمياه الري التراكيز التالية:

$N = 16.6$ ppm

$P_2O_5 = 2.1$ ppm

$K_2O = 12.5$ ppm

الحل:

كمية النيتروجين (كغم) = 16.6 (غم/م3) × 779 (م3/دونم) / 1000

$N = 13$ كغم

$P_2O_5 = 1.63$ كغم

$K_2O = 9.73$ كغم

5- كمية العناصر المطلوب تأمينها للمحصول (كغم/دونم) = إحتياجات المحصول من العنصر - (كمية العنصر من التربة + مياه الري + السماد العضوي)

من الأمثلة السابقة نجد أن كمية العناصر المطلوب تأمينها لمحصول البندورة في الزراعة المحمية المزروع في تربة ثقيلة (طينية) حيث قدرت كمية السماد العضوي التي ستضاف بمقدار واحد طن واللازمة لإنتاج 20 طن/دونم وبتطبيق المعادلة من الفقرة 5:

كمية النيتروجين (كغم /دونم) =

$35.03 = (2.97+5+13) - 56$

كمية P_2O_5 (كغم/دونم) = 20.88

وكمية K_2O (كغم/دونم) = 28.3

في حال إضافة الكميات السابقة بواسطة الحاقنة السمادية الهيدروليكية فيجب رفع الكمية لتتناسب مع طريقة الإضافة وقوام التربة، وبالرجوع إلى الجدول رقم (4) تعدل كمية النيتروجين حسب معامل الإستفادة كما يلي: $35.03 \times 1.1 = 38.5$ (كغم/دونم)

كمية P_2O_5 (كغم/دونم) = 33.4

وكمية K_2O (كغم/دونم) = 33.96

جدول(4): معامل الإستفادة للعناصر الغذائية من الأسمدة الكيماوية حسب نوع التربة وطريقة الاضافة

طريقة إضافة السماد	نوع التربة	N	P_2O_5	K_2O
مع مياه الري في السمادة العادية By-pass tank	الرملية (الخفيفة)	2.0	2.8	2.2
	طمي-طيني (المتوسطة)	1.8	2.6	2.0
	الطينية (الثقيلة)	1.6	2.4	1.8
مع مياه الري الحاقنة السمادية الهيدروليكية	الرملية (الخفيفة)	1.3	1.9	1.4
	طمي-طيني (المتوسطة)	1.2	1.7	1.3
	الطينية (الثقيلة)	1.1	1.6	1.2

ثانياً: تقدير الأحتياجات المائية

لنجاح برنامج التسميد بالري وزيادة كفاءة السماد والماء لابد من أن تتوافق هذه العملية مع الإحتياجات السمادية والمائية الفعلية للمحصول. هناك عدة طرق لتقدير أو قياس الاستهلاك المائي للمحاصيل وسنتطرق هنا لإحدى هذه الطرق التي يمكن استخدامها بسهولة وهي:

حوض التبخر

تعتمد هذه الطريقة على الظروف الجوية المؤثرة في تبخر الماء من سطح حر حيث يمكن حساب التبخر نتح المرجعي. تقاس كمية المياه المفقودة (كمية التبخر ET) كعمق من حوض خاص مملوء بالماء. ويمكن حساب التبخر نتح المرجعي ETp وفق المعادلة التالية:

$$ETp = ET \times Kp$$

من الجدول رقم (5) نستخرج قيمة Kp والقيم المدخلة في هذا الجدول وهما شدة الرياح ومعدل الرطوبة النسبية للهواء، كما يؤخذ بعين الاعتبار المنطقة المحيطة بالحوض فيما اذا كانت مزروعة أو جرداء خالية من النباتات، حيث تختلف قيم Kp عند قياس التبخر من أرض جرداء أو من منطقة نباتية صغيرة أو كبيرة.

وبمعرفة معامل المحصول Kc نستطيع حساب الاستهلاك المائي للمحصول ETcrop

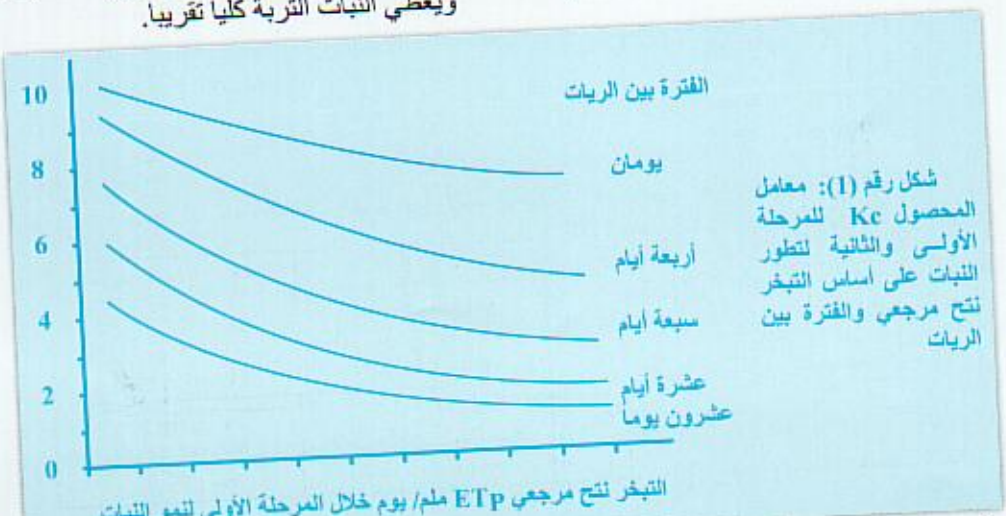
$$ETcrop = ET \times Kp \times Kc$$

ولكل مرحلة من مراحل نمو المحصول الأربعة التالية قيمة مختلفة لمعامل المحصول Kc وهذه المراحل هي:

1. مرحلة البداية (Initial Stage): وهي مرحلة الإنبات وظهور البادرات حتى يغطي 10% من التربة.

2. مرحلة التطور (Development Stage): يزداد النبات نموا خضريا وتزيد نسبة الأرض المغطاه.

3. مرحلة تكوين الثمار (Mid-season Stage): و تبدأ من أواسط النمو الخضري تقريبا ومرحلة التزهير وتكوين الثمار ويغطي النبات التربة كليا تقريبا.



شكل رقم (1): معامل المحصول Kc للمرحلة الأولى والثانية لتطور النبات على أساس التبخر نتح مرجعي والفترة بين الريات

جدول رقم (5): معامل حوض التبخر Kp لحساب الاستهلاك المائي المرجعي ET حسب معادلة حوض التبخر

حوض التبخر	الحوض موضوع في مكان مزروع بالنباتات				الحوض موضوع في مكان خالي من النباتات			
الرطوبة النسبية %	< 40		40-70	70 <	< 40		40-70	70 <
الرياح كم/يوم	امتداد منطقة النباتات حول الحوض(م)				امتداد منطقة النباتات حول الحوض(م)			
خفيفة أقل من 175	1	0.55	0.65	0.75	1	0.7	0.8	0.85
	10	0.65	0.75	0.85	10	0.6	0.7	0.8
	100	0.7	0.8.	0.85	100	0.55	0.65	0.75
	1000	0.75	0.85	0.85	1000	0.5	0.6	0.7
متوسطة 175-425	1	0.5	0.6	0.65	1	0.65	0.75	0.8
	10	0.6	0.7	0.75	10	0.55	0.65	0.75
	100	0.65	0.75	0.8	100	0.5	0.6	0.65
	1000	0.7	0.8	0.8	1000	0.45	0.75	0.6
قوية 425-700	1	0.45	0.5	0.6	1	0.6	0.65	0.7
	10	0.55	0.6	0.65	10	0.5	0.55	0.65
	100	0.6	0.65	0.7	100	0.45	0.5	0.6
	1000	0.65	0.7	0.75	1000	0.4	0.45	0.55
قوية جدا أكثر من 700	1	0.4	0.45	0.5	1	0.5	0.6	0.65
	10	0.45	0.55	0.6	10	0.45	0.5	0.6
	100	0.5	0.6	0.65	100	0.4	0.45	0.5
	1000	0.55	0.6	0.6	1000	0.35	0.4	0.45

(FAO, 1997)

4. مرحلة النضج (Maturity stage): وتبدأ من أواخر مرحلة تكوين الثمار وحتى النضج التام والحصاد واصفرار وسقوط الأوراق.

يتأثر معامل المحصول في المرحلة الأولى والثانية من نمو المحصول بالفترة بين الريات والتبخر نتح مرجعي ويمكن إيجاده من الشكل رقم (1) للمرحلتين الأولى والثانية. وللحصول على معامل المحصول عند كل رية فيمكن استعمال منحنى معامل المحصول بعد رسمه واسقاط اليوم من عمر النبات الذي ستروي فيه.

مثال:

محصول بندورة مزروع في منطقة المفرق في منتصف شهر اذار، سرعة الرياح خفيفة والرطوبة النسبية حوالي 20%، تروى

جدول رقم (6): معامل المحصول Kc لأهم المحاصيل التي تزرع في الأردن للمرحلتين الثالثة والرابعة

المحصول	الرطوبة النسبية 70% <			الرطوبة النسبية 20% >	
	سرعة الرياح (م/ثانية) 0 - 5	5 - 8	8 - 5	5 - 0	8 - 5
	مرحلة نمو المحصول				
بندورة	3	1.05	1.1	1.2	1.25
	4	0.6	0.6	0.65	0.65
بطاطا	3	1.05	1.1	1.15	1.2
	4	0.7	0.7	0.75	0.75
فلفل	3	0.95	1	1.05	1.1
	4	0.8	0.85	0.85	0.9
كوسا	3	0.9	0.9	0.95	1
	4	0.7	0.7	0.75	0.8
بصل	3	0.95	0.95	1.05	1.1
	4	0.75	0.75	0.8	0.85
خس	3	0.95	0.95	1.0	1.05
	4	0.9	0.9	0.9	1
باذنجان	3	0.95	1	1.05	1.1
	4	0.8	0.85	0.85	0.9
خيار	3	0.9	0.9	0.95	1
	4	0.7	0.7	0.75	0.8
فاصولياء	3	0.95	0.95	1	1.05
	4	0.85	0.85	0.9	0.9
بازيلاء	3	1.05	1.1	1.15	1.2
	4	1	1	1.05	1.1
زهرة ملفوف بروكلي	3	0.95	1	1.05	1.1
	4	0.85	0.85	0.9	0.95

(FAO, 1977)

جدول رقم (7): طول موسم النمو ومراحل النمو لأهم المحاصيل

المحصول	طول موسم النمو (يوم)	المرحلة الأولى	المرحلة الثانية	المرحلة الثالثة	المرحلة الرابعة
بندورة	135	30	40	40	25
	180	35	45	70	30
	145	30	40	45	30
بطاطا	105	25	30	30	20
	130	25	30	45	30
فلفل	125	30	35	40	20
	210	30	40	110	30
كوسا	95	20	30	30	15
	110	20	35	30	25
بصل	150	15	25	70	40
	210	20	35	110	45
خس	75	20	30	15	10
	100	25	35	30	10
باذنجان	140	30	45	40	25
خيار	105	20	30	40	15
	130	25	35	50	20
فاصولياء	90	20	30	30	10
بازيلاء	100	25	30	30	15
زهرة ملفوف بروكلي	80	20	30	20	10
	95	25	35	25	10

النباتات مرة كل أربعة أيام، ومعدل التبخر اليومي 3 ملم/يوم. حوض التبخر موضوع في منطقة مزروعة بطول 100 م.

1. أوجد معامل المحصول في المرحلة الأولى.

2. أرسم منحنى معامل المحصول Kc.

3. إحسب كمية مياه الري التي تضاف في كل رية في المرحلة الأولى لنمو النبات مع العلم أن كفاءة نظام الري 90%.

4. أحسب كمية مياه الري اللازم اضافتها في الرية الواحدة عندما يكون عمر النبات 50 يوما مع العلم أن معدل التبخر 3.5 ملم والفترة بين الريات 3 أيام، الرطوبة النسبية 20% وسرعة الرياح 4 م/ث.

الحل:

1. من جدول رقم (5) الحوض موضوع في منطقة مزروعة، سرعة الرياح خفيفة، والمنطقة الخضراء حول الحوض 100م والرطوبة النسبية 20% فيكون Kp (معامل الحوض) للمرحلة الأولى = 0.7

التبخر = التبخر اليومي × الفترة بين الريات

= 3 × 4 = 12 ملم

التبخر نتح المرجعي (ETp)

= التبخر (ET) × معامل الحوض (Kp)

= 12 × 0.7 = 8.4 ملم

لإيجاد معامل المحصول للمرحلة الأولى:

من الشكل رقم (1) فان التبخر نتح يساوي 8.4 ملم والفترة بين الريات 4 أيام

فيكون Kc معامل المحصول = 0.75

2. من الجدول رقم (7): طول موسم النمو 145 يوما موزعة على فترات النمو الأربعة كالتالي: 30، 40، 45 و 30 يوم

معامل المحصول للمرحلة الثالثة:

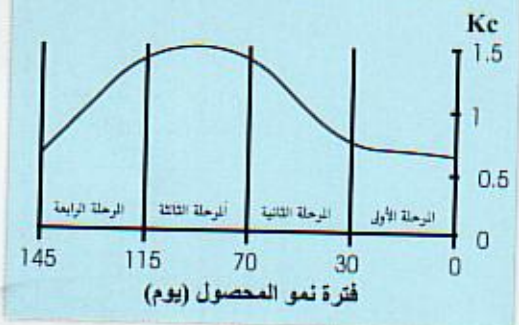
بالرجوع الى الجدول رقم (6) (الرطوبة النسبية 20% وسرعة الرياح ثلاثة م/ث) = 1.2

معامل المحصول للمرحلة الرابعة:

بالرجوع الى الجدول رقم (6) (الرطوبة النسبية 20% وسرعة الرياح ثلاثة م/ث) = 0.65

فيكون منحنى معامل محصول البندورة حسب معطيات المثال كما هو في الشكل رقم (2).

شكل رقم (2): منحنى معامل المحصول للمثال



3. كمية مياه الري في الرية الواحدة في المرحلة الأولى لنمو المحصول =

$$ETcrop = ET \times Kp \times Kc$$

= 12 × 0.7 × 0.75 = 6.3 ملم

كمية مياه الري في الرية الواحدة في المرحلة الأولى لنمو المحصول

= 6.3 / 0.9 = 7 ملم

4. كمية مياه الري في الرية الواحدة عند عمر 50 يوما ومعدل التبخر 3.5 ملم/يوم والفترة بين الريات 3 أيام، الرطوبة النسبية 20% وسرعة الرياح 4 م /ث.

من جدول رقم (5) عندما تكون الرطوبة النسبية 20% وسرعة الرياح 4 م/ ث (متوسطة) والحوض في منطقة مزروعة بطول 100 م فإن قيمة معامل الحوض تكون:

Kp = 0.65

ومن الشكل (2) نجد قيمة معامل المحصول Kc عند اليوم 50 = 1، كمية التبخر في 3 أيام = 3 × 3.5 = 10.5 ملم ، الاستهلاك المائي للمحصول في 3 أيام في المرحلة الثانية لنمو المحصول =

$$ET\ crop = ET \times Kp \times Kc$$

= 10.5 × 0.65 × 1 = 6.8 ملم

كمية مياه الري في الرية الواحدة عند عمر 50 يوما = 6.8 / 0.9 = 7.6 ملم

بعد أن تم تقدير كمية العناصر الغذائية ومياه الري المطلوبة للمحصول خلال موسم النمو، يمكننا تقدير تراكيز العناصر الغذائية الواجب إضافتها من خلال الحاقنات السمادية وذلك بتطبيق المعادلة التالية: التركيز المطلوب (ملغم/لتر) = [إحتياجات المحصول من العنصر (كغم) × 1000] / إحتياجات المحصول من مياه الري (م3)

مثال:

وجدنا أن إحتياجات محصول البندورة من العناصر الغذائية في المثال المذكور سابقاً (صفحة رقم 6) كانت كما يلي:

كمية N (كغم/دونم) = 38.5

كمية P_2O_5 (كغم/دونم) = 33.4

وكمية K_2O (كغم/دونم) = 33.9

وبالرجوع إلى جدول رقم (8) نجد أن إحتياجات محصول البندورة من مياه الري تقدر بحوالي 779 م3. وبناءاً على المعطيات المذكورة فالتركيز المطلوب من عنصر

جدول رقم (8): معدل استهلاك المحاصيل الصيفية والشتوية من مياه الري في الدونم الواحد

المحصول	معدل الاستهلاك المائي م3/ دونم		
	زراعة مكشوفة		زراعة محمية
	محصول صيفي	محصول شتوي	
بندورة	779	254	350
باذنجان	523	270.5	280
كوسا	578.5	265	-
خيار	578.5	288.5	300
فلفل	821	270.5	320
فاصولياء	498	204	250
زهرة	587	333	-
ملفوف	587	-	-
بصل	625	275	-
بطاطا	743	327	-
خس	580	423	-
بطيخ	779	-	-
شمام	523	-	300 (صنف هالي)

(Zraiqi et. al., Fertigation in Jordan, 2004)

النيتروجين = (38.5 × 1000) / 779

= 49.4 ملغم/لتر

وبنفس الطريقة يتم حساب تركيز الفسفور والبوتاسيوم.

صفات وكمية الأسمدة الكيماوية المضافة مع مياه الري لتأمين العناصر الغذائية المطلوبة

تحدد كمية الأسمدة من خلال:

1- كمية العناصر الغذائية المطلوبة خلال الموسم أو لكل مرحلة.

2- معامل استفادة العناصر الغذائية من الأسمدة حسب نوع التربة.

3- نسبة العنصر الغذائي في الأسمدة المستخدمة ودرجة ذوبانها.

4- الصفات الكيماوية والفيزيائية لمياه الري.

5- كمية مياه الري خلال الموسم أو لكل مرحلة.

صفات الأسمدة المطلوب إستخدامها:

1. سائلة أو صلبة قابلة الذوبان في الماء.
2. ليس لها القابلية على التفاعل مع مكونات شبكة الري.
3. غير خطرة وسهل التعامل معها.
4. عدم التفاعل مع المواد الكيماوية الذائبة في مياه الري.
5. تؤمن العناصر الغذائية المطلوبة (أنظر جدول رقم 9).
6. قابلة للخلط مع بعضها.

جدول رقم (9): التركيب الكيماوي لأهم الأسمدة المتداولة ودرجة ذوبانها

السماد	% N	% P_2O_5	% K_2O	% عناصر أخرى	الذائبية على درجة 0 م (غم/لتر)	الذائبية على درجة 24 م (غم/لتر)	pH
سلفات الأمونيوم	21	-	-	SO_3 (59.2)	700	760	A
يوريا فوسفيت	18	46	-	-	1000	1100	A
اليوريا	46	-	-	-	670	1190	B
نترات الكالسيوم	33.5	-	-	CaO (27)	1000	2600	B
حمض النتريك	12.6	-	-	-	سائل	سائل	A
موتو أمونيوم فوسفات (MAP)	12	60	-	-	-	400	A
حمض الفوسفوريك	-	52	-	-		سائل	A
موتو بوتاسيوم فوسفيت	0	51	-	-		240	B
داي أمونيوم فوسفيت (DAP)	18	46	34	-	265	600	A
سوبر فوسفات الثلاثي	-	46		Ca (13)	74	20	B
كلوريد البوتاسيوم	-	-	60			340	N
سلفات البوتاسيوم	-	-	50	SO_3 (45.6)	74	125	B
نترات البوتاسيوم	13	-	46		130	335	B

A=Acidic (will lower pH) B=Basic (will raise pH) N=Neutral (no effect) (IFA,1999)

طرق وأدوات حقن السماد مع الري

يتم حقن السماد في خط المياه الرئيسي بطريقتين:

1- الحقن بواسطة فرق الضغط:

تعتبر هذه الطريقة رخيصة التكاليف كونها لا تحتاج إلى محروقات. وهناك ثلاثة أنواع للحاقنات السمادية في مياه الري والتي تعتمد بصورة أساسية على فرق الضغط وهي:

أ-السمادة العادية: وهي واسعة الانتشار في الزراعة المروية في الأردن، وهي عبارة عن وعاء معدني محكم الإغلاق له فتحتين الأولى لدخول مياه الري والأخرى لخروج مياه الري مع السماد. و يقوم مبدأ هذه الطريقة على إحداث فرق في الضغط في خط الري الرئيسي بواسطة محبس، الأمر الذي يؤدي إلى دفع مياه الري بقوة داخل السمادة، مما يؤدي إلى إذابة السماد ومن ثم تخرج المياه حامله الأسمدة الذائبة إلى الخط الرئيسي. ومن ميزاتها انها بسيطة ولا تحتوي على قطع معقدة، وتتلخص سلبياتها بعدم ثبات تراكيز الأسمدة في مياه الري.

ب- الفنشوري: جهاز الفنشوري عبارة عن ماسورة معدنية او من البلاستيك المقوى يكون قطرها للمياه الداخلة أكبر من قطرها للمياه الخارجة. يتم تركيب الفنشوري على خط موازي للخط الرئيسي مما يعمل على سحب المحلول من خزان مذاب فيه السماد نتيجة احداث فرق في الضغط (يصل إلى حوالي 33% من ضغط التشغيل) بواسطة محبس. ومن ميزاتها انها رخيصة الثمن وثبات تراكيز السماد خلال فترة الري وكذلك انخفاض التكلفة وبساطة التركيب، إلا أنه لايمكن الاعتماد عليها لتسميد المساحات الكبيرة نظراً لحاجتها لضغط مياه عالي والذي في حال عدم توفره يؤدي إلى عدم عملها.

ج- الحاقنة الهيدروليكية: تعمل الحاقنة بفعل ضغط مياه الري. يمكن أن تركب مباشرة على خط الري الرئيسي او على خط جانبي، بحيث تقوم على شفط محلول السماد ومن ثم حقنه في خط الري. وهناك عدة أحجام حسب درجة التصريف وهي 20 و40 و80 م3/ساعة. ويتم اختيار الحاقنة المناسبة حسب المساحة المراد تسميدها. وأهم الأنواع هي: Dostron, Amiat, TMB. ومن ميزات الحاقنات الهيدروليكية سهولة التحكم في تركيز السماد بدقة في مياه الري خلال فترة التسميد. أما أهم سلبياتها فهو ارتفاع أسعارها والحاجة الى مهارة وتدريب على الاستعمال.

2- الحقن بواسطة الطاقة (الكهربائية، البنزين، الديزل، ضغط الماء):

الحقن بواسطة المضخة: تعتبر هذه الطريقة من أكثر الطرق شيوعا في حقن الأسمدة في مياه الري، والتي إما أن تعمل بالكهرباء أو هيدروليكياً لضغط مياه الري. وتعمل كلا المضختين على شفط محلول السماد الموجود في الخزان وحقنه في خط الري. وتمتاز هذه الطريقة بالقدرة على التحكم في الوقت وكمية السماد المضافة وبالتالي التوفير بالأيدي العاملة وتسميد مساحات واسعة.

مثال:

بعد تحليل التربة والمياه وحساب كمية العناصر الغذائية ومياه الري المطلوبة لمحصول البندورة في أحد المزارع، تبين أن التركيز المطلوب من العناصر الغذائية الرئيسية خلال موسم النمو كان كما يلي:

نيتروجين = 48.8 ملغم/ليتر

بوتاس على شكل K_2O (ملغم/ليتر) = 120

فوسفور على شكل P_2O_5 (ملغم/ليتر) = 69

ولتأمين التراكيز السابقة في مياه الري يجب اختيار الأسمدة المناسبة والتي تحدد كميتها وفق المعادلة التالية:

و = (ت × ح × م × 100) / ن

حيث أن:

(و) وزن السماد المراد إضافته في خزان السماد (غم)

(ت) التركيز المطلوب من العنصر الغذائي في مياه الري (غم/ م^3)

(ح) حجم خزان محلول السماد(متر مكعب)

(ن) نسبة العنصر الغذائي في السماد المراد إضافته

(م) معامل التخفيف، ويتم حسابة كما يلي:

[معدل تصريف الخط الرئيسي (م^3/ساعة)]/ [معدل تصريف المحلول السمادي من الخزان(م^3/ساعة)]

ويتم تقدير هذا المعامل في الحقل مباشرة.

يحدد حجم الخزان المطلوب لإذابة السماد وفق المعادلة التالية:

حجم محلول السماد(ليتر) = كمية مياه الري (ليتر)/معامل التخفيف

وبفرض أنه يراد استخدام الأسمدة التالية لتأمين التراكيز المطلوبة: سلفات الامونيوم وفيه تركيز N يعادل 21%

سلفات البوتاسيوم وفيه تركيز K_2O يعادل 50%، حامض الفوسفوريك وفيه 40 % H_3PO_4، الكثافة = 1.7 غم/سم3

حساب تركيز P_2O_5 في الحامض

من خلال معرفة كثافة الحامض والتي تعادل 1.7 غم/سم3، نعرف أن كل 100 سم3 من الحمض تعادل 170 غم من H_3PO_4

وبما أن تركيز H_3PO_4 في الحامض يعادل 40% هذا يعني أن كل 100 سم3 من الحامض فيه 40 سم3 H_3PO_4 وبالتالي 170 غم فيها
$170 \times 40/100 = 68$ غم H_3PO_4

وحيث أن واحد غرام من H_3PO_4 يحوي 0.32 غم من (P) فان هذا يعني أن 68 غم فيها 21.8 غم (P) في 100سم3. ولتحويل (P) إلى P_2O_5 أضرب بالرقم 2.29

وبالتالي كل لتر من حامض الفوسفوريك يحوي $2.29 \times 218 = 500$ غم من P_2O_5، نسبة (P_2O_5) في الحمض = (500×100)/1000 = 50 %

- قبل حساب كمية السماد الواجب تذويبها في خزان السماد والذي سعته متر مكعب واحد، يتم حساب معامل التخفيف وذلك بفرض:

- معدل التصريف للخط الرئيسي يعادل 10000 لتر/ساعة

- معدل التصريف من خزان التسميد 100 لتر/ساعة. وعليه يكون معامل التخفيف:

$DF = 100$

حساب كمية الأسمدة المطلوبة:

أولاً: كمية سماد سلفات الامونيوم

$= 21/[100 \times 1 \times 100 \times 48.8]$

$= 23238$ غم $= 23.238$ كغم

ثانياً: كمية سلفات البوتاسيوم

$= 50/[100 \times 1 \times 100 \times 120]$

$= 24000$ غم $= 24.0$ كغم

ثالثاً: كمية حمض الفوسفوريك

$= 50/[100 \times 1 \times 100 \times 68]$

$= 13600$ سم3 $= 13.600$ لتر

تذاب الكميات السابقة في خزان سعته 1 م3.

وبنفس الطريقة السابقة يمكن حساب التراكيز المطلوبة خلال مراحل النمو بعد معرفة كمية العناصر المطلوبة ومياه الري في كل مرحلة.

ولكي نضمن التوزيع المنتظم والمتجانس للعناصر الغذائية في كافة النقاطات يجب التأكد من الخلط الجيد للسماد في برميل المحلول السمادي قبل عملية الحقن.

توصيات هامة في تقنية التسميد بالري عند اعتماد الحاقنات السمادية

يجب التأكد من ما يلي:

- وضع المصفيات وشبكة الري والنقاطات والمحابس والفلاتر.

- إختيار الحاقنة السمادية المناسبة للمزرعة (القدرة التصريفية للحاقنة) حسب المساحة.

- وضع الحاقنة في المكان المناسب في المزرعة وعدم وضعها فوق خزان يحوي مواد حامضية.

- تركيب الحاقنة السمادية (مدخل ومخرج مياه الري) بالطريقة الصحيحة حسب اتجاه السهم (الموجود على الحاقنة).

- وضع هواية على الخط الرئيس لمياه الري قبل موقع الحاقنة (للتخلص من الهواء الزائد).

- وضع ساعة ضغط على خط دخول المياه للحاقنة (لتجنب الضرر للحاقنة).

- إختيار محابس مرنة الحركة لتتحكم في دخول وخروج المياه من الحاقنة بسهولة.

- وضع أنبوب شفط (Suction tube) الحاقنة في الخزان بصورة سليمة.

- عدم استعمال أية أداة حادة لفتح الحاقنة الهيدروليكية واستعمال اليدين فقط.

- عمل الحاقنة السمادية وتنظيفها عند الضرورة ومن وقت لأخر واجراء صيانة سنوية لها.

- إجراء الحسابات المتعلقة بالتراكيز اللازمة من العناصر وكميات الأسمدة في المكتب بعد معرفة معامل التخفيف.

- مدة الري اللازمة ومن عمل الحاقنة السمادية طوال فترة الري.

- التوقف عن حقن السماد بضعة دقائق في نهاية مدة الري والإستعاضة عنه بمياه نظيفة حتى تنظف الأسمدة المتراكمة بداخل الحاقنة.

- إستعمال مياه ساخنة للحقن في بداية الموسم التالي من أجل تنظيف الحاقنة من المواد الراسبة والعالقة.

توصيات هامة في تقنية التسميد بالري عند تحضير المحلول السمادي

1. التعامل مع الكيماويات الخطرة بحذر شديد (وضع القفازات والكمامات) عند إضافة الأحماض .

2. إختيار الأسمدة المناسبة والذائبة.

3. يملأ الخزان إلى منتصفه بالمياه وتضاف الأسمدة السائلة أولا ومن ثم الأسمدة الصلبة وبعدها يملأ الخزان إلى الحجم المطلوب.

4. التأكد من الصفات الكيماوية لمياه الخلط، فالمياه عالية التركيز في الكالسيوم والمغنيزيوم ستكون مواد غير ذائبة مع الكبريت والفوسفور.

5. قد تحتاج بعض الأسمدة الصلبة مثل سلفات البوتاسيوم الى مياه ساخنة لإذابته حيث يضاف السماد بالتدريج مع التحريك المستمر.

6. تذكر دائما إضافة الأحماض في المياه وليس العكس.

7. **التأكد من عدم خلط ما يلي:**

- الأسمدة الحامضية مع الكلورين لأن ذلك سيشكل غازاً سماً .

- الأمونيا السائلة مع الأحماض.

- الأسمدة المركزة مع بعضها البعض.

- الأسمدة الحاوية على الكبريت مع الأسمدة الحاوية على الكالسيوم.

- الأسمدة الفوسفورية مع الأسمدة الحاوية على الكالسيوم.

ملحق جدول رقم (1): إحتياجات محاصيل الخضار من العناصر الغذائية بالكيلو غرام حسب الإنتاج المتوقع في الزراعة المكشوفة

المحصول	العناصر الغذائية	الإنتاج المتوقع طـن / دونـم									
		0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5
البطاطا	N	3.9	7.7	11.6	15.4	19.3	23.1	27.0	30.8	34.7	38.5	42.4
	P_2O_5	1.1	2.1	1.6	4.3	5.4	6.4	7.5	8.6	9.6	10.7	11.8
	K_2O	4.3	8.6	12.9	17.2	21.5	25.8	30.1	34.4	38.7	43.0	47.3
الكوسا	N	4.1	8.1	12.2	16.2	20.3	24.3	28.4	-	-	-	-
	P_2O_5	1.1	2.1	1.6	4.3	5.4	6.4	7.5	-	-	-	-
	K_2O	4.4	8.7	13.1	17.4	21.8	26.1	30.5	-	-	-	-
الملفوف والزهرة	N	2.7	5.3	8.0	10.6	13.3	15.9	18.6	21.2	23.9	-	-
	P_2O_5	0.6	1.2	0.9	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	-	-
	K_2O	3.5	6.9	10.4	13.8	17.3	20.7	24.2	27.6	31.1	-	-
الفجل	N	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0	18.0	21.0	-	-	-	-
	P_2O_5	1.5	3.0	2.3	6.0	7.5	9.0	10.5	-	-	-	-
	K_2O	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0	18.0	21.0	-	-	-	-
اسبرجوس (هليون)	N	1.2	2.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	P_2O_5	0.8	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	K_2O	1.6	3.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
السبانخ	N	2.4	4.8	7.2	9.6	12.0	-	-	-	-	-	-
	P_2O_5	0.9	1.8	1.4	3.6	4.5	-	-	-	-	-	-
	K_2O	4.0	8.0	12.0	16.0	20.0	-	-	-	-	-	-
الخس	N	0.8	1.6	2.4	3.2	4.0	4.8	-	-	-	-	-
	P_2O_5	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	-	-	-	-	-
	K_2O	1.1	2.2	3.3	4.4	5.5	6.6	-	-	-	-	-

IFA, 1999, Kmmer. G., Hobt. H., 1986

التصميم بالتي

ملحق جدول رقم (2): التراكيز الموصى بها (غم/م³) لبعض محاصيل الخضار وأزهار القطف بطريقة التسميد بالري

المحصول	N	P	K
* الخضراوات			
الخيار	150-200	30-50	150-200
الباذنجان	130-170	50-60	150-200
الفلفل الحلو	130-170	30-50	150-200
البندورة	150-180	30-50	200-250
البطاطا	130-150	30-50	120-180
الفاصولياء	80-120	30-50	150-200
الخس	100	30-50	150
** أزهار القطف			
الجبسوفيل	60-150	25-50	80-200
القرنفل	90-200	35-70	80-200
الجربيرا	80-200	40-60	80-200
الورد الجوري	120-150	40-60	120-250

* *Papadopoulos, 1994*

** *Haifa Chemicals Company, 2000*

ملحق جدول رقم (3): صفات مياه الري المطلوبة بطريقة التسميد بالري

الصفات	مقبولة	مقبولة بحذر	غير مقبولة
الصفات الفيزيائية			
مواد معلقة (ملغم/لتر)	50 >	50-100	100 <
الصفات لكيماوية			
pH	7 >	7-8	8 <
EC dS/m	0.7 >	0.7-3	3 <
SAR	3 >	3 <	
مواد غير ذائبة (ملغم/لتر)	500 >	500-2000	2000 <
منغنيز (ملغم/لتر)	1.0 >	1.0-1.5	1.5 <
حديد (ملغم/لتر)	0.1 >	0.1-1.5	1.5 <
بورون (ملغم/لتر)	0.7 >	0.7-3.0	3 <
كلور (مليمكافئ/لتر)	1 >	1-3	3 <
الصوديوم (مليمكافئ/لتر)	1 >	1-3	3 <
HCO_3 (مليمكافئ/لتر)	1.5 >	1.5-8.5	8.5 <
سلفات الهيدروجين (ملغم/لتر)	0.5 >	0.5-2.0	2.0 <

Ayers & Westcot.1985

ملحق جدول رقم (4): بعض الأرقام الضرورية لحسابات التسميد

التحويلات		
$P \rightarrow P_2O_5$	$P \times 2.29$	$= P_2O_5$
$P_2O_5 \rightarrow P$	$P_2O_5 \times 0.437$	$= P$
$K \rightarrow K_2O$	$K \times 1.2$	$= K_2O$
$K_2O \rightarrow K$	$K_2O \times 0.83$	$= K$
$NO_3 \rightarrow N$	$NO_3 \times 4.43$	$= N$
$N \rightarrow NO_3$	$N \times 0.22$	$= NO_3$
$NH_4 \rightarrow N$	$NH_4 \times 1.28$	$= N$
$CaO \rightarrow Ca$	$CaO \times 1.39$	$= Ca$
$MgO \rightarrow Mg$	$Mg \times 1.65$	$= Mg$
ppm = (1 mg/Kg)	= (1 mg/Liter) = (1 g/m³)	= 10000 ppm = 1 %
1 Hactar	= 2.47 Acres = 2.5 Feddan	= 10 dunm
1 Acre = 1 Faddan = 4.2 dunm		

ملحق جدول رقم (5): مدى قابلية الأسمدة المختلفة للخلط مع بعضها البعض عند تطبيق تقنية التسميد بالري

السماد	Urea	AS	CN	MAP	MKP	NK	KS	KCL	MgS	PA
يوريا (Urea)		C	C	C	C	C	C	C	C	C
سلفات الأمونيوم (AS)	C		X	C	C	C	L	L	C	C
نترات الكالسيوم (CN)	C	X		X	X	C	X	X	X	X
مونو أمونيوم فوسفيت (MAP)	C	C	X		C	C	C	L	L	C
مونو بوتاسيوم فوسفيت (MKP)	C	C	X	C		C	C	L	L	C
نترات البوتاسيوم (NK)	C	L	C	C	C		C	C	C	C
سلفات البوتاسيوم (KS)	C	C	C	C	C	C		C	C	C
كلوريد البوتاسيوم (KCL)	X	L	X	L	L	C	C		L	C
سلفات المغنيزيوم (MgS)	C	C	X	C	C	C	L	L		C
حامض الفوسفوريك (PA)	C	C	X	C	C	C	C	L	C	

C = قابلة للخلط L = قابلة للخلط بحذر X = غير قابلة للخلط

(IEA, 1999)