الفصل السابع

تسميد الخضر الجذرية والدرنية

(البطاطس – البطاطا – القلقاس – الجزر – اللفت – البنجر)

البطاطس

تعتبر البطاطس من محاصيل الخضر التى تسمد تسميدًا غزيرًا؛ لأنها تستجيب للتسميد، وتعطى عائدًا اقتصاديًّا مجزيًا، ولأنها من المحاصيل المجهدة للتربة. وتتطلب الأصناف المتأخرة كميات من الأسمدة أكبر من تلك التى تُعطاها الأصناف المبكرة؛ نظرًا لزيادة فترة نموها وزيادة محصولها.

العناصر الضرورية للنبات وأهميتها

النيتروجين

يعتبر التسميد الآزوتى المعتدل ضروريًّا للحصول على أفضل نموٍّ وأعلى محصول. وتزداد الحاجة إلى التسميد الآزوتى المبكر فى الأصناف المبكرة عنه فى الأصناف المتأخرة لتشجيع النمو الخضرى فى الأصناف المبكرة قبل أن تبدأ فى تكوين الدرنات.

ويؤدى نقص النيتروجين إلى ضعف النمو الخضرى، وبهتان لون الأوراق، كما تصبح الأوراق متصلبة وتتجه إلى أعلى، وتنضج النباتات مبكرًا، ويكون محصولها منخفضًا.

وقد وجد Westermann وآخرون (١٩٩٤) أن محتوى النترات فى أعناق الأوراق يرتبط إيجابيًا بالمحصول، وسلبيًّا بالكثافة النوعية للدرنات.

هذا .. بينما يؤدى الإفراط فى التسميد الآزوتى إلى ما يلى:

١- تأخير النضج.

٢- زيادة حساسية الدرنات للتسلخ وللأضرار الميكانيكية عند الحصاد.

٣- زيادة نسبة النشا فى الدرنات، ونقص كثافتها النوعية، ونقص المحصول.

وتعتبر البطاطس حساسة للتركيزات العالية من الأمونيوم والنيتريت nitrite؛ ولذا.. لا يجوز التسميد بكميات كبيرة من اليوريا، أو إضافتها نثرًا على سطح التربة.

الفوسفور

يحفز الفوسفور النمو الخضرى للبطاطس، والانقسام الخلوى بالجذور، ووضع الدرنات، وتمثيل النشا. ويعد توفر الفوسفور بالقدر الكافى أمرًا ضروريًّا لإنتاج اعلى محصول من الدرنات، مع زيادة محتواها من المواد الصلبة، وارتفاع قيمتها الغذائية، والمقاومة لبعض الأمراض. وحتى فى الأراضى الغنية بالفوسفور فإن إنتاج أعلى محصول يتطلب التسميد بما يزيد عن ١٥٠ كجم K_2O للهكتار (٦٣ كجم/ فدان) (Rosen وآخرون ٢٠١٤).

ومن أبرز أعراض نقص الفوسفور التفاف أعناق الأوراق، والوريقات وحوافها إلى أعلى، وصغر حجم الوريقات، مع اكتسابها لونًا داكنًا عن اللون الأخضر العادى، وصلابة النبات بصورةٍ عامةٍ. كذلك قد تظهر بقع صدئة متناثرة داخلية فى درنات النباتات التى تعانى من نقص العنصر (Houghland ١٩٦٤). وقد وجد McArthur & Knowles (١٩٩٣) أن نمو البطاطس فى وجود تركيزات منخفضة من الفوسفور – صفر أو ٠,٥ مللى مولارًا – أدى إلى ظهور أعراض نقص العنصر بعد ٢٨، و٨٤ يومًا من الزراعة فى المستويين – على التوالى – مقارنةً بالنباتات التى نمت فى وجود تركيز عال (٢,٥ مللى مولارًا) من العنصر. كما أدى التسميد بالمعدلات المنخفضة من العنصر إلى نقص معدل النمو النسبى للنباتات، مع نقص وزنها الجاف – بعد ٨٤ يومًا من الزراعة – بنسبة ٦٥٪ و٤٥٪، ونقص محتواها الكلى من الفوسفور بنسبة ٧٦٪ و٥٥٪ فى المستويين المنخفضين – على التوالى – مقارنةً بالمستوى المرتفع.

هذا .. إلا أن المغالاة فى التسميد بالفوسفور تؤدى إلى ما يلى:

١- ظهور أعراض نقص الزنك: يحدث ذلك عند زيادة نسبة الفوسفور إلى الزنك فى النبات عن ١: ٤٠٠. وتعالج هذه الحالة بالتسميد بسلفات الزنك بمعدل ١٥ كجم للفدان.

٢- نقص الكثافة النوعية للدرنات عندما تكون الزيادة فى معدلات التسميد الفوسفاتى أكبر بكثيرٍ مما ينبغى.

البوتاسيوم

يعتبر التسميد البوتاسى المعتدل – كذلك – ضروريًّا للنمو الجيد؛ فهو عنصر ضرورى لزيادة حجم الدرنات. وتختلف الأصناف فى حساسيتها لنقص البوتاسيوم، وأكثرها حساسية الأصناف المبكرة والسريعة النمو.

ومن أهم مظاهر نقص البوتاسيوم بطء نمو النباتات التى تبدو مندمجةً، كما تبدو الأوراق أقل حجمًا لأن وريقاتها تكون أكثر قربًا من بعضها البعض عما فى النباتات التى لا تعانى من نقص العنصر. كذلك تشكل الوريقات زوايا حادةً مع عنق الورقة المركبة، وتصبح مجعدةً، وتلتف إلى أسفل. وفى البداية يكون لون النمو الخضرى أخضر قاتمًا، ولكن سريعًا ما تبدأ الأوراق السفلى للنبات فى الاصفرار وتكتسب لونًا برونزيًّا، مع بداية التغير من قمة وحواف الوريقات، وتقدمه تدريجيًّا نحو الداخل، إلى أن تتأثر الورقة كلها وتموت فى نهاية الأمر. ومع استمرار نقص العنصر يتقدم ظهور الأعراض باتجاه الأوراق العليا للنبات، التى تبقى مجموعة منها غالبًا خضراء عادية المظهر فى قمة النبات، إلى أن يموت النبات كله.

ومن الأعراض الأخرى المميزة لنقص البوتاسيوم ظهور بقعٍ متناثرةٍ متغير اللون على السيقان وأعناق الأوراق، وقصر السيقان الأرضية stolons، وضعف النمو الجذرى والدرنى (Houghland ١٩٦٤).

هذا .. إلا أن المغالاة فى التسميد البوتاسى تؤدى إلى ما يلى:

١- زيادة امتصاص عنصر البوتاسيوم، ويكون ذلك على حساب امتصاص عنصرى الكالسيوم والمغنيسيوم؛ مما يؤدى إلى نقص المحصول.

٢- نقص نسبة المادة الجافة فى الدرنات، ونقص كثافتها النوعية. وقد لوحظ ازدياد معدل النقص فى الكثافة النوعية؛ بزيادة معدلات التسميد بكلوريد البوتاسيوم عما هو فى حالة زيادة معدلات التسميد بكبريتات البوتاسيوم (Burton ١٩٤٨، Smith ١٩٦٨). وقد تأكد أن زيادة امتصاص النبات لعنصر الكلور تؤدى إلى نقص المحصول، ونقص الكثافة النوعية للدرنات، ونقص نسبة المادة الجافة فيها. وتكون هذه التأثيرات واضحة عند زيادة نسبة أيون الكلور فى أنسجة النبات عن ٥٠٠ جزءٍ فى المليون.

الكالسيوم

من أبرز مظاهر نقص الكالسيوم اصفرار حواف الوريقات الصغيرة فى القمة النامية للنبات، ثم موت هذه الحواف؛ الأمر الذى يؤدى إما إلى نموها إلى وريقات غير طبيعية، وإما إلى موت الوريقات، ثم موت القمة النامية للنبات. وتظهر الأعراض ذاتها على النموات الجانبية التى تتكون — عادة — عند موت القمة النامية للنبات. كذلك تظهر بقع ميتة فى مركز الدرنات، وخاصة عند طرفها المتصل بالنبات. وإذا حدث تعرض النبات لنقص العنصر فى نهاية الموسم، فإن أعراض الدرنات قد تظهر، بينما تبدو النموات الخضرية طبيعية المظهر؛ ولذا.. يجب أن يستمر إمداد النبات بالكالسيوم ما استمر فى تكوين أنسجةٍ جديدة.

ويؤدى توافر عنصر الكالسيوم إلى زيادة مقاومة درنات البطاطس للبكتيريا *Erwinia carotovora* pv. *atroseptica* المسببة لمرض العفن الطرى. كما يقلل الكالسيوم من إصابة الدرنات بعديدٍ من العيوب الفسيولوجية؛ مثل التبقع البنى الداخلى، والقلب الأجوف، والنخاع البنى. هذا فضلاً على تحسين الكالسيوم لجودة الدرنات وصلاحيتها للتخزين (عن Palta ١٩٩٦).

ويتسبب النقص الشديد للكالسيوم فى موت القمة النامية فى البطاطس؛ الأمر الذى يترتب عليه انتهاء حالة السيادة القمية، وظهور عدد كبير من النموات الجانبية (Ozgen وآخرون ٢٠١١).

وقد أظهرت درنات البطاطس المنتجة فى ظروف عدم التسميد بالكالسيوم أعلى شدة إصابة بالتلون البنى الداخلى، وهو الذى بدأ مع بداية تكوين الدرنات، وازدادت شدة الإصابة بالعيب الفسيولوجى أكثر عند ارتفاع الحرارة إلى ٣٢°م وقت اكتمال تكوين الدرنات مع غياب الكالسيوم، إلا أن ظروف ارتفاع الحرارة — مع توفر الكالسيوم — لم تؤد إلى ظهور حالة التلون البنى الداخلى. ولقد كان الفرق واضحًا فى محتوى قشرة الدرنات من الكالسيوم عند عدم التسميد بالعنصر (٠,٥ — ٠,٨ جم/كجم) مقارنة بمحتواها عند التسميد (١,٢– ١,٩ جم/كجم)، بينما كان محتوى أنسجة نسيج النخاع من الكالسيوم واحدًا فى حالتى التسميد (Olsen وآخرون ١٩٩٦).

تُفيد التغذية بالكالسيوم بالقرب من الدرنات النامية فى تقليل حالات الإصابة بالعيوب الفسيولوجية الداخلية بالدرنات، مثل البقع البنية الداخلية والقلب الأجوف، كما أن زيادة محتوى الدرنات من الكالسيوم يزيد من تحملها للخدوش ومن قدرتها التخزينية، وتقل إصابتها بالعفن الطرى البكتيرى. ولقد وجد فى بعض الأصناف أن جودة تقاوى البطاطس يمكن أن تتحسَّن بزيادة محتواها من الكالسيوم، وذلك بتغذيتها بالعنصر أثناء تكوينها فى الموسم السابق لزراعتها. هذا .. فضلاً عن أن تغذية البطاطس بالكالسيوم أثناء نموها وتوفره بالأوراق عند مستوى معين يساعد فى زيادة تحمل النبات لكل من شد البرودة وشد الحرارة (Palta ٢٠١٠).

المغنيسيوم

تظهر أعراض نقص المغنيسيوم على الأوراق السفلى أولاً، ثم تتجه تدريجيًّا نحو الأوراق العليا. وفى بداية الأمر يختفى اللون الأخضر بين العروق فى قمة الوريقات، وخاصةً الوريقات الطرفية للأوراق السفلى — ثم تمتد الأعراض نحو مركز الوريقات التى تصبح صفراء كلية — تقريبًا — بين العروق، ثم تظهر بها مساحات صغيرة ميتة بنية اللون على امتداد العروق، وقد تصبح المساحات بين العروق بيضاء اللون، وترتفع قليلاً إلى أعلى، بينما تنحنى حواف الوريقات وقمتها إلى أسفل. وتكون الأوراق المتأثرة بهذه

الأعراض متصلبة وسهلة التقصف؛ الأمر الذى يميزها عن الأوراق التى تكون صفراء اللون طبيعيًّا بسبب شيخوختها (Houghland ١٩٦٤).

الكبريت

نادرًا ما تظهر أعراض نقص الكبريت على نباتات البطاطس تحت ظروف الحقل؛ نظرًا لاحتواء معظم الأسمدة على العنصر فى صورة كبريتات. وعمومًا.. فإن أعراض نقص العنصر — إن ظهرت — تكون فى صورة اصفرارٍ بالأوراق، وتخشب بالسيقان، وضعف فى النمو الجذرى.

الحديد

من أبرز أعراض نقص الحديد ظهور اصفرار خفيف بين العروق فى الأوراق الحديثة؛ ينتشر سريعًا ليشمل كل سطح الورقة. ومع استمرار نقص العنصر يتحول لون الورقة إلى الأصفر الشاحب، ثم إلى الأبيض.

الزنك

يؤدى نقص عنصر الزنك إلى تقزم نباتات البطاطس، مع التفاف الأوراق الحديثة إلى أعلى واصفرارها، ويعقب ذلك ظهور مساحات بنيةٍ ضاربةٍ إلى الرمادى، أو بنية اللون على الأوراق الوسطية للنبات، ولا تلبث هذه المساحات أن تموت وتتحلل، ثم تظهر الأعراض ذاتها على الأوراق الأخرى بالنبات. كذلك قد تظهر البقع البنية اللون على السيقان وأعناق الأوراق.

المنجنيز

تظهر أعراض نقص المنجنيز على صورة اصفرارٍ بين العروق فى الأوراق العليا للنبات.

البورون

تموت القمم النامية لسيقان نباتات البطاطس التى تعانى نقص عنصر البورون؛ مما يؤدى إلى نشاط نمو البراعم الإبطية. ومن الأعراض الأخرى لنقص العنصر قِصر

السلاميات، وزيادة سمك الأوراق، والتفافها إلى أعلى، مع اكتساب الأوراق الحديثة لونًا أخضر شاحبًا، واصفرار النمو الخضرى بصورةٍ عامةٍ. وإذا فحصت جذور هذه النباتات، فإنها تبدو قصيرةً ومتقزمةً.

وفى الحالات الشديدة لنقص البورون يصاحب اختفاء اللون الأخضر من الأوراق ظهور لون قرمزىٍ، كما تموت قمم الوريقات وحوافها.

وتلاحظ الأعراض الداخلية لنقص البورون عند القمم النامية لكلٍ من الجذور والسيقان؛ حيث يظهر تلون بنى ينتج عن انهيار الخلايا فى تلك المناطق، يتبعه موت القمة النامية، ثم تظهر أعراض مماثلة فى البراعم الإبطية، وفى الأنسجة الداخلية للفروع الجانبية.

أما الدرنات، فإنها تكون فى النباتات التى تعانى من نقص البورون أصغر من حجمها الطبيعى، وتتمزق مساحات من سطحها، ويظهر تلون بنى تحت الجلد، وخاصةً فى طرف الدرنة المتصل بالنبات. كما يظهر تلون بنى فى النسيج الوعائى يكون شديدًا بالقرب من الطرف المتصل بالساق، وتقل حدته تدريجيًّا فى اتجاه الطرف الآخر للدرنة.

ويمكن أن تظهر مشاكل من التسمم بالبورون عند زيادة كمية الأسمدة المضافة، أو عدم تجانس توزيعها فى الحقل. ومن أعراض ذلك موت النموات الجديدة بعد فترة قصيرة من الإنبات، وفشل الجذور فى التكوين، وضعف مظهر النبات، واصفرار حواف الوريقات أو اكتسابها لونًا أبيض، ونقص المحصول (Houghland ١٩٦٤).

ولمزيد من التفاصيل عن أهمية البورون وأعراض نقصه.. يراجع Gupta (١٩٧٩).

مراحل نمو نبات البطاطس ذات العلاقة ببرنامج التسميد

يمر نبات البطاطس بأربع مراحل للنمو تكون وثيقة الصلة ببرنامج التسميد، كما يلى:

المرحلة الأولى

وهى مرحلة النمو النباتى بعد الزراعة وحتى بدء وضع الدرنات.

المرحلة الثانية

تبدأ هذه المرحلة مع بدء وضع الدرنات فى قمم السيقان الأرضية، وهى العملية التى تُعرف باسم tuberization، وتكون قبل الإزهار بنحو ١٠– ١٤ يومًا. وتعرف عملية وضع الدرنات بأنها تضخم فى قمم المدادات إلى نحو ضعف قطرها الطبيعى. ولا تحدث خلال هذه المرحلة أية زيادة فى حجم الدرنات التى تكون قد بدأت فى التكوين، أو تكون هذه الزيادة قليلة ولا تذكر.

المرحلة الثالثة

هى مرحلة زيادة الدرنات – التى بدأت فى التكوين – فى الحجم، وهى العملية التى تُعرف باسم bulking. يكون نمو الدرنة خطيًّا إذا كانت كل ظروف النمو مثالية. ويزداد الوزن الجاف للدرنة نتيجة لانتقال العناصر الغذائية والغذاء المجهز من الجذور والنموات الخضرية إليها.

المرحلة الرابعة

يكتمل تكوين الدرنات فى هذه المرحلة، مع بدء اصفرار الأوراق وفقدان بعضها (Lang وآخرون ١٩٩٩).

احتياجات البطاطس من العناصر السمادية

النيتروجين

على الرغم من أن النبات يحتاج إلى عنصر النيتروجين خلال جميع مراحل نموه، فإن حاجته إلى العنصر تزداد – بصورة خاصة – فى مرحلة النمو الخضرى السريع، التى تستمر لمدة حوالى شهر بعد أن يصل ارتفاع النبات إلى حوالى ١٥– ٢٠ سم، ويكون ذلك – عادة – خلال الشهر الثانى بعد الزراعة.

وبينما يصل تركيز النيتروجين فى الدرنات إلى أعلى مستوى له فى المراحل الأولى لتكوينها، وينخفض تدريجيًّا حتى عمر ٥٦– ٧٠ يومًا من الإنبات، ثم يرتفع قليلاً بعد ذلك، فإن حاجة الدرنات من العنصر تزداد تدريجيًّا خلال جميع مراحل تكوينها، بينما تبلغ حاجة النموات الخضرية من العنصر إلى أقصاها بعد ٥٦ يومًا من الإنبات (Mazur & Voitas ١٩٩٢).

وتقدر الكمية الإجمالية من النيتروجين التى تصل إلى مختلف الأجزاء النباتية (النموات الهوائية، والجذور، والدرنات) لمحصول جيدٍ من البطاطس بحوالى ١٥٠– ٢٠٠ كجم/ هكتار (٦٢– ٨٣ كجم/فدان). وطبيعى أن يمثل ذلك المدى الحد الأدنى لكمية النيتروجين التى يجب أن تتيسر فى منطقة نمو جذور البطاطس.

الفوسفور

كما هى الحال مع النيتروجين، فإن نبات البطاطس يحتاج إلى الفوسفور فى جميع مراحل نموه، إلا أن حاجته إلى العنصر تزداد — خاصة — فى مراحل النمو الخضرى السريع خلال الشهر الثانى بعد الزراعة. وتقدر الكمية الإجمالية من P_2O_5 التى تصل إلى مختلف الأجزاء النباتية فى محصولٍ جيدٍ من البطاطس بنحو ٤٥ كجم/ هكتار (حوالى ٢٠ كجم/فدان). ونظرًا لأن الفوسفور يثبت بمعدلات عاليةٍ فى الأراضى القلوية، فإن هذا الأمر يجب أن يؤخذ فى الحسبان عند وضع برنامج التسميد الفوسفاتى.

وقد وجد فى دراسة أجريت فى تربة رملية تقل قدرتها على تثبيت الفوسفور أن إضافة السماد الفوسفاتى بمعدلات عالية وصلت إلى ٤٨٠ كجم P للهكتار (٢٠٠ كجم P للفدان) بطريقة النثر على كل سطح التربة مع خلطة بالطبقة السطحية كان أفضل من إضافته مركزًا (فى شرائط bands) على جانبى خط الزراعة (Hegney & McPharlin ١٩٩٩)، إلا أن ذلك الإجراء لا يوصى به فى الأراضى القلوية التى يزيد فيها تثبيت الفوسفور، ولا عندما يكون التسميد الفوسفاتى بمعدل أقل من ذلك.

وكانت الكثافة النوعية للدرنات هى الصفة الوحيدة المقيسة التى ارتبطت سلبيًّا مع

زيادة معدلات التسميد الفوسفاتى حتى ٤٧٥ كجم P للهكتار (٢٠٠ كجم P للفدان) (Freeman وآخرون ١٩٩٨).

إن الهدف الرئيسى لإدارة التغذية بالفوسفور فى البطاطس هو المحافظة على مستوى مناسب من الفوسفور فى المحلول الأرضى عند سطح الجذور. ونظرًا لضعف كثافة النمو الجذرى للبطاطس، فإن ذلك يعنى ضرورة زيادة تركيز الفوسفور فى اختبارات التربة عما يلزم لمعظم المحاصيل الأخرى. ومن ناحية أخرى فإن الفوسفور يتفاعل مع كل من الحديد والألومنيوم فى الأراضى المعتدلة الحموضة، ومع الكالسيوم فى الأراضى القلوية؛ ليكون مركبات غير ذائبة.

ولذا.. فإن إدارة التسميد الفوسفاتى يتطلب ما يلى:

١- اتباع الأساليب الزراعية التى تسمح بأن تكون التربة مناسبة لنمو الجذور وتطورها.

٢- التحكم فى مصادر الأسمدة الفوسفاتية ومعدلات التسميد وطرق إضافتها التى تسمح بالمحافظة على المستوى المثالى من الفوسفور فى المحلول الأرضى خلال المراحل الحرجة للنمو.

٣- اتباع أساليب المحافظة على التربة والماء لخفض فقد الفوسفور من منطقة نمو الجذور والحقل إلى أدنى ما يمكن (Fixen & Bruulsema ٢٠١٤).

وتتطلب الإدارة المثلى للتسميد بالفوسفور فى البطاطس ما يلى:

١-التسميد بكمية الفوسفور التى يوصى بها تبعًا لتحليل التربة.

٢-إضافة السماد الفوسفاتى فى حزام على مسافة ٥ سم من قطعة التقاوى، وخاصة فى الأراضى الرملية أو حينما يستعمل فوسفات ثنائى الأمونيوم أو فوسفات أحادى الأمونيوم فى التسميد.

٣-اللجوء إلى اختبار الفوسفور بأعناق الأوراق لتحديد مدى الحاجة للتسميد بالفوسفور خلال موسم النمو.

٤- يؤخذ فى الاعتبار كل مصادر الفوسفور المضافة، بما فى ذلك الأسمدة الحيوانية.

٥- تطبيق أفضل ممارسات المحافظة على التربة لتقليل فقد الفوسفور مع الماء السطحى (Rosen وآخرون ٢٠١٤).

ويمكن زيادة كفاءة استخدام الفوسفور فى البطاطس بالتحكم فى بيئة المحيط الجذرى بالوسائل التالية:

١- رفع الرقم الأيدروجينى فى الأراضى الحامضية.

٢- إضافة السماد فى المحيط الجذرى إما نثرًا وإما فى حزام مركز وذلك أفضل.

٣- استخدام الأسمدة الفوسفاتية البطيئة الذوبان أو المتحكم فى تيسرها.

٤- استخدام الأحماض العضوية لزيادة ذوبان الفوسفور فى الأراضى القلوية.

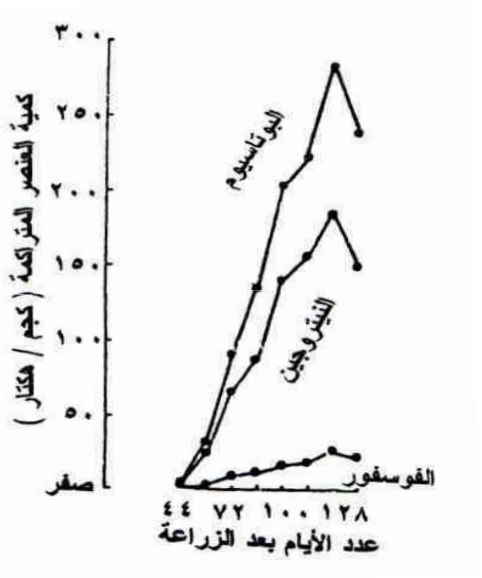
٥- استخدام بوليمر حامضى acid polymer.

٦- زيادة حيز المحيط الجذرى الفعال بأى ممارسات يمكن أن تحفز النمو الجذرى وتزيد من فاعليته، مثل تحفيز نمو الميكوريزا (Hopkins وآخرون ٢٠١٤).

البوتاسيوم

تصل إلى مختلف الأجزاء النباتية للبطاطس نحو ٣٠٠ كجم من البوتاسيوم (فى صورة K_2O) للهكتار (حوالى ١٢٥ كجم K_2O للفدان).

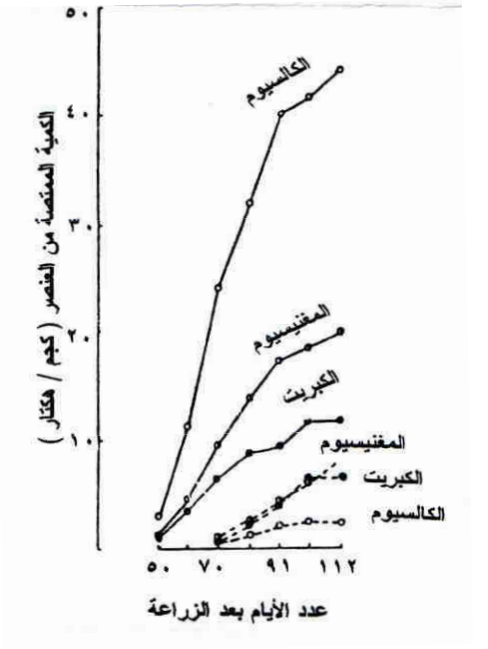
هذا .. ويوضح شكل (٧-١) الزيادة فى الكمية المتصة من عناصر النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم مع النمو. ويتضح من الشكل أن الكميات التى يمتصها النبات من عنصرى النيتروجين والبوتاسيوم تزيد كثيرًا عما يمتصه من عنصر الفوسفور، كما أن الدرنات تصبح المخزن الرئيسى لما يقوم النبات بامتصاصه من هذه العناصر بعد ١٤ يومًا من بداية تكوينها (Harris ١٩٧٨).



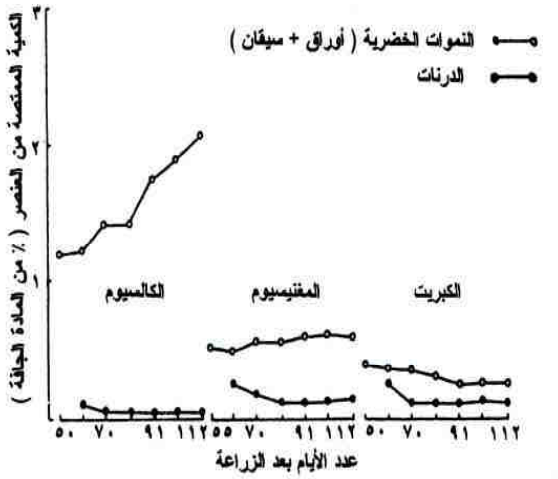
شكل الزيادة فى الكمية الكلية ا م ة ا الي ، ال ،
ال ا ي الم

الكالسيوم، والمغنيسيوم، والكبريت

يبين شكل (٧-٢) الكميات الكلية التى يمتصها نبات البطاطس من عناصر الكالسيوم، والمغنيسيوم، والكبريت أثناء موسم النمو، والكمية الفعلية التى تصل إلى الدرنات من هذه العناصر. ويتضح من الشكل أن الكمية الكلية المتراكمة من الكالسيوم الممتص تبلغ ضعف كمية المغنيسيوم، وأربعة أضعاف كمية الكبريت، إلا أن ٦٪ فقط من كمية الكالسيوم الممتصة، تذهب إلى الدرنات، بالمقارنة بنحو ٤١٪، و٥٥٪ من كميات المغنيسيوم والكبريت الممتصة على التوالى. وعمومًا.. فإن نسبة ما يصل إلى الدرنات من هذه العناصر أقل بكثيرٍ مما يصل إلى الدرنات من الكميات التى يمتصها النبات من عناصر النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم . ويوضح شكل (٧-٣) التغيرات فى الكميات الممتصة من عناصر الكالسيوم، والمغنيسيوم، والكبريت كنسبة مئوية من المادة الجافة فى كل من الدرنات، والنموات الخضرية (الأوراق + السيقان) أثناء موسم النمو.



شكل ٢ الكميات الكلية ـــــ ، الكميات التى ل إلى الد نات
ا الكالسي ، ا غيسي ، الكبريت أثناء م الم



شكل ٣ الغيرات فى الكميات ا م ة ا الكالسي ، ا غيسي ، الكبريت
كسة ئ ية ا ادة الجافة فى كل الد نات ال م ات الخض ية الأ اق + السيقان

كميات العناصر التى تزيلها البطاطس من التربة

نظرًا لأن كميات العناصر التى تصل إلى الدرنات تُزال نهائيًّا من الحقل مع المحصول، بينما يعود إلى التربة ما يكون قد استقر فى بقية الأجزاء النباتية من عناصر ممتصة؛ لذا فإن معرفة كمية العناصر التى تذهب إلى الدرنات يفيد فى التخطيط للبرنامج التسميدى لكل من البطاطس والمحاصيل التى تليها فى الدورة، ويبين ذلك فى جدول (٧–١) لكل طنٍ من محصول الدرنات، إلا أن هذه القيم تتأثر كثيرًا بكمية المحصول، وبالعوامل التى تؤثر على المحصول. فمثلاً .. يتضح من جدول (٧–٢) أن زيادة التسميد الآزوتى تصاحبها زيادة كبيرة فى المحصول، كما تزيد كمية النيتروجين التى تصل إلى كل طن من الدرنات الطازجة، إلا أن الكميات المناظرة من عنصرى الفوسفور والبوتاسيوم تتناقص مع زيادة التسميد الآزوتى.

د ل كميات العا التى د بكل ط الد نات الطاز ة

العنصر	كميته
النيتروجين	٢,٣٦– ٢,٦٨ كيلو جرام
الفوسفور	٠,٥٣– ٠,٦٢ كيلو جرام
البوتاسيوم	٣,٩٣– ٤,٦٧ كيلو جرام
الكالسيوم	٧٠– ٢٠٠ جرام
المغنيسيوم	١٣٠– ٢٢٠ جرام
الكبريت	٢١٠ — ٤٨٠ جرام
الزنك	١,٨– ٥,٠ جرام
النحاس	١,٤– ٢,٢ جرام
المنجنيز	١,٣– ٢,١ جرام
الحديد	٤,٢ جرام
البورون	٦٢٠ ملليجرام
الموليبدنم	٣٧ ملليجرام
الصوديوم	٢٣٠ جرام

مد ل ٢ ثير السميد ا ز ى لمى كميات الي ، ال ، ا ي التى
ل إلى كل ط الد نات الطاز ة

معاملة التسميد الأزوتى (كجم نيتروجين/هكتار)	محصول الدرنات (طن/هكتار)	كميات العناصر (كجم/طن من الدرنات الطازجة)		
		نيتروجين	فوسفور	بوتاسيوم
صفر	١١,٩٥	٢,٨١	٠,٥٠	٥,٤١
٩٤	١٩,٥٧	٣,٢٦	٠,٤٦	٥,٢٤
١٨٨	٢٢,٧٤	٣,٥٧	٠,٤٥	٤,٧٣

تحليل التربة

يفيد تحليل التربة فى تحديد مدى الحاجة للتسميد بالنيتروجين حسب المحصول المتوقع، كما يتضح من جدول (٧– ٣).

مد ل ٣ احيا ات الطاطس الي حسب تحليل ال بة المح ل ا ق
Lang خ ن

المحصول المتوقع (طن/ فدان

النيتروجين مثل قش النجيليات وحطب الذرة، وخصم حوالى ٣٠– ٤٠ كجم N/ فدان إذا جاءت زراعة البطاطس بعد برسيم، وكذلك خصم كميات العنصر المضافة مع السماد العضوى، وزيادة الكميات المستعملة بمقدار ١٥– ٢٠ كجم N/ فدان فى الأراضى الرملية لتعويض الفاقد بالرشح (Hopkins وآخرون ٢٠١٠).

وحسب مرحلة النمو، فإن النيتروجين النتراتى والنشادرى فى الـ ٤٥ سم العلوية من التربة يجب أن يكون فى الحدود التالية (Lang وآخرون ١٩٩٩).

مرحلة النمو	النيتروجين (جزء فى المليون)
١	١٥
٢	> ١٠ وحتى ١٥
٣	١٠
٤	١٠ >

ويفيد تحليل التربة فى تعرُّف مدى حاجة النباتات إلى التسميد الفوسفاتى، وفى تحديد مدى استجابتها له؛ فالبطاطس لا تستجيب للتسميد الفوسفاتى إذا زاد مستوى الفوسفور الذائب فى التربة على ٨٠ جزءًا فى المليون، وتكون الاستجابة ضعيفة إذا تراوح مستوى الفوسفور فى التربة بين ٤٠ جزءًا و ٨٠ جزءًا فى المليون، لكن الاستجابة تكون مؤكدة عندما ينخفض مستوى الفوسفور فى التربة عن ٤٠ جزءًا فى المليون.

وبينما نجد أن زيادة التسميد الفوسفاتى عما يلزم للنمو الجيد لا جدوى منها لزيادة محصول الدرنات، فإن الوصول إلى أعلى محصول من البطاطس يتطلب خلط السماد الفوسفاتى بالتربة أثناء تجهيز الأرض قبل الزراعة.

وتحتاج البطاطس للتسميد بالفوسفور حسب محتوى التربة من العنصر فى الثلاثين سنتيمترًا العلوية من التربة، كما يلى (Lang وآخرون ١٩٩٩):

يجب أن تسمد حقول البطاطس بالبوتاسيوم – حسب تحليل التربة فى الثلاثين سنتيمترًا العلوية منها – كما يلى (Lang وآخرون ١٩٩٩):

اختبار البوتاسيوم K فى التربة (بيكربونات الصوديوم) بالجزء فى المليون	معدل التسميد بالبوتاسيوم (كجم/فدان) K	K_2O
٦٠	٢٠٠	٢٤٠
١٢٠	١٥٠	١٨٠
١٨٠	١٠٠	١٢٠
٢٤٠	٥٠	٦٠
> ٢٤٠	صفر	صفر

كما يتوقف معدل التسميد البوتاسى المناسب على تحليل التربة، كما يلى:

مستوى البوتاسيوم K فى التربة (جزء فى المليون)	معدل التسميد البوتاسى المناسب (كجم K_2O للفدان)
صفر – ٢٠٠	٧٥– ١٠٠
٢٠٠– ٣٠٠	٥٠– ٧٥
٣٠٠– ٤٠٠	صفر – ٥٠
> ٤٠٠	صفر

تحليل النبات

الأجزاء النباتية المستخدمة فى التحليل

يفيد تحليل النبات فى تحديد مدى حاجته إلى التسميد. ويعتبر التحليل المبكر أكثر فائدةً فى هذا الشأن. وتعد أعناق الأوراق والسيقان أكثر الأجزاء النباتية حساسية لمستوى التسميد. ويعد عنق الورقة الرابعة من القمة النامية للنبات هو أفضل دليلٍ على مستوى العنصر فى النبات. وأحسن وقتٍ لإجراء التحليل هو عند تكوين الدرنات، ففى هذه المرحلة تستجيب النباتات للتسميد إذا كان مستوى العناصر فيها أقل من الحدود الموصى بها.

وكما أسلفنا.. يستخدم فى التحليل عنق الورقة الرابعة من القمة النامية؛ الأمر الذى يتحتم معه اختيار الورقة بدقةٍ. ولتجنب هذه المشكلة قارن Westermann وآخرون (١٩٩٤) نتائج تحليل الجزء العلوى من الساق بتحليل عنق الورقة الرابعة من القمة النامية تحت ظروف نقص وتوفر مختلف العناصر الضرورية للنبات. وقد حصلوا على الجزء العلوى من الساق بقطع النبات أسفل الورقة السادسة، ثم قطع جميع الأوراق والميرستيم القمى. وقد أوضحت النتائج تماثل نتيجة التحليل بالنسبة لعناصر النيتروجين النتراتى والفوسفور والبوتاسيوم، بينما كان تركيز الزنك أعلى بنسبة ٤٠٪ فى الجزء العلوى من الساق، وتركيز الكالسيوم، والمغنيسيوم، والمنجنيز أقل فى الجزء العلوى من الساق مقارنة بتركيزها فى عنق الورقة الرابعة.

يبدأ جمع الأعناق — عادة — فى بداية مرحلة وضع الدرنات، ويستمر أسبوعيًّا خلال معظم مرحلة نمو الدرنات.

يُجمع — عادة — من ٥٠ إلى ٦٠ عنق ورقة من المساحات التى يُفترض تمثيلها للحقل. يتعين تجريد الأعناق من الوريقات فى الحال بعد جمعها، ثم توضع الأعناق فى إناء نظيف أو كيس ورقى، ثم تجفف سريعًا على ٦٦°م أو تحفظ على أقل من ٥°م إلى حين تحليلها. تؤمن تلك الإجراءات عدم حدوث أية تغيرات فى تركيز العناصر؛ وهو الأمر الذى يمكن أن يحدث فى أنسجة العينات الدافئة الرطبة (Hopkins وآخرون ٢٠١٠).

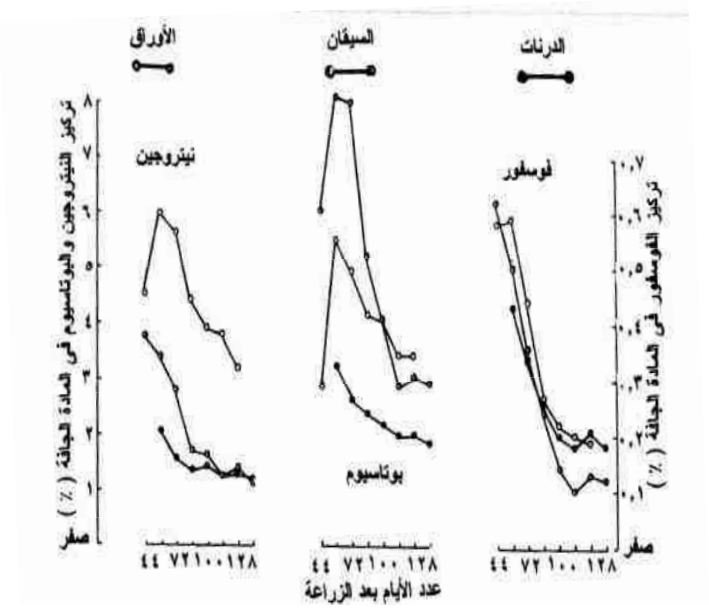
وللحد من التباينات فى نتائج تحليل العصير الخلوى لعنق الورقة.. يوصى Vitosh & Silva (١٩٩٦) أن يكون جمع عينات الأوراق لأجل تحليلها بين العاشرة صباحًا والثانية عشرة ظهرًا.

المستويات العامة للعناصر الضرورية فى أوراق البطاطس

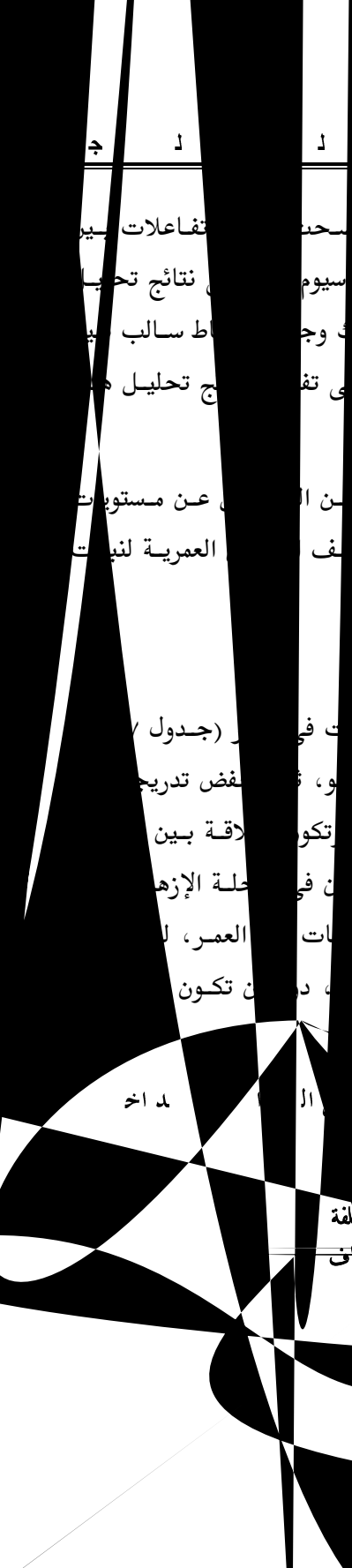
يقدر المستوى المناسب لمحتوى أوراق البطاطس — التى أكملت نموها حديثًا — من مختلف العناصر الضرورية للنبات — فى بداية مرحلة الإزهار — للحصول على أعلى محصول، كما يلى:

د ل د كيز العا ا ا د الكافى للم الجيد خ ل حلة
ا ء الد نات فى ال قة ال ابعة القمة الا ية للطاطس Hopkins خ ن ٢

العنصر	المنخفض	الحدّى	الكافى
النيتروجين النتراتى (جزء فى المليون ppm)	١٠٠٠٠ >	١٥٠٠٠ –١٠٠٠٠	٢٠٠٠٠ –١٥٠٠٠
الفوسفور (٪)	٠,١٧ >	٠,٢٢ –٠,١٧	٠,٢٢ <
البوتاسيوم (٪)	٧,٠ >	٨,٠ –٧,٠	٨,٠ <
الكالسيوم (٪)	٠,٤ >	٠,٦ –٠,٤	٠,٦ <
المغنيسيوم (٪)	٠,١٥ >	٠,٣ –٠,١٥	٠,٣ <
الكبريت (٪)	٠,١٥ >	٠,٢ –٠,١٥	٠,٢ <
الزنك (ppm)	١٠ >	٢٠ –١٠	٢٠ <
المنجنيز (ppm)	٢٠ >	٤٠ –٢٠	٤٠ <
الحديد (ppm)	٢٠ >	٥٠ –٢٠	٥٠ <
النحاس (ppm)	٢ >	٤ –٢	٤ <
البورون (ppm)	١٠ >	٢٠ –١٠	٢٠ <



شكل الغيرات فى كيز ا اليـ ، ال ، ال ا ـ فى ا ادة الجافة للـ ات باخ ـم ، باخ الجزء ال اى



ويستفاد من اختبار مستوى النترات فى أعناق الأوراق فى تحديد تركيز النيتروجين فى الأوراق على أساس الوزن الجاف؛ حيث إن الارتباط كبير بين الصفتين. ويستخدم لذلك جهاز محمول (pH/ISE meter) مزود بقطب كهربائى خاص بأيون النترات. ويخفف العصير الخلوى بمحلول من ٠,٠٧٥ مولارًا من كبريتات الألومنيوم (١٨ جزئ ماء تبلور)، و٠,٠٢ مولارًا من حامض بوريك (Vitosh & Silva ١٩٩٤).

ويوجد شبه إجماع بين الباحثين على ارتباط مستوى النترات فى أعناق الأوراق بمحتوى الأوراق من النيتروجين، وأن التركيز ينخفض فى كلا التحليلين مع تقدم النبات فى العمر. ومن مزايا اختبار أعناق الأوراق إمكان تخزينها على الثلج لمدة ١٦ ساعة، أو تجميدها لمدة ٢٤ ساعة دون أن تتأثر بذلك نتيجة الاختبار (Hochmuth ١٩٩٤).

وفى إحدى الدراسات التى كان الارتباط فيها عاليًا (r^2 = ٠,٩٢٥) بين نتيجة اختبار النترات فى أعناق الأوراق، وتحليل النيتروجين ذاته فى الأوراق، اقترح الباحثون معادلة ارتداد بتحويل نتيجة اختبار النترات فى أعناق الأوراق إلى نسبة مئوية للنيتروجين على أساس الوزن الجاف (عن Kubota وآخرين ١٩٩٦).

وتوضح نتائج دراسات Vitosh & Silva (١٩٩٦) أن مستوى النترات فى العصير الخلوى لعنق الورقة الرابعة من القمة النامية ارتبط بشدة بمستوى التسميد الآزوتى، ومستوى النيتروجين فى التربة. وعلى الرغم من أن التحليل النيتروجين فى أعناق الأوراق بلغ أعلى مستوى له فى بداية موسم النمو، ثم انخفض تدريجيًّا مع تقدم النبات فى العمر.. إلا أنه أمكن تأجيل هذا الانخفاض بعمل إضافات جديدة من النيتروجين خلال موسم النمو.

وعلى الرغم من ذلك، فقد توصل آخرون إلى أن اختبار مستوى النترات فى أعناق أوراق البطاطس لم يكن مجديًا فى تحديد الاحتياجات السمادية للمحصول؛ نظرًا لعدم التوصل إلى علاقة ثابتة بين نتيجة هذا الاختبار، ومعدل امتصاص النبات للنيتروجين (MacKerron وآخرون ١٩٩٥).

يُعطى تحليل النيتروجين النتراتى فى أعناق أوراق البطاطس نتائج عالية الارتباط مع نتائج التحليل العادى للنيتروجين النتراتى، وأفضل وقت لجمع العينات للتحليل هو بين الحادية عشرة صباحًا والثانية بعد الظهر (Zhang وآخرون ١٩٩٦). وتعد أفضل أعناق الأوراق للتحليل هى الرابعة من القمة النباتية، وهى التى تكون أحدث الأوراق التى أكملت نموها (Vitosh & Silva ١٩٩٦).

ويُعد النيتروجين مناسبًا للنمو وإعطاء أعلى محصول من الدرنات عندما يكون مستوى النيتروجين النتراتى كما يلى حسب مرحلة النمو (Errebhi وآخرون ١٩٩٨):

مرحلة النمو	التركيز المناسب للنيتروجين النتراتى فى أعناق الأوراق (مجم/ لتر)
١٥– ٣٠ يومًا بعد الإنبات	١٣٥٠– ١٤٠٠
٣٠– ٧٥ يومًا بعد الإنبات	٥٥٠– ١٣٥٠
عند النضج	٥٥٠– ٦٠٠

وبصورة عامة .. فإن تركيز النترات فى أعناق الأوراق يجب أن يكون كما يلى حسب مرحلة النمو، وذلك لأجل الحصول على أفضل نمو (Lang وآخرون ١٩٩٩):

مرحلة النمو	النيتروجين النتراتى (جزء فى المليون)
١	–
٢	١٥٠٠٠– ٢٦٠٠٠
٣	١٢٠٠٠– ٢٠٠٠٠
٤	٦٠٠٠– ١٠٠٠٠

ويذكر Minotti وآخرون (١٩٩٤) أنه يمكن الاستفادة من قراءات الكلوروفيل تحت ظروف الحقل (استعمل الباحثون جهاز Minolta SPAD-502 لقياس الكلوروفيل) فى تعرُف الحالات الشديدة لنقص النيتروجين فى البطاطس، ولكنها تكون غير ذات فائدة فى حالات النقص المحدود للعنصر.

أطرافها فى الطول. وقد وجد أن التركيز الحرج الذى يصاحبه نقص فى المحصول قدره ١٠٪ هو ٢,٣٪ بوتاسيوم على أساس الوزن الجاف فى أنسجة عنق الورقة، و١,١٪ فى أنسجة نصل الورقة. وينخفض تركيز البوتاسيوم فى النبات مع تقدمه فى العمر، كما هو مبين فى جدول (٧–٧).

ويمكن – كذلك – الاستفادة من اختبار البوتاسيوم فى أعناق الأوراق فى الاستدلال على تركيز البوتاسيوم فى الأوراق؛ حيث إن الارتباط قوى بين الصفتين (Hochmuth ١٩٩٤). ويرى Westermann وآخرون (١٩٩٤) أن الحصول على أعلى محصول من البطاطس يتطلب أن يكون تركيز البوتاسيوم فى أعناق الأوراق – عند عمر ١٠٠ يوم بعد الزراعة – أعلى من ٤,٥٪.

د ل س ال ا ي فى نات الطاطس فى احل الم ا لة د اخ

س السميد

مستوى التسميد	تركيز النيتروجين فى مراحل النمو المختلفة (بالجزء فى المليون على أساس الوزن الجاف)			المحصول المتوقع
	بداية النمو	مرحلة الإزهار	قرب الحصاد	
منخفض	٩	٧	٤	منخفض
جيد	١١	٩	٦	مرتفع

وقد كان الارتباط بين تركيز البوتاسيوم فى عنق الورقة الرابعة من القمة النامية ومحصول النبات معنويًّا جدًّا وموجبًا، وخاصة عند عمر ٣٠ يومًا (r = ٠,٩٥) (Sharma & Arora ١٩٨٩). ويستدل من الدراسات التى أجريت فى هذا الشأن بخصوص العلاقة بين المحصول وتركيز البوتاسيوم فى كلٍ من الأوراق وأعناق الأوراق، أن المحصول النسبى بلغ ٩٥٪ – ١٠٠٪ من أعلى محصولٍ متوقعٍ عندما كان تركيز البوتاسيوم – بعد ٣٠ يومًا، و٤٥ يومًا، و٦٠ يومًا من الزراعة – فى الحدود المبينة فى جدول (٧–٨).

مرحلة النمو	التركيز الكافى من البوتاسيوم (٪)
١	–
٢	٨– ١١
٣	٦– ٩
٤	٤– ٦

هذا ويبلغ امتصاص البوتاسيوم حوالى ١,٥– ٣,٥ كجم يوميًّا خلال المرحلة الثالثة للنمو (مرحلة الـ bulking أو زيادة الدرنات فى الحجم)، ويمكن أن يتحقق ذلك فى الأراضى الرملية عن طريق الفرتجة.

ولا تجوز إضافة كمية كبيرة من البوتاسيوم إلى جانب التقاوى عند الزراعة حتى لا يتسبب ذلك فى زيادة تركيز الأملاح حول الدرنات النابتة، ولا فى التربة الرملية بصورة عامة حتى لا يُفقد جزء كبير منه بالرشح.

الكالسيوم

يُمتص الكالسيوم مع الماء الذى تمتصه الجذور، ثم ينتقل إلى أعلى فى النبات إلى أن يفقد بالنتح؛ ولذا.. يزداد تركيز الكالسيوم فى الأعضاء النباتية التى تنتح أكثر من غيرها؛ مثل الأوراق؛ ومن ثم .. فإن الدرنات — التى توجد فى وسطٍ تبلغ رطوبته النسبية حوالى ١٠٠٪ – لا يمكنها منافسة الأجزاء العليا للنبات على الكالسيوم؛ لقلة ما يصل إلى أنسجتها من ماء، مقارنة بالأنسجة النباتية الأخرى؛ الأمر الذى يؤدى إلى انخفاض محتواها من الكالسيوم مقارنةً بالأوراق، ويعرضها إلى ظهور أعراض نقص العنصر عليها، والتى تتمثل فى العيب الفسيولوجى: التبقع البنى الداخلى.

وقد اكتشف منذ عام ١٩٨٥ وجود جذور دققة فعّالة على درنات البطاطس، وعند موضع اتصال الدرنات بالسيقان الجارية، وأن هذه الجذور تُسهم بفعالية فى إمداد درنات البطاطس النامية بالماء ومختلف العناصر المغذية، وبخاصة الكالسيوم. وتبين أن هذه الجذور تنشأ من الخلايا البرانشيمية المجاورة للنسيج الوعائى، وأنها تشبه الجذور

العادية فى تركيبها التشريحى. وقد أدت إضافة الكالسيوم فى منطقة الدرنات والسيقان الأرضية إلى زيادة تركيزه فى الدرنات بدرجة أكبر بكثير مما لو أضيف الكالسيوم إلى المجموع الجذرى العادى للنبات؛ حيث ينتقل الكالسيوم الممتص – حينئذ – إلى النموات الخضرية.

ويفيد التسميد بالكالسيوم فى زيادة تحمل النباتات للحرارة العالية؛ حيث تكون النباتات المسمدة جيدًا بالكالسيوم فى هذه الظروف أقوى فى نموها الخضرى من النباتات غير المسمدة جيدًا بالعنصر تحت نفس الظروف (Palta ١٩٩٦).

المغنيسيوم

يتراوح المحتوى الطبيعى لأوراق البطاطس من عنصر المغنيسيوم خلال أقصى مراحل النمو الخضرى بين ٠,٣٪ و٠,٤٪ على أساس الوزن الجاف، وذلك عندما يتوفر العنصر للنبات بصورة كافية لاحتياجاته منه. وتبلغ نسبة العنصر فى الدرنات حوالى ٠,١٥٪ (أيضًا على أساس الوزن الجاف). وتقدر الكمية الإجمالية من العنصر التى تصل إلى مختلف الأجزاء النباتية – الهوائية منها والأرضية – حوالى ٢٠ كجم Mg/ هكتار (حوالى ٨ كجم Mg/ فدان). أو نحو ٣٥ كجم MgO/هكتار (حوالى ١٥ كجم MgO/ فدان).

وكما أسلفنا .. فإن من أعراض نقص المغنيسيوم اصفرار المساحات بين العروق فى الأوراق المسنة، ثم موت الأنسجة فى تلك المناطق، بينما تبقى حواف الورقة خضراء فى البداية، ثم تتحول إلى اللون الأصفر مع استمرار نقص العنصر.

وتجدر الإشارة إلى أن الإفراط فى التسميد البوتاسى يساعد على ظهور أعراض نقص المغنيسيوم، بينما يساعد التسميد الآزوتى الجيد على تخفيف حدة أعراض نقصه. وعلى الرغم من أن أيون الأمونيوم يحد من امتصاص أيون المغنيسيوم، إلا أن النيتروجين الأمونيومى غالبًا ما يتحول فى التربة إلى نيتروجين نتراتى؛ حيث يمتصه النبات على هذه الصورة؛ لذا .. فإن التسميد الآزوتى – على أى من صورتيه – يخفف من حدة أعراض نقص المغنيسيوم.

العناصر الدقيقة

الحديد

من أهم أعراض نقص الحديد – كما أسلفنا – ظهور اصفرار عام على الأوراق الحديثة، مع بقاء العروق – غالبًا – خضراء اللون. وتظهر أعراض نقص العنصر – عادة – عندما يقل تركيزه فى التربة عن ٤,٥ جزءًا فى المليون عند استخلاصه بالـ DTPA. كذلك تظهر أعراض نقص الحديد عندما ينخفض تركيزه فى النموات الخضرية عن ٥٠ جزءًا فى المليون على أساس الوزن الجاف. وأفضل وسيلة لإعطاء النباتات حاجتها من العنصر هى رشها مرة أو مرتين بمحلول سلفات الحديدوز $FeSO_4$ بتركيز ٠,٥٪ – ٢,٠٪.

المنجنيز

تظهر أعراض نقص العنصر – عادة – عندما ينخفض تركيزه فى الأوراق عن جزأين فى المليون على أساس الوزن الجاف؛ بينما يجب أن تحتوى الورقة التى أكملت نموها حديثًا – فى بداية مرحلة الإزهار – على أكثر من ٢٠ جزءًا فى المليون من الزنك.

ويتوقع ظهور أعراض نقص الزنك إذا انخفض تركيزه فى التربة عن ٠,٨ جزءًا فى المليون عند استخلاصه بالـ DTPA.

ويعالج نقص العنصر برش النموات الخضرية بمحلولٍ من كبريتات الزنك.

الزنجنيز

تظهر أعراض نقص المنجنيز – عادة – فى الأراضى الرملية الجيرية. ولتجنب تعرض محصول البطاطس لنقص العنصر يجب ألا يقل تركيزه فى التربة عن جزء واحد فى المليون عند استخلاصه منها بالـ diethylenetriamine pentaacetic acid (اختصارًا: DTPA). ويراعى التسميد بالمنجنيز إذا نقص تركيزه فى النبات عن ٢٥ جزءًا فى المليون على أساس الوزن الجاف، أو بمجرد ملاحظة ظهور أعراض نقص العنصر على النبات.

وقد وجد Westermann وآخرون (١٩٩٤) أن محصول البطاطس يزداد بزيادة معدلات التسميد للهكتار حتى ٢٢٤ كجم من النيتروجين (٩٣ كجم للفدان)، و٤٤٨ كجم من K_2O (١٨٧ كجم للفدان)، ولكن زيادة النيتروجين إلى ٣٣٦ كجم للهكتار (١٤٠ كجم للفدان) كان لها تأثير سلبى على المحصول.

هذا.. إلا أن دراسات Joern & Vitosh (١٩٩٥أ) التى أجرياها فى تربة رملية أوضحت أن التسميد الآزوتى بمعدل ١١٢ كجم نيتروجينًا للهكتار (٤٧ كجم للفدان) كان كافيًا لإعطاء محصول جيد من البطاطس، ولكن التربة المستعملة فى تلك الدراسة كانت غنية أصلاً فى النيتروجين؛ إذا إن النباتات امتصت النيتروجين من التربة بمعدلات وصلت — عند بداية مرحلة الشيخوخة — إلى نحو ٢٢٥ كجم للهكتار (٩٤ كجم للفدان). ومن بين الكمية الكلية المتصة من النيتروجين كانت ٦٧٪ منها فى الدرنات.

وعندما استعمل الباحثان (Joern & Vitosh ١٩٩٥ب) نظير النيتروجين N^{15} فى التسميد، وجدا أن كفاءة امتصاص النيتروجين — فى بداية مرحلة الشيخوخة — كانت ٥٢٪ للنبات كله، و٣٤٪ للدرنات وحدها . وبعد الحصاد وُجد ٢٧٪ من النيتروجين الذى استعمل فى التسميد فى التربة حتى عمق ١٢٠ سم، وكانت نحو ٨٣٪ من هذه الكمية فى الثلاثين سنتيمترًا العلوية من التربة، كما كانت ٩٠٪ منها فى الصورة العضوية. وقد بلغت كميات النيتروجين التى امتصتها النباتات، وتلك التى وجدت فى التربة بعد الحصاد حوالى ٦٣٪ من الكمية الكلية التى استعملت أصلاً فى التسميد.

وبصورة عامة .. تقل معدلات تسميد حقول البطاطس المنتجة بغرض التصنيع بمقدار ١٠٪ إلى ٢٠٪ (وخاصة التسميد الآزوتى) عن معدلات تسميد نظيراتها فى حقول الاستهلاك الطازج لتحقيق هدفين، هما:

١–زيادة الكثافة النوعية ونسبة المادة الجافة بالدرنات حتى لا تكون المنتجات المصنعة زيتية المظهر (كلما انخفضت نسبة المادة الجافة — أى كلما ازدادت نسبة

الرطوبة – كلما ازداد الفقد الرطوبى أثناء القلى، وزاد معه تشبع البطاطس بالزيت الذى يحل محل الماء المفقود، وكلما ازداد استهلاك الزيت).

٢- خفض نسبة السكريات المختزلة التى يزيد معها التلون البنى للشيبس والبطاطس المقلية.

ولنفس هذه الأسباب يجب خفض معدلات التسميد الآزوتى كثيرًا فى نهاية موسم النمو فى الحقول المزروعة لأجل التصنيع، أو وقف التسميد الآزوتى كليًّا فى تلك المرحلة.

إن احتمالات انخفاض الكثافة النوعية للدرنات وارتفاع محتواها من النيتروجين النتراتى تزداد عندما يزيد معدل التسميد الآزوتى عما يلزم لإنتاج أعلى محصول من الدرنات (Bélanger وآخرون ٢٠٠٢).

إن المغالاة فى أى من التسميد الآزوتى أو البوتاسى – مع غنى التربة بأى من هذين العنصرين – قد تؤدى إلى خفض محتوى المواد الصلبة بالدرنات. هذا بينما قد يؤدى التسميد الفوسفاتى إلى تحسين الكثافة النوعية للدرنات عند انخفاض مستوى الفوسفور فى التربة.

كذلك فإن الأسمدة ذات مؤشر (دليل) الملوحة salt index العالى تؤدى إلى خفض الكثافة النوعية للدرنات بدرجة أكبر مما تُحدثه الأسمدة الأقل فى مؤشر الملوحة (Laboski & Kelling ٢٠٠٧).

وقد أدت زيادة معدلات التسميد الآزوتى (لصنف البطاطس Russet Burbank) من صفر إلى ٣٠٠ كجم N للهكتار (صفر إلى ١٢٦ كجم N للفدان) إلى زيادة المساحة الورقية، والقدرة على استقبال الأشعة الشمسية، وطول فترة امتصاص النيتروجين، والمحصول الكلى، ولكن دون التأثير على كفاءة استقبال الأشعة الشمسية، أو معدل امتصاص النيتروجين، أو معدل الزيادة فى نمو الدرنات. هذا.. وقد تضاءل معدل استخدام النباتات للنيتروجين المضاف من ١٠٠٪ عندما أضيف ٧٥ كجم نيتروجين

للهكتار (٣١,٥ كجم نيتروجين للفدان) إلى ٥٨٪ عندما أُضيف النيتروجين بمعدل ٣٠٠ كجم للهكتار (Martin ١٩٩٥).

يفضل — دائمًا — أن يكون التسميد الآزوتى فى صورتى العنصر: النتراتية والأمونيومية؛ حيث يؤدى التسميد بمخلوط من الصورتين — مقارنة بالتسميد بإحدى الصورتين فقط، مع استعمال كمية العنصر ذاتها — إلى زيادة تركيز النيتروجين وتراكمه فى النموات الخضرية والجذور، وزيادة الوزن الجاف للنبات. وحدث أعلى تراكم للمادة الجافة عندما كان النيتروجين الأمونيومى بنسبة ٨٪ – ٢٠٪ من الآزوت الكلى المستخدم فى التسميد. وبينما أدى التسميد بالنيتروجين الأمونيومى منفردًا إلى زيادة تركيز الفوسفور فى النموات الخضرية، فإنه أدى — فى المقابل — إلى انخفاض تركيز عنصرى الكالسيوم والمغنيسيوم (Cao & Tibbits ١٩٩٣).

كما لم يجد Martin وآخرون (١٩٩٣) فائدةً من المعاملة بمثبط النترتة dicyandiamide، إلا أن إضافة isobutyldine diurea بمعدل ٥,٦، أو ١١,٢ كجم للهكتار (٢,٣ أو ٤,٦ كجم للفدان) أدت إلى زيادة محصول الدرنات، وتركيز النيتروجين فى الأوراق عند الإزهار.

يؤدى التسميد الفوسفاتى الجيد فى الأراضى الفقيرة فى الفوسفور إلى سرعة تكوين نمو خضرى جيد خلال فترة قصيرة؛ بما يسمح بزيادة الاستفادة — مبكرًا — من الأشعة الشمسية الساقطة؛ الأمر الذى يؤدى إلى زيادة المحصول (Jenkins & Ali ١٩٩٩).

وتتعين إضافة السماد الفوسفاتى للبطاطس فى التربة قبل الزراعة لتتحقق أكبر استفادة منه فى الأراضى الجيرية، حيث يؤدى ذلك إلى زيادة المحصول وصفات الجودة. وتكون استفادة النباتات من الفوسفور المضاف بطريقة الفرتجة (مع ماء الرى) أثناء النمو النباتى ضعيفة (Hopkins وآخرون ٢٠١٠).

وحسبما وجد Papadopoulos (١٩٩٢) .. فإن أفضل تركيز للتسميد بالفوسفور مع مياه الرى بالتنقيط هو ٤٠ جزءًا فى المليون P_2O_5 (٤٠ جرامًا من P_2O_5 فى كل متر

مكعب من مياه الرى)، علمًا بأن الرى كان بمعدل ٠,٨ من الـ USWB Class A pan؛ فعند هذا التركيز للفوسفور فى مياه الرى كان تركيز العنصر فى أعناق الأوراق كما يوصى به للحصول على أعلى محصول وأفضل نوعية للدرنات. كما أعطى هذا التركيز أعلى محصول من البطاطس، مقارنة بتركيز صفر، و٢٠، و٦٠ مجم P_2O_5 فى مياه الرى.

وتفيد عدوى نباتات البطاطس بفطريات الميكوريزا vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi (مثل *Glomus intraradices*، و*G. dimorphicum*، و*G. mosseae*) .. تفيد فى تحسين امتصاص النباتات للفوسفور؛ سواء أكان مستوى العنصر فى التربة منخفضًا، أم جيدًا. كذلك أدت المعاملة إلى تحسين امتصاص النباتات لعناصر النيتروجين، والفوسفور، والمغنيسيوم، والحديد، والزنك فى النباتات النامية فى مستويات منخفضةٍ من الفوسفور، مع زيادة معدلات نمو هذه النباتات (McArthur & Knowles ١٩٩٣).

وقد أدى التسميد بالبوتاسيوم بمعدل ٦٢٧,٢ كجم K_2O للهكتار (٢٦٠ كجم للفدان) إلى نقص التلون الإنزيمى وتركيز الفينولات فى الدرنات، مع زيادة محتواها من حامض الأسكوربيك، والدهون، والرطوبة، وكانت هذه التأثيرات — سواء أكانت بالنقص، أم بالزيادة – عندما استعمل سماد كلوريد البوتاسيوم أكثر وضوحًا مما كان عليه الحال عندما استعمل سماد كبريتات البوتاسيوم (Mondy & Munshi ١٩٩٣).

ويجب أن يزيد تركيز الفوسفور الذائب بأعناق الأوراق عن ١٠٠٠ جزء فى المليون (٠,٢٢٪ فوسفور كلى) حتى اكتمال النمو النباتى.

ويمكن تحويل تركيز الفوسفور الكلى (٪) بالأعناق إلى فوسفور ذائب (بالجزء فى المليون) بالمعادلة التالية:

الفوسفور الذائب (بالجزء فى المليون) = [٥٦٠٠ × (النسبة المئوية للفوسفور الكلى)^{٢}] + [٣٦٢٠ × النسبة المئوية للفوسفور الكلى)] — ١٠(Lang وآخرون ١٩٩٩).

ويفيد التسميد بالكالسيوم حتى ٢٧٠ كجم CaO للهكتار (١١٢,٥ كجم للفدان) قبل الزراعة فى صورة كبريتات كالسيوم (جبس زراعى)، أو ٦٨ كجم CaO للهكتار (٢٨ كجم للفدان) أثناء النمو النباتى فى صورة نترات كالسيوم.. يفيد فى خفض معدلات إصابة الدرنات بالتبقع البنى الداخلى – وهو عيب فسيولوجى – وفى تحسين لون البطاطس المحمرة الناتجة منها (Clough ١٩٩٤).

وأدت إضافة كربيد الكالسيوم CaC_2 المكبسلة encapsulated بمعدل ٦٠ كجم للهكتار (٢٥ كجم/ فدان) إلى منطقة نمو جذور البطاطس عند الزراعة، ثم بعد أسبوعين من الزراعة إلى إحداث زيادة فى النمو الخضرى والوزن النباتى الكلى وعدد الدرنات وزيادة فى المحصول الكلى تراوحت بين ٤٠٪، و٥٠٪ (Abassi وآخرون ٢٠٠٩).

تنخفض حالات الإصابة بالبقع السوداء فى درنات البطاطس جوهريًّا بالمعاملة بالكالسيوم، كما تنخفض – كذلك – جوهريًّا أضرار الخدوش، ويعتقد بأن لذلك علاقة بدور الكالسيوم فى تحسين كفاءة الأغشية الخلوية وبنيان الجدر الخلوية، ولدوره فى تنظيم الاستجابات الفسيولوجية (Karlsson وآخرون ٢٠٠٦).

هذا .. ويتراكم الكالسيوم فى النموات الخضرية للبطاطس بدرجة أكبر عما يحدث فى الدرنات؛ ذلك لأن الكالسيوم المتص ينتقل فى النبات مع الماء الذى يكون تحركه نحو الأجزاء النباتية التى تفقد الماء بالنتح، وخاصة الأوراق. ونظرًا لأن درنات البطاطس تكون محاطة بالتربة المشبعة بالرطوبة فإنها لا تفقد أى من مائها؛ ومن ثم لا يصلها سوى القليل من الكالسيوم الذى تحصل عليه مع الماء الذى يدخل فى تركيب أنسجتها. ولقد وجد أن المدادات الأرضية وأماكن اتصالها بالدرنات والدرنات ذاتها تحمل جذورًا ماصة دقيقة، هى التى تمد الدرنات بالكالسيوم والماء، بينما يمد المجموع الجذرى النموات الهوائية بالعنصر. وبذا.. فإن تركيز الكالسيوم بالدرنات يمكن زيادته بتغذية الدرنات بالكالسيوم خلال مرحلة ازديادها فى النمو والحجم أثناء موسم النمو، وذلك بتوفيره فى منطقة الدرنات والمدادات الأرضية. ولأن الدرنات وما يتصل بها من سيقان

ويجب تجنب التسميد بأكثر من الكميات الموصى بها من البورون، وإلا ظهرت أعراض التسمم من البورون؛ الأمر الذى تزداد خطورته عند احتواء مياه الرى على أكثر من جزء واحد أو جزأين فى المليون من العنصر.

وبالنسبة للعناصر الدقيقة فإن التركيز المناسب للعناصر الدقيقة فى الثلاثين سنتيمترًا العلوية من التربة (بالـ DTPA extraction) يبلغ ٠,٥ جزءًا فى المليون من البورون، وجزء واحد فى المليون من الزنك، و٦– ٨ أجزاء فى المليون من المنجنيز، و٤ أجزاء فى المليون من الحديد، و٠,٢ جزء فى المليون من النحاس (Hopkins وآخرون ٢٠١٠).

هذا .. وقد كان الإنتاج العضوى للبطاطس منخفضًا عن الإنتاج التقليدى فى ثلاثة مواسم متتالية، حيث انخفض فيها محصول الدرنات بمقدار ٥٪، و٥٠٪، و٢٥٪ فى المواسم الثلاثة، على التوالى، وأُرجع ذلك إلى نقص تيسر النيتروجين وشدة الإصابة بالندوة المتأخرة (Ierna & Parisi ٢٠١٤).

برامج التسميد

التسميد فى الأراضى الثقيلة

تنصح وزارة الزراعة فى مصر بأن يكون تسميد البطاطس فى الأراضى الثقيلة على النحو التالى:

١– يضاف ٢٠– ٣٠ م٣ من السماد البلدى القديم المتحلل وقت تجهيز الأرض للزراعة.

٢– يضاف – كذلك مع الأسمدة البلدية – ٦٠–٧٥ وحدة فوسفور فى صورة سماد سوبر فوسفات الكالسيوم، أى حوالى ٤٠٠– ٦٠٠ كجم من السماد للفدان.

٣– تضاف حوالى ١٥٠– ١٨٠ وحدة نيتروجين على ثلاث دفعات متساوية؛ كما يلى:

أ- عند الزراعة – مع الأسمدة البلدية والفوسفاتية – فى صورة سلفات نشادر.

ب- بعد تكامل الإنبات – أى بعد نحو ٤٠- ٥٠ يومًا من الزراعة – فى صورة سلفات نشادر كذلك.

ج- بعد ذلك بنحو أسبوعين، فى صورة نترات نشادر.

٤- تضاف حوالى ٧٢- ٩٦ وحدة بوتاسيوم – فى صورة سلفات بوتاسيوم – على دفعتين متساويتين: عند تكامل الإنبات، وبعد ذلك بنحو أسبوعين؛ أى مع الدفعتين الثانية والثالثة من الأسمدة الآزوتية (وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى ١٩٩٤).

التسميد فى الأراضى الرملية

أ: التسميد بالطريقة السابقة

تضاف الأسمدة العضوية والكيميائية السابقة للزراعة بإحدى طريقتين؛ كما يلى:

١- نثرًا على سطح التربة، ثم تغطى بحراثة الحقل مرة أخرى؛ وتلك هى الطريقة المفضلة عندما يكون الرى بطريقة الغمر.

٢- سرًّا فى باطن خطوط الزراعة؛ وهى تتبع مع أىٍ من نظم الرى الثلاثة: بالغمر، أو بالرش، أو بالتنقيط.

ويتم التسميد بتخطيط الحقل أولاً على المسافات المرغوبة، ثم تضاف الأسمدة نثرًا فى باطن خطوط الزراعة ، ويلى ذلك شق خطوط جديدة بين الخطوط السابقة؛ الأمر الذى يؤدى إلى الترديم على الأسمدة المضافة تلقائيًا.

وتسمد حقول البطاطس – قبل الزراعة – بنحو ٣٠- ٦٠م^{٣} من السماد البلدى (سماد الماشية) للفدان، علمًا بأن البطاطس تعد من أكثر محاصيل الخضر استجابة للتسميد العضوى. ويضيف بعض المزارعين كميات أكبر من ذلك تصل إلى ٨٠ م^{٣} للفدان.

ويشترط فى السماد البلدى المستخدم أن يكون تام التحلل، وخاليًا من بذور الحشائش ومسببات الأمراض. فإن لم يكن كذلك.. وجب أن يحل محله زرق الدواجن، مع تخفيض الكمية المضافة منه إلى الثلث (أى حوالى ١٠– ٢٠ م^3 فقط للفدان). ويفضل خلط السمادين بنسبة ٣ بلدى : ١ زرق الدواجن، مع الأخذ فى الحسبان أن وحدة الحجم من سماد زرق الدواجن تعادل فى قيمتها السمادية حوالى ثلاثة أمثالها من السماد البلدى (سماد الماشية)؛ وبذا.. يضاف ١٥– ٣٠ م^3 فقط من السماد البلدى، وتستبدل الـ ١٥ — ٣٠م^3 الأخرى بنحو ٥– ١٠ م^3 من سماد زرق الدواجن؛ لتصبح النسبة ٣ : ١ من السمادين على التوالى.

وكقاعدة استرشادية.. يضاف السماد العضوى فى بطن خط الزراعة بمعدل متر مكعب واحد كل ١٢٠ مترًا طوليًّا من خط الزراعة، عندما تكون الكمية الموصى بها ٦٠ م^3 للفدان، والمسافة بين خطوط الزراعة ٦٠ سم.

ويلى ذلك نثر الأسمدة الكيميائية — التى يُرغب فى إضافتها قبل الزراعة — على السماد العضوى، ويكون ذلك بالمعدلات التالية:

العنصر	صورة العنصر	الكمية (كجم)	السماد المفضل
النيتروجين	N	٢٠	سلفات النشادر
الفوسفور	P_2O_5	٤٥	السوبر فوسفات العادى
البوتاسيوم	K_2O	٢٠	سلفات البوتاسيوم
المغنيسيوم	MgO	٥	سلفات المغنيسيوم

أى يضاف نحو: ١٠٠ كجم سلفات نشادر، و٣٠٠ كجم سوبر فوسفات عادى، و٤٠ كجم سلفات بوتاسيوم، و٥٠ كجم سلفات مغنيسيوم للفدان.

وبالإضافة إلى ما تقدم.. يضاف الكبريت الزراعى إلى السماد العضوى — فى باطن خط الزراعة — بمعدل يتراوح بين ٢٥– ٥٠ كجم للفدان، وقد تضاف هذه الكمية نثرًا

على سطح التربة. ويكون الهدف الأساسى من إضافة الكبريت – بأى من الطريقتين – هو خفض pH التربة فى منطقة نمو الجذور وليس التسميد بالكبريت؛ نظرًا لأن النبات يحصل على حاجته من عنصر الكبريت من مختلف الأسمدة السلفاتية، ومن الجبس الزراعى، وبعض المبيدات.

ثالثًا: أ ـ نا رأ يـ تضاف ريق ا ب، أ ا ا ر بـ ا ا

لا تُعطى حقول البطاطس أية أسمدة قبل إنبات التقاوى، ثم توالى البطاطس بعد الإنبات بالتسميد بالعناصر الأولية بمعدل حوالى ١٠٠ كجم نيتروجينًا (N)، و ١٥ كجم فوسفورًا (P_2O_5)، و١٠٠ كجم بوتاسيوم (K_2O) للفدان على النحو التالى:

١– تستخدم اليوريا وسلفات الأمونيوم (بنسبة ١ : ١ من النيتروجين المضاف) كمصدر للنيتروجين خلال الأسابيع الثلاثة الأولى بعد الإنبات، ثم تستخدم سلفات النشادر – منفردة – أو مع نترات الأمونيوم بعد ذلك. وتتوقف النسبة المستخدمة من النيتروجين النتراتى على درجة الحرارة السائدة؛ حيث تنتفى الحاجة إليه فى الجو الدافئ (لتحول الأمونيوم إلى نترات بسرعة فى هذه الظروف)، بينما تزيد الحاجة إليه (فى حدود ٢٥– ٥٠٪ من كمية النيتروجين الكلى المضافة) فى الجو البارد (Hochmuth ١٩٩٢).

هذا .. وتحصل نباتات البطاطس على كميات إضافية من النيتروجين تقدر بنحو ٢٠ كجم للفدان من حامض النيتريك الذى يستخدم فى إذابة الأملاح التى تسد النقاطات (بنسبة ٢ فى الألف كلما دعت الضرورة)،ولإذابة سلفات البوتاسيوم (كما سيأتى بيانه).

٢– يستخدم سوبر فوسفات الكالسيوم العادى، أو التربل سوبر فوسفات كمصدر للفوسفور فى حالة التسميد الأرضى، بينما يستخدم حامض الفوسفوريك فى حالة التسميد مع ماء الرى؛ حيث تقل فرصة تثبيت الفوسفور المضاف؛ لأن حامض الفوسفوريك يعمل على خفض pH ماء الرى؛ الأمر الذى يمنع ترسيب الفوسفور، حتى مع وجود الكالسيوم فى ماء الرى.

٣- تستخدم سلفات البوتاسيوم كمصدر للبوتاسيوم، ويلزم — فى حالة إضافتها مع ماء الرى — عمل عجينة من السماد مع حامض النيتريك بنسبة ٤ :١، وتركها يومًا كاملاً قبل إذابتها فى الماء، وأخذ الرائق للتسميد به.

كذلك يمكن استخدام أحد الأسمدة السائلة كمصدر للبوتاسيوم. وبالنظر إلى أن ما يوجد فى هذه الأسمدة من عنصر البوتاسيوم يكون جاهزًا لامتصاص النبات، ولا يفقد منه شيء؛ لذا .. يمكن — عند استخدامها — خفض كمية البوتاسيوم (K_2O) الموصى بها إلى النصف؛ فيستعمل منها ما يكفى لإضافة ٥٠ كجم K_2O للفدان مع ماء الرى، بالإضافة إلى الـ ٢٠ كجم الأخرى التى تضاف فى باطن الخط قبل الزراعة.

٤- توزيع كميات عناصر النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم المخصصة للمحصول على النحو التالى:

أ- يزداد معدل التسميد بالنيتروجين — تدريجيًّا — إلى أن يصل إلى أقصى معدل له بعد الإنبات بنحو ستة أسابيع، ثم تتناقص الكمية التى يسمد بها تدريجيًّا إلى أن يتوقف التسميد نهائيًّا قبل الحصاد بنحو أسبوعين.

ب- يزداد معدل التسميد بالفوسفور — سريعًا — بعد الإنبات، إلى أن يصل إلى أقصى معدل له بعد نحو خمسة أسابيع من الإنبات، ثم تتناقص الكمية المضافة — تدريجيًّا — إلى أن يتوقف التسميد بالفوسفور نهائيًّا قبل الحصاد بنحو ثلاثة أسابيع.

ج- يزداد معدل التسميد بالبوتاسيوم — ببطء — إلى أن يصل إلى أقصى معدل له بعد نحو ١٠- ١٢ أسبوعًا من الإنبات — حسب التبكير فى نضج الصنف المزروع — ثم تتناقص الكمية المضافة منه — تدريجيًّا — إلى أن يتوقف التسميد بالبوتاسيوم تمامًا قبل الحصاد بنحو أسبوع واحد.

٥- تحسب الكمية اللازمة من جميع الأسمدة لكل أسبوعٍ من موسم النمو — حسب مرحلة النمو النباتى — ثم تضاف بالكيفية التالية:

أ- فى حالة الرى السطحى

تخلط الأسمدة معًا، وتضاف على فترات أسبوعية – تكبيشًا – إلى جانب النباتات، وعلى مسافة ٧ سم من قاعدتها. ويمكن إضافة الأسمدة سرًّا إلى جانب النباتات عندما يكبر حجمها وتتشعب جذورها.

ب- فى حالة الرى بالرش

تخلط الأسمدة معًا. وتضاف نثرًا حول قاعدة النباتات على فترات أسبوعية. كذلك يمكن التسميد بالآزوت مع ماء الرى بالرش خلال النصف الثانى من حياة النبات، حينما تكون جذوره قد تشعبت فى الحقل إلى درجة تسمح بأكبر استفادة ممكنة من الأسمدة المضافة التى تتوزع مع ماء الرى فى كل الحقل. ويلزم فى هذه الحالة تشغيل جهاز الرى بالرش أولاً بدون سماد، لمدة تكفى لبلّ سطح التربة، وبل أوراق النبات، وإلا فقد السماد بتعمقه فى التربة مع ماء الرى. يلى ذلك إدخال السماد مع ماء الرى لمدة تكفى لتوزيعه بطريقة متجانسة فى الحقل، ويعقب ذلك الرى بالرش دون تسميد لمدة ١٠- ١٥ دقيقة بغرض غسل السماد من على الأوراق، وتحريكه فى التربة، والتخلص من آثاره فى جهاز الرى بالرش.

كذلك يمكن باتباع الطريقة السابقة ذاتها التسميد بكل من عنصرى الفوسفور والبوتاسيوم – بالإضافة إلى النيتروجين – وذلك باستعمال الأسمدة المركبة السائلة أو السريعة الذوبان، كما قد تستعمل الأسمدة التجارية المفردة بالطريقة الموضحة تحت موضع التسميد فى حالة الرى بالتنقيط.

ج- فى حالة الرى بالتنقيط

يتم التسميد مع ماء الرى بالتنقيط – عادة – ست مرات أسبوعيًّا، ويخصص اليوم السابع للرى بدون تسميد.. وتوزع الأسمدة المخصصة لكل أسبوع على أيام التسميد الستة بأحد النظم التالية:

(١) تخلط جميع الأسمدة المخصصة لليوم الواحد، ويسمد بها معًا، وهذا هو النظام المفضل.

(٢) يخصص يومان للتسميد الآزوتى، ثم يوم للتسميد الفوسفاتى والبوتاسى ... وهكذا.

(٣) تخصص ثلاثة أيام منفصلة للتسميد الآزوتى، والفوسفاتى، والبوتاسى، ثم تعاد الدورة... وهكذا.

ويمكن – فى حالة التسميد مع ماء الرى بالتنقيط – استبدال الأسمدة التقليدية بالأسمدة المركبة السائلة، أو السريعة الذوبان إذا كان استخدامها اقتصاديًّا، ويتوقف تحليل السماد المستخدم على مرحلة النمو النباتى؛ حيث يمكن استعمال سماد تحليله ١٩–٦–٦ لمدة أربعة أسابيع بعد الإنبات، يحل محله سماد تركيبه ٢٠–٥–١٥ إلى نهاية الأسبوع الثامن، ثم يحل محله سماد تركيبه ١٥–٥–٣٠ إلى ما قبل الحصاد بنحو أسبوعين.

يكون استخدام هذه الأسمدة بكميات تفى بحاجة النباتات من عناصر النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم. وكما سبق أن أوضحنا.. فإن العناصر الغذائية فى تلك الأسمدة تكون جاهزة لأن تمتصها النباتات مباشرة، ولا يفقد منها شىء؛ لذا.. يمكن عند استخدامها خفض كمية عنصرى النيتروجين والبوتاسيوم الموصى بها إلى ٥٠ كجم N ، و٥٠ كجم K_2O للفدان. أما الفوسفور.. فتبقى الكمية الموصى بها بعد الزراعة – وهى ١٥ كجم P_2O_5 للفدان – كما هى؛ نظرًا لأن التسميد المنفرد بالفوسفور يكون بحامض الفوسفوريك الجاهز للامتصاص السريع على أية حال.

ويكفى – عادة – نحو ١,٥ كجم (أو ١,٥ لترًا) من تلك الأسمدة للفدان يوميًّا بعد إنبات التقاوى، ثم تزداد الكمية – تدريجيًّا – إلى أن تصل إلى نحو ٣– ٤ كجم يوميًّا فى منتصف موسم النمو، ثم تتناقص – تدريجيًّا – إلى أن تصل إلى ١,٥ كجم للفدان يوميًّا – مرة أخرى – قبيل انتهاء موسم الحصاد.

وكما فى حالة التسميد بالأسمدة التقليدية .. يلزم تخصيص يوم واحد أو يومين أسبوعيًا للرى بدون تسميد؛ بهدف خفض تركيز الأملاح فى منطقة نمو الجذور.

هذا .. ويتعين عدم التسميد – مع ماء الرى – بالأسمدة التى تحتوى على أيونى الفوسفات (مثل حامض الفوسفوريك)، أو الكبريتات (مثل: سلفات الأمونيوم وسلفات البوتاسيوم) عند احتواء ماء الرى على تركيزات عالية من الكالسيوم؛ لكى لا يترسبا بتفاعلهما مع الكالسيوم.

ثالثًا: أ [illegible] نا [illegible] أ [illegible] تضاف ب [illegible]

إن أهم العناصر الكبرى الأخرى – بخلاف عناصر: النيتروجين، والفوسفور والبوتاسيوم – هى عناصر: الكبريت، والمغنيسيوم، والكالسيوم.

يحصل النبات على حاجته من عنصر الكبريت – بصفة أساسية – من كبريتات الأمونيوم وكبريتات البوتاسيوم، وسوبر فوسفات الكالسيوم، والجبس الزراعى (الذى قد يستخدم لإصلاح الأراضى الشديدة القلوية – مع الغمر – كل سنتين)، والكبريت الزراعى (الذى قد يستعمل بغرض خفض pH التربة)، بالإضافة إلى ما يوجد من كبريت بالأسمدة الورقية، وبعض المبيدات. ولا توجد حاجة إلى أية إضافات أخرى من هذا العنصر.

كذلك يحصل النبات على حاجته من المغنيسيوم من سلفات المغنيسيوم التى تضاف قبل الزراعة، بالإضافة إلى ما يتوفر من العنصر فى الأسمدة المركبة؛ سواء تلك التى تستخدم فى مد النبات بحاجته من العناصر الأولية (النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم)، أم الأسمدة الورقية؛ لذا .. لا يحتاج الأمر إلى مزيد من التسميد بالمغنيسيوم، إلاّ إذا ظهرت أعراض نقص العنصر؛ حيث يسمد – حينئذ – بكبريتات المغنيسيوم بمعدل ٥ كجم للفدان؛ إما رشًّا، وإما مع ماء الرى بالتنقيط، مع تكرار المعاملة أسبوعيًّا إلى أن تختفى أعراض نقص العنصر.

أما الكالسيوم .. فيحصل النبات على معظم حاجته منه من سوبر فوسفات الكالسيوم ومن الجبس الزراعى الذى قد تعامل به التربة، بالإضافة إلى ما قد يتوفر من العنصر فى الأسمدة المركبة بنوعيها. ويراعى – دائمًا – عدم إضافة الأسمدة المحتوية على الكالسيوم – إلى ماء الرى – مع الأسمدة التى تحتوى على أيونى الفوسفات، أو الكبريتات؛ لكى لا يترسبا بتفاعلهما مع الكالسيوم.

وإذا دعت الحاجة إلى التسميد بالكالسيوم، فإنه يمكن استعمال سماد نترات الكالسيوم الجيرى (عبود). يحتوى هذا السماد على عنصر النيتروجين — على صورة نترات — بالإضافة إلى الكالسيوم، كما أنه يخلف شوائب عند محاولة إذابته؛ لذا .. يجب خصم كمية النيتروجين المضافة — عند استعمال هذا السماد كمصدر للكالسيوم — من كمية النيتروجين الكلية التى يُرغب فى إضافتها، مع استعمال رائق السماد فقط فى التسميد.

ب: أ ـ ا ـنا ـ ا ـصـ ـ

تستجيب البطاطس — كغيرها من محاصيل الخضر — إلى التسميد بالعناصر الصغرى: (الحديد، والزنك، والمنجنيز، والنحاس)، ولكنها تتعرض للتثبيت إذا كانت إضافتها عن طريق التربة، أو مع ماء الرى؛ لأن هذه العناصر تثبت فى الأراضى القلوية، فى حين أن جميع الأراضى الصحراوية قلوية؛ لذا لا تفضل إضافة هذه العناصر عن طريق التربة إلا فى صورة مخلبية.

ويمكن إضافة ملح الكبريتات لهذه العناصر بطريقة الرش بمعدل ١– ١,٥ كجم مع ٤٠٠ لتر ماء للفدان. وإذا استخدمت الصورة المخلبية لهذه العناصر رشًّا على الأوراق .. فإنها تستعمل بمعدل ٠,٢٥– ٠,٥٠ كجم فى ٤٠٠ لتر ماء للفدان.

أما عنصر البورون .. فإنه يضاف دائمًا فى صورة معدنية على صورة بوراكس؛ إما عن طريق التربة بمعدل ٥– ١٠ كجم للفدان، وإما رشًّا على الأوراق بمعدل ١– ٢ كجم فى ٤٠٠ لتر ماء للفدان.

ويمكن استبدال الأسمدة المفردة — التى سبق ذكرها — بالأسمدة المركبة وهى كثيرة جدًّا. تعطى أربع رشات من هذه الأسمدة؛ تكون أولاها بعد إنبات التقاوى بنحو ثلاثة أسابيع ثم كل ثلاثة أسابيع بعد ذلك.

وعمومًا .. يُفيد رش الأوراق بأى من العناصر الدقيقة فى التغلب على أعراض نقصها، علمًا بأنها تنتقل بيسر وسهولة من الأوراق إلى الدرنات باستثناء البورون الذى يكون بطيئًا فى الانتقال. وتستعمل أملاح الكبريتات أو الصورة المخلبية لكل من عناصر المنجنيز والزنك والحديد، وقد تلزم عدة رشات من الحديد. أما البورون فقد يكون الرش ببورات الصوديوم أو السوليوبور solubor أو حامض البوريك. وبالمقارنة فإن النحاس —

الذى قد يُستعمل فى صورة ملح الكبريتات أو الصورة المخلبية – يتوفر – عادة – فى عديد من المبيدات الفطرية (Hopkins وآخرون ٢٠١٠).

مراجع إضافية فى تسميد البطاطس

لمزيد من التفاصيل عن تسميد البطاطس .. يُراجع Lang وآخرين (١٩٩٩)، وHopkins وآخرين (٢٠١٠)، كما يُراجع Palta (٢٠١٠) بخصوص التسميد بالكالسيوم.

البطاطا

ترتبط زراعة البطاطا غالبًا بالأراضى الفقيرة، وهى تتشابه فى هذا الأمر مع الكاسافا، ويرجع ذلك إلى نجاح زراعتها فى الأراضى الرملية غير الخصبة، وإلى نقص محصولها أحيانًا فى الأراضى الثقيلة العالية الخصوبة. وعلى الرغم من ذلك فإن المحصول الجيد للبطاطا لا يتأتى إلا تحت ظروف التسميد الجيد والمتوازن، حيث ترتفع كثيرًا احتياجات المحصول من البوتاسيوم.

لا تعد البطاطا من المحاصيل المجهدة للتربة، كما أنه لا يناسبها التسميد الغزير؛ فكثرة الأسمدة العضوية تساعد على انتشار الأمراض. وتؤدى زيادة التسميد الآزوتى إلى زيادة النمو الخضرى على حساب النمو الجذرى، وتكوين جذور طويلة، ورفيعة، ومضلعة، وذات لون داخلى باهت. وتؤدى زيادة التسميد بكلوريد البوتاسيوم إلى نقص نسبة المادة الجافة بالجذور. والتأثير هنا مرده إلى أيون الكلور، ولكن التسميد المعقول ضرورى لإنتاج محصول جيد من البطاطا. وللبوتاسيوم أهمية خاصة فى تكوين جذور قصيرة وممتلئة، والبورون ضرورى لمنع تكون تعرقات قاتمة اللون Dark Streaks فى مركز الجذور، وهى التى تعد عيبًا فسيولوجيًّا. والتسميد الآزوتى ضرورى لتكوين نمو خضرى جيد، قبل أن تبدأ الجذور فى الزيادة فى الحجم. وقد وجد Constantin وآخرون (١٩٧٤) أن زيادة كمية السماد الآزوتى تؤدى إلى زيادة نسبة البروتين فى الجذور، بينما لم يكن لها أى تأثير على نسبة الألياف.

تعرف الحاجة إلى التسميد من تحليل النبات

يمكن التعرف على مدى حاجة النباتات إلى التسميد بتحليل النبات فى منتصف موسم النمو، ويستخدم فى التحليل عنق الورقة السادسة من القمة النامية للنبات. ويدل وجود

النيتروجين (على صورة NO_3) بتركيز ١٥٠٠ جزء فى المليون، والفوسفور (على صورة PO_4) بتركيز ١٠٠٠ جزء فى المليون، والبوتاسيوم بتركيز ٣٪ على أن النباتات تعانى من نقص هذه العناصر حتى وإن لم تظهر عليها الأعراض. وتستجيب النباتات للتسميد بها ما دام تركيزها فى النبات يكون أقل من ٣٥٠٠ جزء فى المليون، و ٢٠٠٠ جزء فى المليون، و٥٪ للعناصر الثلاثة على التوالى، وهى مستويات الكفاية فى هذه المرحلة من النمو.

وتظهر أعراض نقص العناصر المختلفة على النموات الخضرية للبطاطا عندما ينخفض محتوى أنسجتها – على أساس الوزن الجاف – عن ٠,١٢٪

وقد تبين أن أصناف البطاطا التى تعطى محصولاً عاليًا فى المستويات العالية من التسميد الآزوتى تكون فيها المساحة الورقية/نبات أقل مما فى الأصناف المتأقلمة على مستويات النيتروجين المنخفضة (عن Villagarcia وآخرين ١٩٩٨).

هذا .. وعند خفض معدل التسميد الآزوتى فإن الآزوت يصبح محدِّدًا للنمو الخضرى قبل تأثيره على معدل البناء الضوئى، كما يكون تأثيره أقوى على النمو الخضرى عن تأثيره على معدل البناء الضوئى؛ مما يزيد من قدره الجذور على استقبال الغذاء المجهز فى المستويات المنخفضة من النيتروجين (Villagarcia وآخرون ١٩٩٨).

وإلى جانب عدم الافراط فى التسميد الآزوتى للبطاطا لأنه يؤدى إلى زيادة النمو الخضرى على حساب تكوين الجذور، والتى تكون عميقة التضليع، فإنه يتعين عدم تسميد البطاطا بالأسمدة البلدية غير تامة التحلل لأنها تجعل الجذور أكثر قابلية للإصابة بالقشف scurf.

ولكل من العناصر الأولية أهميته الخاصة، كما يلى:

• يعد البوتاسيوم هامًّا لتكوين الجذور الخازنة الكبيرة لأن زيادة تركيز العنصر فى الأوراق عن ٤٪ يحفز انتقال الغذاء المجهز من الأوراق إلى الجذور، علمًا بأن زيادة تركيز الغذاء المجهز بالأوراق يعد مثبطًا لعملية البناء الضوئى.

• تؤدى زيادة توفر النيتروجين للنبات إلى تحفيز النمو الخضرى، مما يخفض من تركيز البوتاسيوم بالأوراق. ويفسر ذلك سبب ارتفاع محصول البطاطا عند انخفاض نسبة السماد الآزوتى إلى البوتاسى. والنسبة الموصى بها هى < ١ : ٣ إلاّ أن النسبة المثلى تتوقف على نسبة الكربون إلى النيتروجين ونسبة النيتروجين إلى البوتاسيوم فى التربة (عن Norman وآخرين ١٩٩٥).

• نادرًا ما تستجيب البطاطا للتسميد بالفوسفور، ويرجع ذلك إلى أنها – مثل الكاسافا واليام – جيدة التأقلم على انخفاض مستوى الفوسفور فى التربة، وتعد قادرة على إعطاء ٧٥٪ من أقصى محصول لها فى ظروف ينخفض فيها مستوى الفوسفور فى

المحلول الأرضى إلى ٠,١ ميكرومول فوسفور/لتر (عن Norman وآخرين ١٩٩٥).

• وترتبط جذور البطاطا أحيانًا بالميكوريزا *Glomus fasciculatum*؛ مما يسمح لها بالحصول على احتياجاتها من الفوسفور فى الأراضى الفقيرة فى العنصر.

أما عن الاحتياجات السمادية الفعلية .. فإنه يمكن الاسترشاد فى تقديرها، بما يلى:

• قدرت احتياجات البطاطا السمادية فى بعض الولايات الأمريكية بنحو ٣٢– ٤٠ كجم نيتروجين، و٦٠– ١٠٠ كجم P_2O_5، و٩٠ – ١٥٠ كجم K_2O (Lorenz & Maynard ١٩٨٠).

• يمكن استعمال سماد مركب تحليله ٦–٩–١٥ بمعدل ٥٦٠– ١١٢٠ كجم للهكتار (حوالى ٢٣٥– ٤٧٠ كجم/فدان). ويمكن – كبديل لذلك – استعمال الأسمدة البسيطة بمعدل ٣٤– ٤٥ كجم N للهكتار (١٤– ١٩ كجم N/فدان)، و٥٠– ١٠٠ كجم P_2O_5 للهكتار (حوالى ٢١– ٤٢ كجم P_2O_5/فدان)، و٨٤– ١٦٩ كجم K_2O للهكتار (حوالى ٣٥– ٧١ كجم K_2O/فدان). ويفضل استعمال نترات الأمونيوم كمصدر للنيتروجين، مع مراعاة الحذر التام من الإفراط فى التسميد الآزوتى لكى لا يتأخر تكوين الدرنات ويزداد النمو الخضرى على حساب النمو الجذرى (عن Onwueme ١٩٧٨).

برنامج التسميد

يوصى بتسميد البطاطا فى الأراضى السوداء المتوسطة الخصوبة بنحو ٢٠ م^3 من السماد العضوى القديم المتحلل تضاف أثناء إعداد الحقل للزراعة، ويضاف معها ٤٥ كجم P_2O_5 (حوالى ٣٠٠ كجم سوبر فوسفات عادى) للفدان. أما بعد الزراعة فيتم التسميد بحوالى ٣٠ كجم N، و١٠٠ كجم K_2O للفدان تضاف على ثلاث دفعات، كما يلى: تكون الدفعة الأولى بعد حوالى شهر من الزراعة ويضاف فيها حوالى ١٥ كجم N (يستخدم لذلك سماد سلفات النشادر)، و٢٥ كجم K_2O (حوالى ٥٠ كجم سلفات بوتاسيوم)، وتكون الدفعة الثانية بعد نحو شهر من الدفعة الأولى ويضاف فيها حوالى

١٥ كجم N (يستخدم لذلك سماد نترات النشادر)، و٥٠ كجم K_2O، وتكون الدفعة الثالثة بعد الدفعة الثانية بنحو ٢– ٣ أسابيع ويضاف فيها ٢٥ كجم K_2O.

يلاحظ فى برنامج التسميد المقترح الاقتصاد الشديد فى التسميد الآزوتى، ويعد ذلك ضروريًّا فى البطاطا لأجل الحد من النمو الخضرى الذى يكون على حساب النمو الدرنى. وبينما يمكن فى الأراضى العالية الخصوبة، أو عند الزراعة بعد البرسيم خفض كمية النيتروجين المستعملة إلى ٢٠ كجم فقط للفدان، فإنه يمكن فى الأراضى القليلة الخصوبة زيادة كمية النيتروجين المستعملة إلى ٤٠ كجم للفدان.

كذلك يلاحظ فى البرنامج السمادى المقترح زيادة كمية البوتاسيوم الموصى بها، وذلك لما للبوتاسيوم من أهمية فى زيادة المحصول، وزيادة دكنة اللون الخارجى الأحمر للجذور، وزيادة قدرتها على تحمل التداول والتخزين، ولذلك كله علاقة بدور البوتاسيوم فى نقل الغذاء المجهز بالأوراق إلى الجذور.

ويتعين فى الأراضى الرملية توزيع كميات الأسمدة الموصى بها على جرعات صغيرة تضاف مع مياه الرى بمعدل ٣–٤ مرات أسبوعيًّا.

وبالإضافة إلى ما سبق .. تسمد النباتات بمخلوط من العناصر الدقيقة المخلبية بعد الزراعة بشهر، ثم شهريًّا بعد ذلك.

القلقاس

يعتبر القلقاس من النباتات المجهدة للتربة، ويحتاج إلى كميات كبيرة من الأسمدة. يسمد القلقاس فى مصر بنحو ٤٠م^3 من السماد العضوى، تضاف ثلاثة أرباع الكمية عند إعداد الحقل للزراعة، والربع الباقى عند إجراء عملية التكتيف فى شهر يوليو. يستعمل أيضًا نحو ٦٠ كجم من النيتروجين، و٤٥ كجم P_2O_5 (حوالى ٣٠٠ كجم سوبر فوسفات)، و٧٥ كجم K_2O (١٥٠ كجم سلفات بوتاسيوم) للفدان.

تضاف الأسمدة الكيميائية على دفعتين متساويتين: الأولى، منهما فى شهر مايو، والثانية فى شهر يوليو عند إجراء عملية التكتيف. وللتسميد المبكر أهمية كبيرة فى إعطاء النباتات دفعة قوية للنمو الخضرى قبل أن يبدأ تكوين الكورمات.

الجـزر

يعتبر الجزر من المحاصيل المجهدة للتربة، والتى تجب العناية بتسميدها.

أهمية العناصر وأعراض نقصها

يعتبر الآزوت ضروريًّا لكل من النمو الخضرى والجذرى، إلا أن الإفراط فى التسميد الآزوتى يؤدى إلى زيادة النمو الخضرى على حساب النمو الجذرى، مع نقص نسبة السكر، وزيادة نسبة الرطوبة فى الجذور.

ويعد الفوسفور ضروريًّا للنمو الجذرى الجيد، ولزيادة نسبة السكر فى الجذور.

ويلزم البوتاسيوم للمساعدة على سرعة انتقال المواد الكربهيدراتية المجهزة من الأوراق إلى الجذور. تظهر أعراض نقص البوتاسيوم فى الجزر على صورة تجعد بالأوراق وتلون بنى بالحواف، مع بهتان اللون الأخضر فى الأجزاء الداخلية منها واصفرارها إلى أن تصبح برونزية.

وتتميز أعراض نقص الكالسيوم بظهور العيب الفسيولوجى الذى يعرف باسم البقع الكهفية cavity spot، وأهم أعراضه خشونة الجذور وظهور نقر بها. يقل عادة محتوى الكالسيوم فى جذور الجزر التى يظهر بها ذلك العيب الفسيولوجى عن ٠,٢٥٪ على أساس الوزن الجاف.

ومن أهم مظاهر نقص المغنيسيوم بهتان لون الأوراق وتكون بقع صفراء أو بنية اللون فى أطرافها أو بفصوصها (عن Purvis & Carolus ١٩٦٤).

التعرف على مدى الحاجة للتسميد من تحليل النبات

يبلغ مستوى النقص والكفاية للعناصر الأولية فى أعناق وأنصال أوراق الجزر بعد ٦٠ يومًا من الزراعة، كما يلى:

العنصر	مستوى النقص	مستوى الكفاية
النيتروجين النتراتى (جزء فى المليون)	٥٠٠٠	٧٥٠٠
الفوسفور PO_4 (جزء فى المليون)	٢٠٠٠	٣٠٠٠
البوتاسيوم K (٪)	٤	٦

كما يبلغ مستوى الكفاية من مختلف العناصر فى المادة الجافة لأوراق الجزر بعد ٦٠ يومًا من الزراعة وعند الحصاد، كما يلى (عن Rubatzky وآخرين ١٩٩٩).

العنصر	بعد ٦٠ يومًا من الزراعة	عند الحصاد
النيتروجين (٪)	١,٨– ٢,٥	١,٥– ٢,٥
الفوسفور (٪)	٠,٢– ٠,٤	٠,١٨– ٠,٤
البوتاسيوم (٪)	٢,٠– ٤,٠	١,٤– ٠,٤
الكالسيوم (٪)	٢,٠– ٣,٥	١,٠– ١,٥
المغنيسيوم (٪)	٠,٢– ٠,٥	٠,٤– ٠,٥
الحديد (جزء فى المليون)	٣٠– ٦٠	٢٠– ٣٠
المنجنيز (جزء فى المليون)	٣٠– ٦٠	٣٠– ٦٠
الزنك (جزء فى المليون)	٢٠– ٦٠	٢٠– ٦٠
البورون (جزء فى المليون)	٢٠– ٤٠	٢٠– ٤٠
النحاس (جزء فى المليون)	٤– ١٠	٤– ١٠

الاحتياجات السمادية

تمتص نباتات الفدان الواحد من الجزر حوالى ٧٠ كجم نيتروجينًا، و١٢ كجم فوسفورًا، و١٧٠ كجم بوتاسيوم. ورغم أنه لا يصل إلى الجذور سوى ٤٠، و١٠، و١٠٠ كجم من العناصر الثلاثة، على التوالى .. إلاّ أن الكمية الممتصة كلها تُزال نهائيًا من الحقل؛ نظرًا لأن الجزر يحصد بعروشه (أى بنمواته الخضرية).

وتتراوح احتياجات الفدان السمادية من الجزر (فى الولايات المتحدة الأمريكية) من ١٥– ٨٥ كجم نيتروجينًا، و٣٠– ٧٥ كجم P_2O_5، و٢٠– ١٠٠ كجم K_2O.

وقد تراوحت كمية النيتروجين المثلى التى لزمت لتسميد الجزر فى تربة رملية (فى ولاية فلوريدا الأمريكية) بين ١٥٠، و١٨٠ كجم N للهكتار (٦٣– ٧٦ كجم N للفدان) حسب موعد الزراعة، حيث أعطت أعلى محصول وأفضل نوعية من الجذور (Hochmuth وآخرون ١٩٩٩).

ولا تجوز إضافة الأسمدة العضوية الطازجة قبل الزراعة مباشرة؛ لأن ذلك يؤدى إلى زيادة نسبة الجذور المتفرعة. ويرجع ذلك إلى التركيز المرتفع لحامض اليوريك بهذه الأسمدة. ويفضل إما إضافة السماد العضوى إلى المحصول السابق للجزر فى الدورة، وإما استعمال سماد قديم تام التحلل.

برنامج التسميد

أولا: فى الأراضى السوداء

يسمد الجزر فى الأراضى السوداء بنحو ١٥ م^{٣} من السماد البلدى القديم التام التحلل، ويضاف معه ٢٥٠ كجم سوبر فوسفات كالسيوم أحادى (حوالى ٤٠ وحدة P_2O_5)، و٥٠ كجم سلفات نشادر (١٠ كجم N)، و٢٥ كجم سلفات بوتاسيوم (١٢ وحدة K_2O) وتضاف باقى الأسمدة الكيميائية بعد الزراعة، بواقع ١٠٠ كجم نترات نشادر (٣٣,٥ كجم N)، و٥٠ كجم سلفات بوتاسيوم (٢٥ كجم K_2O) بعد نحو أربعة أسابيع من الزراعة، ثم ٥٠ كجم نترات نشادر (حوالى ١٦,٥ كجم N)، و٥٠ كجم سلفات بوتاسيوم (٢٥ كجم K_2O) بعد ثلاثة أسابيع أخرى. وبذا.. يكون إجمالى كمية العناصر السمادية المستعملة: ٦٠ كجم N، و٤٠ كجم P_2O_5، و٦٢ كجم K_2O للفدان.

ثانيًا: فى الأراضى الرملية

يسمد الجزر فى الأراضى الرملية التى تروى بالرش على النحو التالى:

يضاف قبل الزراعة ١٥م^{٣} سمادًا بلديًّا، و٥م٣ زرق دواجن، و٢٠ كجم N (١٠٠ كجم سلفات نشادر)، و٤٥ كجم P_2O_5 (حوالى ٣٠٠ كجم سوبر فوسفات عادى)، و٢٥ كجم K_2O (٥٠ كجم سلفات بوتاسيوم)، و٥ كجم MgO (٥٠كجم سلفات مغنيسيوم) للفدان. تكون إضافة هذه الأسمدة نثرًا، مع خلطها جيدًا بالطبقة السطحية من التربة قبل الزراعة.

أما بعد الزراعة فتسمد حقول الجزر بنحو ٦٠ كجم N (يفضل أن يكون ٥٠٪–٧٥٪ منه نيتراتيًّا)، و٥٠ كجم K_2O (يمكن استعمال سلفات البوتاسيوم)، مع إضافة تلك الكميات فى جرعات أسبوعية (مع مياه الرى ٣–٤ مرات أسبوعيًّا) على امتداد موسم النمو (بداية من بعد اكتمال الإنبات بأسبوعين وحتى قبل الحصاد بأسبوعين)، وعلى أن تكون أعلى معدلات للتسميد بكل من الآزوت والبوتاسيوم بعد ٦، و١٠ أسابيع من الإنبات، على التوالى.

هذا .. ويحتاج الأمر إلى ٢–٣ رشات بالأسمدة الورقية التى تحتوى على العناصر الدقيقة، ويكون ذلك بعد حوالى ٣، و٦، و٩ أسابيع من إنبات البذور.

اللفت

يكون برنامج تسميد اللفت، كما يلى:

أولا: فى حالة الرى بالغمر

فى حالة إجراء الرى سطحيًّا بطريقة الغمر فإن اللفت يسمد بنحو ١٥م^3 من السماد العضوى للفدان، يضاف أثناء تجهيز الأرض قبل الزراعة، ويخلط معها حوالى ١٥ كجم N (حوالى ١٥٠ كجم سلفات نشادر)، و٣٠ كجم P_2O_5 (حوالى ٢٠٠ كجم سوبر فوسفات عادى)، و١٥ كجم K_2O (حوالى ٣٠ كجم سلفات بوتاسيوم)، و٥ كجم MgO (٥٠ كجم سلفات مغنيسيوم)، و١,٥ كجم بورون (١٥ كجم بوراكس) للفدان. تكون إضافة هذه الأسمدة نثرًا مع خلطها جيدًا بالطبقة السطحية من التربة.

ويستكمل برنامج التسميد أثناء النمو النباتى على النحو التالى:

١– بعد إنبات البذور بحوالى ٣ أسابيع يضاف ٣٠ كجم N (حوالى ١٠٠ كجم نترات نشادر)، و١٥ كجم K_2O (حوالى ٣٠ كجم سلفات بوتاسيوم) للفدان.

٢– بعد ذلك بنحو أسبوعين يضاف ١٥ كجم N (حوالى ٥٠ كجم نترات نشادر)، و٣٠ كجم K_2O (حوالى ٦٠ كجم سلفات بوتاسيوم) للفدان.

وتضاف تلك الأسمدة نثرًا أو سرًّا إلى جانب النباتات مع التغطية عليها بالتربة، وذلك حسب طريقة الزراعة المتبعة.

ثانيًا: فى حالة الرى بالرش

يتبع فى حالة الرى بالرش برنامج التسميد ذاته الموصى به فى حالة الرى بالغمر، ولكن مع مراعاة زيادة كميات الأسمدة التى تضاف أثناء النمو النباتى بنسبة حوالى ٢٥٪، وتجزئتها بحيث توزع على امتداد موسم النمو بداية من الأسبوع الثانى بعد الإنبات حتى قبل الحصاد بأسبوع بالنسبة للبوتاسيوم، وأسبوعين بالنسبة للنيتروجين، ومع مراعاة أن تكون أعلى معدلات للتسميد هى بعد الإنبات بأربعة أسابيع وستة أسابيع بالنسبة للنيتروجين والبوتاسيوم على التوالى. ويلزم إعطاء الحقل رشة واحدة على الأقل بأسمدة العناصر الدقيقة بعد حوالى ٤ أسابيع من الإنبات.

البنجر

يتطلب إنتاج محصول مرتفع ذى نوعية جيدة من الجذور أن يكون النمو النباتى منتظمًا وسريعًا، ويستلزم ذلك العناية بتوفير العناصر الغذائية اللازمة للنباتات، فيعتبر البنجر من الخضر التى تستجيب جيدًا للتسميد الآزوتى، وللتسميد بأملاح المنجنيز. كما أنه يتطلب ويتحمل تركيزات عالية نسبيًّا من عنصرى: البورون، والصوديوم، ويفيد معه التسميد العضوى، خاصة فى الأراضى الرملية والثقيلة، حيث يعمل الدبال على توفير العناصر الغذائية، وجعل التربة الرملية أكثر قدرة على الاحتفاظ بالرطوبة، والتربة الثقيلة أكثر تفككًا. ونظرًا لما تسببه الأسمدة العضوية من مشاكل كثيرة بالنسبة للحشائش.. لذا فلابد وأن تكون تامة التحلل، أو أن تضاف إلى المحصول الذى يسبق البنجر فى الدورة.

أهمية العناصر السمادية واحتياجات النباتات منها

١- النيتروجين:

يوصى بتسميد البنجر بحوالى ٧٥- ١٠٠ كجم من النيتروجين للفدان حسب مدى خصوبة التربة. ويعد النيتروجين ضروريًّا لإنتاج نمو خضرى قوى، يلزم لزيادة كفاءة الحصاد الآلى، حيث تمسك آلة الحصاد بالنباتات من نمواتها الخضرية.

٢- الفوسفور:

يعد الفوسفور ضروريًّا لزيادة قوة البادرات، ومن ثم حمايتها من الإصابة بالذبول الطرى.

٣- البوتاسيوم:

يؤدى نقص البوتاسيوم إلى إنتاج جذور رفيعة لا يزيد سمكها عن الجذر الوتدى العادى إلاّ قليلاً.

وقد أدت إضافة كلوريد البوتاسيوم – مع توفر الفوسفور بالقدر الكافى – إلى استمرار زيادة محصول بنجر المائدة من الجذور، حتى مع توفر مستويات عالية جدًّا من البوتاسيوم الميسر فى التربة.

هذا .. ويمكن أن يحل الصوديوم – بنسبة عالية – محل البوتاسيوم.

٤- البورون:

إن من أهم أعراض نقص البورون ظهور الحالة الفسيولوجية التى تعرف بالتبقع الأسود الداخلى.

ومن أهم الأعراض الأخرى لنقص العنصر ظهور تحلل شبكى فى السطح الداخلى المقعر لأعناق الأوراق، وفشل الأوراق غير المتكشفة فى التكشف الطبيعى، وتحللها وموتها عادة، واكتساب الأوراق النامية مظهرًا شريطيًّا، ولونًا أحمر قاتمًا. وقد تنمو البراعم الساكنة التى توجد فى آباط الأوراق المسنة؛ مما يعطى البنجر مظهرًا متوردًا (Walker ١٩٦٩، و Halbrooks& Peterson ١٩٨٦).

برنامج التسميد

يختلف برنامج تسميد البنجر باختلاف طريقة الرى المتبعة، كما يلى:

أولا: فى حالة الرى بالغمر

فى حالة إجراء الرى سطحيًّا بطريقة الغمر فإن البنجر يسمد بنحو ١٥م^{٣} من السماد العضوى للفدان، يضاف أثناء تجهيز الأرض قبل الزراعة، ويخلط معه حوالى

١٥٠ كجم N (حوالى ١٥٠ كجم سلفات نشادر)، و٣٠ كجم P_2O_5 (حوالى ٢٠٠ كجم سوبر فوسفات عادى)، و ١٥كجم K_2O (حوالى ٣٠ كجم سلفات بوتاسيوم)، و٥ كجم MgO (٥٠ كجم سلفات مغنيسيوم)، و١,٥ كجم بورون (١٥ كجم بوراكس) للفدان. تكون إضافة هذه الأسمدة نثرًا مع خلطها جيدًا بالطبقة السطحية من التربة.

ويستكمل برنامج التسميد أثناء النمو النباتى على النحو التالى:

١- بعد إنبات البذور بحوالى ٣ أسابيع يضاف ٣٥ كجم N (حوالى ١٠٠ كجم نترات نشادر)، و٢٠ كجم K_2O (حوالى ٤٠ كجم سلفات بوتاسيوم) للفدان.

٢- بعد ذلك بنحو أسبوعين يضاف ٢٠ كجم N (حوالى ٧٥ كجم نترات نشادر)، و٤٠ كجم K_2O (حوالى ٨٠ كجم سلفات بوتاسيوم) للفدان.

وتضاف تلك الأسمدة نثرًا أو سرًّا إلى جانب النباتات مع التغطية عليها بالتربة، وذلك حسب طريقة الزراعة المتبعة.

ثانيًا: فى حالة الرى بالرش

يتبع فى حالة الرى بالرش برنامج التسميد ذاته الموصى به فى حالة الرى بالغمر، ولكن مع مراعاة زيادة كميات الأسمدة التى تضاف أثناء النمو النباتى بنسبة ٢٥٪ وتجزئتها بحيث توزع على امتداد موسم النمو بداية من الأسبوع الثانى بعد الإنبات حتى قبل الحصاد بأسبوع بالنسبة للبوتاسيوم، وأسبوعين بالنسبة للنيتروجين، ومع مراعاة أن تكون أعلى معدلات للتسميد هى بعد الإنبات بخمسة أسابيع وسبعة أسابيع بالنسبة للنيتروجين والبوتاسيوم على التوالى.

ويلزم فى حالتى الرى بالغمر أو بالرش – إعطاء الحقل رشتان بأسمدة العناصر الدقيقة بعد حوالى ٣، و٧ أسابيع من الإنبات.

ويتعين إعطاء عناية خاصة للتسميد بالبورون على النحو التالى:

١-