الفصل الثانى عشر

تسميد الخضر البقولية

(البسلة – الفاصوليا – اللوبيا – الفول الرومى – الفاصوليا المدادة)

البسلة

أهمية العناصر والاحتياجات النباتية منها

تمتص نباتات الفدان الواحد من البسلة نحو ٨٥ كجم من الآزوت، و١١ كجم من الفوسفور، و٤٠ كجم من البوتاسيوم. ويصل إلى النموات الخضرية من العناصر المتصة نحو ٤٠٪ من كمية الآزوت، و٥٥٪ من الفوسفور، و٦٠٪ من البوتاسيوم، وتلك هى كمية العناصر التى تعود إلى التربة مرة أخرى عند قلب النباتات فيها بعد الحصاد. وتقدر كميات العناصر التى يحتويها طن من البذور الجافة بنحو ٤٣ كجم من النيتروجين، و٤,٢ كجم من الفوسفور، و٩,٢ كجم من البوتاسيوم، و٠,٦ كجم من الكالسيوم، و١,٢ كجم من المغنيسيوم، و٠,٨ كجم من الكبريت (عن Muehlbauer & McPhee ١٩٩٧).

يعد استمرار توفر النيتروجين ضروريًا لاستمرار النمو النباتى؛ الأمر الذى يعد ضروريًا لاستمرار الإزهار والإثمار (Jeuffroy & Sebillotte ١٩٩٧)، هذا مع العلم بأن التسميد الآزوتى الجيد يُضعف تكوين عقد رايزوبيم الجذرية التى يتم فيها تثبيت آزوت الهواء الجوى.

ويؤدى نقص البوتاسيوم إلى تقزم النباتات، واكتساب حواف الأوراق السفلى لونًا بنيًا، وصلابة قصرة البذرة وزيادة سمكها؛ الأمر الذى يقلل من جودة البسلة المعلبة والمجمدة (Purvis & Carolus ١٩٦٤).

ويعد توفر البورون ضروريًّا لتكوين عقد الرايزوبيم الجذرية (التى يتم فيها تثبيت آزوت الهواء الجوى) بصورة طبيعية، وبأعداد كبيرة، ولكى يتم فيها تثبيت الآزوت الجوى بكفاءة عالية (Bolanos وآخرون ١٩٩٤).

ظهرت أعراض نقص البورون على النموات الخضرية للبسلة عندما انخفض تركيزه فى بيئة نمو الجذور (التى كانت من الرمل النقى) إلى ٠,٠٠١١ مجم بورون/ لتر من الرمل، وتقدمت تلك الأعراض على صورة تحلل فى النموات الحديثة، ثم انهيار للنبات بأكمله. وبالمقارنة .. حدث التسمم من البورون عندما كان تركيزه فى بيئة نمو الجذور ٣ مجم/لتر. وأظهر تحليل النبات أن تركيزات البورون التى صاحبتها ظهور أعراض النقص، وتلك التى كانت هى الحد الحرج لنقص العنصر، والتركيزات التى صاحبتها أعراض التسمم من زيادة العنصر كانت – على التوالى – ١٠,٥، و٢٣، و١١٠ مجم/جم وزن جاف فى الأوراق، و ٧,٦، و١٠,٥، و٥١,٠ مجم/جم وزن جاف فى البذور (Pratima Sinha وآخرون ١٩٩٩).

ويؤدى نقص المنجنيز إلى تأخر النمو وظهور بقع بنية اللون على الأوراق. وفى حالات النقص الشديدة تظهر فجوات بنية اللون فى مركز البذور على السطح العلوى للفلقات، يمكن رؤيتها عند فصل الفلقتين كل منهما عن الأخرى (George ١٩٨٥). ومن الأعراض الأخرى لنقص المنجنيز نقص محصول القرون والبذور، وانكماش البذور، ونقص محتواها من البروتينات، والسكريات، والنشا (Neena Khurana وآخرون ١٩٩٩).

وقد أحدث رش نباتات البسلة بالزنك بتركيز ٠,١ ميكرومول Zn كسلفات زنك زيادة جوهرية فى كل من عدد الأزهار، وعدد القرون، وحجم القرن، وعدد البذور بالقرن، ويعتقد بأن مرد ذلك كان لتأثير الزنك فى تقليل سقوط الأزهار، وزيادة خصوبة حبوب اللقاح وتحفيز نشاط إنزيم الإستريز esterase بالميسيم وكان أعلى تحسُّن فى

محصول بذور البسلة عندما كان رش النباتات بتركيز ٠,٥٪ كبريتات زنك عند مرحلة نشأة البراعم الزهرية. وحسَّنت المعاملة من جودة البذور كتقاوى حيث قللت من ظاهرة موت القمة النامية boldness بعد الإنبات وأدت إلى زيادة قوة نمو البادرات، فضلاً عن تحسينها للقيمة الغذائية للبذور، الأمر الذى تمثل فى زيادة محتواها من السكريات والبروتين (الألبيومين albumins والجلوبيولين globulins والجلوتينين glutenins والبرولامين prolamins) والزنك (Pandey وآخرون ٢٠١٣).

وتتراوح كميات الأسمدة التى يوصى بها للفدان فى مختلف الأراضى من ٢٠– ٦٠ كجم نيتروجين، و ٢٥–٦٠ كجم P_2O_5، و٦٠– ٩٠ كجم K_2O للفدان (Lorenz & Maynaed ١٩٨٠).

برنامج التسميد

يوصى بتسميد البسلة على النحو التالى:

أولا: فى الأراضى الخصبة (أراضى الوادى والدلتا)

تروى البسلة فى الأراضى الخصبة – عادة – بطريقة الغمر السطحى، ويكون تسميدها على النحو التالى: يضاف السماد البلدى القديم التام التحلل بمعدل ١٥م^3 للفدان أثناء تجهيز الحقل للزراعة، ويضاف معه سماد السوبر فوسفات بمعدل ٣٠٠ كجم للفدان (أى نحو ٤٥ كجم P_2O_5 للفدان). وبعد الزراعة والإنبات يضاف النيتروجين بمعدل ٥٠ كجم N للفدان على صورتى سلفات النشادر ونترات النشادر، والبوتاسيوم بمعدل ٥٠ كجم K_2O للفدان على صورة سلفات البوتاسيوم. وتكون الإضافة على ثلاث دفعات، الأولى بعد تمام الإنبات وقبل الرى مباشرة ويضاف فيها ١٠٠ كجم سلفات نشادر + ٢٥ كجم سلفات بوتاسيوم، والثانية عند بداية الإزهار ويضاف فيها ٥٠ كجم نترات نشادر + ٥٠ كجم سلفات بوتاسيوم للفدان، وعلى أن يكون التسميد سرًّا على الثلث السفلى من ريشة الزراعة فى كل الحالات باستثناء الأصناف الطويلة

التى تزرع فى جور على مسافة ٢٥ سم من بعضها البعض، والتى يفضل أن يكون تسميدها بطريقة التكبيش إلى جانب جور الزراعة.

ثانيا: فى الأراضى الصحراوية

تأخذ حقول البسلة كميات الأسمدة التالية:

١ـ قبل الزراعة

يضاف لكل فدان حوالى ١٠م٣ سمادًا بلديًّا، و٥م^3 زرق دواجن، مع ١٥ كجم نيتروجينًّا (٧٥ كجم سلفات أمونيوم)، و٣٠ كجم P_2O_5 (٢٠٠ كجم سوبر فوسفات عاديًا)، و١٥ كجم K_2O (٣٠ كجم سلفات بوتاسيوم)، و٥ كجم MgO (٥٠ كجم سلفات مغنيسيوم) عند زراعة الأصناف القصيرة. وتزيد الكميات المضافة من السماد البلدى إلى ١٥ م^3، ومن الفوسفور إلى ٤٥ كجم P_2O_5 (٣٠٠ كجم سوبر فوسفات عاديًا) للفدان عند زراعة الأصناف المتوسطة الطول والطويلة، وهى التى تبقى فى التربة لفترات أطول.

تكون إضافة هذه الأسمدة نثرًا أثناء تجهيز الحقل للزراعة فى حالة اتباع نظام الرى بالغمر، وفى باطن خطوط الزراعة (المفردة أو المزدوجة) عند اتباع أى من نظامى الرى بالرش، أو بالتنقيط.

٢ـ بعد الإنبات وأثناء النمو النباتى

يضاف أثناء النمو النباتى نحو ٦٠ كجم N (على صورة نترات نشادر)، و١٥ كجم P_2O_5 (على صورة سوبر فوسفات أو حامض فوسفوريك حسب نظام الرى المتبع)، و٦٠ كجم K_2O (على صورة سلفات بوتاسيوم) للفدان عند زراعة الأصناف القصيرة، تزيد بمقدار الثلث (أى تصبح ٨٠، و٢٠، و٦٠ كجم على التوالى) عند زراعة الأصناف المتوسطة الطول، وبمقدار النصف (أى تصبح ٩٠، و٢٢,٥، و٩٠ كجم على التوالى) عند زراعة الأصناف الطويلة.

تضاف هذه الكميات على النحو التالى:

أ- فى حالة الرى بالغمر

تضاف الأسمدة سرًّا إلى جانب النباتات على دفعات نصف شهرية تبدأ بعد الزراعة بنحو ١٥ يومًا وتستمر لمدة شهرين آخرين فى حالة الأصناف القصيرة، وشهرين ونصف الشهر، وثلاثة شهور فى حالة الأصناف المتوسطة الطول والطويلة، على التوالى.

يضاف كل السوبر فوسفات فى الدفعة الأولى من التسميد، ويجزأ النيتروجين (نترات النشادر) على جميع الدفعات بالتساوى تقريبًا، مع التركيز على الدفعات الوسطى، بينما يجزأ البوتاسيوم (سلفات البوتاسيوم) على الدفعات التى تلى الأولى بالتساوى تقريبًا.

ب- فى حالة الرى بالرش

تضاف الأسمدة بالنظام الذى أسلفنا بيانه فى حالة الرى بالغمر، وفى نفس المواعيد تقريبًا. ويفضل عدم التسميد بالفوسفور مع مياه الرى بالرش لأن العنصر يثبت على سطح التربة بعيدًا عن جذور النباتات فلا تستفيد منه، كما يفضل عدم التسميد بالنيتروجين والبوتاسيوم مع مياه الرى بالرش إلا فى النصف الثانى من حياة النبات، حتى يكون النمو النباتى قد غطى الجانب الأكبر من الحقل الذى يتوزع فيه السماد المضاف مع مياه الرى بالرش توزيعًا متجانسًا.

ج- فى حالة الرى بالتنقيط

يكون توزيع الأسمدة مع مياه الرى بالتنقيط بمعدل ٣- ٤ مرات أسبوعيًّا طوال موسم النمو، وعلى النحو التالى:

(١) يبدأ التسميد بعد اكتمال الإنبات

(٢) تجزأ كمية النيتروجين المخصصة للفدان على طول موسم النمو بحيث تكون الكمية الأسبوعية التى يعطاها الفدان بنسبة ٢: ٤ :١ خلال الأسبوعين الأول والثانى

بعد الإنبات، والمرحلة الوسطى من النمو النباتى، والأسبوعين الأخيرين من موسم النمو، على التوالى.

(٣)تجزأ كمية الفوسفور المخصصة للفدان بحيث تكون الكمية الأسبوعية التى يعطاها الفدان بنسبة ٢ : ٣ : ١ خلال الأسبوعين الأول والثانى بعد الإنبات، والمرحلة الوسطى من النمو النباتى، والشهر الأخير من موسم النمو، على التوالى.

(٤)تجزأ كمية البوتاسيوم المخصصة للفدان بحيث تكون الكمية الأسبوعية التى يعطاها الفدان بنسبة ١ : ٢ :٣ خلال الأسبوعين الأول والثانى، والمرحلة الوسطى من النمو النباتى، وابتداء من مرحلة عقد الثمار حتى انتهاء موسم النمو، على التوالى.

وفى جميع الحالات يجب وقف التسميد كلية قبل الموعد المتوقع لانتهاء الحصاد بنحو أسبوع.

كذلك يجب الاهتمام بالتسميد بالعناصر الدقيقة إما مع مياه الرى بالتنقيط فى صورة مخلبية، وإما رشًّا فى صورة مخلبية أو معدنية، ويكون ذلك كل ٢–٣ أسابيع بداية من الأسبوع الثانى بعد اكتمال الإنبات.

الفاصوليا

أعراض نقص العناصر

النيتروجين

تظهر أعراض نقص النيتروجين فى كل أنواع الأراضى وتزداد حدتها فى الأراضى الرملية، وتكون على صورة اصفرار عام وشحوب فى لون جميع أوراق النبات فيما عدا الأوراق الحديثة، كما يكون النمو بطيئًا، ويقل الإزهار، ولا تمتلئ القرون جيدًا.

الفوسفور

تظهر أعراض نقص العنصر فى البداية على الأوراق العليا للنبات، حيث تبدو صغيرة وبلون أخضر داكن، بينما تكتسب الأوراق السفلى لونًا بنيًّا وتموت مبكرة،

وتكون النباتات التى تعانى من نقص العنصر متقزمة، وذات سيقان رفيعة وسلاميات قصيرة، وتمتد فيها فترة النمو الخضرى، بينما يتأخر فيها الإزهار وتقل مدته، وغالبًا ما تسقط الأزهار فى النباتات التى تعانى من نقص العنصر ويقل فيها إنتاج القرون وعقد البذور.

البوتاسيوم

تظهر أعراض نقص العنصر على صورة اصفرار بحواف الأوراق، ثم جفاف تلك الحواف وموتها، ثم جفاف المساحات التى بين العروق كذلك، وقد تلتف الأوراق إلى أسفل، ولكن الحواف الجافة تلتف إلى أعلى. كذلك تكون سيقان النباتات ضعيفة، وسلامياتها قصيرة، كما تكون جذورها ضعيفة.

الكالسيوم

تظهر أعراض نقص الكالسيوم على صورة ارتخاء فى الأوراق، وموت للقمم النامية، وتصبح الأوراق المسنة خضراء قاتمة اللون، مع ظهور اصفرار بالأوراق الحديثة. ومع استمرار حالة نقص العنصر تجف الأوراق المسنة وتموت. كذلك يؤدى نقص العنصر إلى اصفرار القرون وعدم صلابتها، وقد تفشل البذور فى التكوين.

المغنيسيوم

يؤدى نقص المغنيسيوم إلى ظهور اصفرار بين العروق فى الأوراق، ويعقب ذلك ظهور بقع صغيرة متحللة فى المناطق الصفراء على السطح العلوى للأوراق. تكون هذه البقع ذات زوايا، وغير منتظمة الشكل، وغائرة، ويبلغ قطرها حوالى ٠,٥ مم.

الكبريت

نادرًا ما تظهر أعراض نقص الكبريت على الفاصوليا، وهى التى تتشابه مع أعراض نقص النيتروجين، ولكن الاصفرار المتجانس يبدأ ظهوره على الأوراق العليا للنبات قبل أن يشمل باقى الأوراق.

الحديد

تظهر أعراض نقص الحديد فى الأراضى القلوية والجيرية، وكذلك عند الإفراط فى التسميد الفوسفاتى حيث يترسب الحديد الذائب فى صورة فوسفات حديد غير ذائبة. يؤدى نقص العنصر إلى شحوب واصفرار الأوراق الحديثة بينما تبقى العروق خضراء اللون، وقد يلى ذلك ظهور تحلل لأنسجة الأوراق المصفرة. كذلك يظهر انحناء إلى أسفل فى أطراف الأوراق المكتملة التكوين، ثم ذبول تلك الأطراف.

البورون

تظهر أعراض نقص البورون فى الأراضى القلوية التى تتعرض للجفاف. وتبدأ أعراض نقص العنصر بموت القمة النامية للنبات؛ مما يؤدى إلى نمو فروع كثيرة من البراعم الإبطية، ولكن قمتها النامية تموت بدورها وتصبح الأوراق الأولية (أولى أوراق النبات) سميكة، وجلدية، ومشوهة، بينما تكوِّن الأوراق الثلاثية وريقة واحدة أو وريقتين مشوهتين، وتصبح أعناقها سهلة التقصف، ويظهر الاصفرار بين العروق على جميع الأوراق، وتصبح السيقان سميكة عند العقد، وتسقط الأزهار أو تعطى قرونًا لا تكمل نموها، ويكون النمو الجذرى ضعيفًا، وتظهر شقوق طولية بالقرب من قاعدة الساق. وتزداد شدة الأعراض عند انخفاض الرطوبة الأرضية. هذا وتختلف أصناف الفاصوليا فى شدة تأثرها بنقص العنصر.

وتؤدى زيادة البورون إلى تسمم النباتات، وأهم أعراض التسمم اصفرار وموت حواف الأوراق المسنة، ويظهر ذلك عندما يزيد محتوى البورون فى التربة عن ٥ أجزاء فى المليون. ويحدث التسمم عند زيادة التسميد بالبورون عما ينبغى، أو عند زراعة الفاصوليا بعد محاصيل سمدت جيدًا بالبورون مثل البنجر، أو عند الرى بمياه آبار عالية فى محتواها من البورون. وقد وجد Francois (١٩٨٩) من دراسته على الفاصوليا فى المزارع الرملية أن محصول القرون الخضراء ينخفض بنسبة ١٢,١٪ مع كل زيادة

مقدارها جزء واحد فى المليون من البورون فى المحلول المغذى عن تركيز جزء واحد فى المليون، وكان ذلك مصاحبًا بنقص فى عدد القرون/نبات، ونقص فى النمو الخضرى.

النحاس

قد تظهر أعراض نقص النحاس فى الأراضى الرملية، حيث يؤدى نقص العنصر إلى تقزم النباتات وقِصَر سُلاَّمياتها، كما تبدو الأوراق باهتة إلى رمادية أو خضراء مزرقة فى اللون. وتظهر بالقرب من عروق الأوراق عند قواعد الوريقات مناطق متحللة غير منتظمة الشكل، ويلى ذلك ذبول الأوراق وموتها. كذلك تموت القمم النامية للنبات ويقل إزهارها.

المنجنيز

تظهر أعراض نقص المنجنيز فى الأراضى القلوية، وفى الرديئة الصرف، وتكون على صورة اصفرار فيما يبين العروق، مع ظهور نقط صغيرة متحللة بالأوراق الحديثة حول العروق قبل اصفرارها تمامًا. أما الأوراق المسنة فإنها تكون صفراء ذهبية اللون، وقد تكون القرون صغيرة وغير ممتلئة، والنباتات متقزمة.

الزنك

تظهر أعراض نقص الزنك فى الأراضى القلوية، وتزداد حدتها عند انضغاط التربة، وعند الإفراط فى استعمال الأسمدة العضوية أو الفوسفاتية. يؤدى نقص العنصر إلى اصفرار ما بين العروق فى الأوراق الحديثة وتشوهها، وصغرها فى الحجم، وتجعدها. وقد تظهر على الأوراق المسنة مساحات متحللة بين العروق، كما قد تموت الأزهار والقرون الحديثة العقد. وفى حالات النقص الشديد تبدو الأوراق الجديدة بيضاء اللون وقد تموت النباتات، وقد أوضح Moraghan (١٩٩٦) أن زيادة تركيز الزنك فى التربة إلى ٨ مجم/كجم أدى إلى خفض تركيز الفوسفور فى البذور بنسبة — تراوحت حسب المصدر السمادى للزنك — بين ١٠٪، و١٥٪.

الموليبدنم

تظهر أعراض نقص الموليبدنم فى الأراضى الحامضية وهى تشبه أعراض نقص النيتروجين (عن Hall ١٩٩١). ويؤدى توفر الموليبدنم إلى زيادة حجم عقد الرايزوبيم الجذرية – ربما بسبب تأخير وصولها إلى مرحلة الشيخوخة – ومن ثم زيادة فترة كفاءتها فى تثبيت آزوت الهواء الجوى (Vieira وآخرون ١٩٩٨).

الاحتياجات السمادية

على الرغم من أن الفاصوليا من النباتات البقولية إلا أنها ليست على درجة عالية من الكفاءة فى التعايش مع بكتيريا العقد الجذرية. وتستجيب الفاصوليا للتسميد الآزوتى بصورة جيدة، خاصة فى الأراضى الخفيفة، ولكن زيادة التسميد الآزوتى – خاصة مع زيادة الرطوبة الأرضية – تؤدى إلى تأخير النضج، وكثرة النمو الخضرى على حساب النمو الثمرى، وصعوبة إجراء عملية الحصاد الآلى. وتقل الحاجة للتسميد الآزوتى عند إنتاج البذور الجافة، ويلزم حينئذ إعطاء عناية أكبر للتسميد البوتاسى الذى يؤدى إلى زيادة محصول البذور، والتسميد الفوسفاتى الذى يؤدى إلى سرعة النضج وزيادة المحصول.

وأدت زيادة النيتروجين فى المحلول المغذى للفاصوليا الخضراء – على صورة نترات أمونيوم – من ٥,٨ مللى مول نيتروجين (المستوى المثالى) حتى ٢٣,٢ مللى مول نيتروجين إلى تراكم البرولين بالقرون والبذور؛ بما بعد دليلاً على التسمم جراء زيادة النيتروجين (Sanchez وآخرون ٢٠٠٢).

وتبعًا لدراسات Guvenc (١٩٩٦) فإن رش نباتات الفاصوليا ثلاث مرات باليوريا بتركيز ٠,٤٪ كل أسبوعين أدى إلى زيادة محصول القرون، وإلى زيادة محتوى الأوراق من كل من النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم، والكالسيوم.

كذلك أدى حقن (تلقيح) نباتات الفاصوليا بأى من فطريات الميكوريزا *Glomus clarum*، و *G. etunicatum*، و *G. manihotis*، و *Gigaspora margarita*

إلى زيادة إنتاج المادة الجافة بنسبة ٨٪ – ٢٣٪، وزيادة تركيز الفوسفور فى النباتات بنسبة ١٦٠٪ – ٣٣٥٪ (Ibijbijen وآخرون ١٩٩٦).

واستفادت الفاصوليا من تلقيح البذور ببكتيريا الرايزوبيوم، والبكتيريا *Bacillus subtilis* (السلالة OSU-142) المثبتة لآزوت الهواء الجوى، والبكتيريا *Bacillus megaterium* (السلالة M-3) المذيبة للفوسفور، حيث ازداد محصول البذور جوهريًّا وازداد امتصاص جميع العناصر (Elcoca وآخرون ٢٠١٠).

وقد أوضحت دراسات Sangakkara وآخرون (١٩٩٥) أن التسميد البوتاسى يحفز نمو بكتيريا الرايزوبيم المثبتة لآزوت الهواء الجوى فى جذور الفاصوليا، ومن ثم يقلل من الاعتماد على التسميد الآزوتى.

تمتص نباتات الفدان الواحد من الفاصوليا عادة نحو ٨٥ كجم نيتروجين، و٨ كجم فوسفور، و٥٠ كجم بوتاسيوم، وتصل نحو نصف هذه الكميات للبذور.

ويمكن الاستدلال من تحليل النباتات على مدى حاجتها للتسميد. ففى منتصف مرحلة النمو الخضرى .. تكون المستويات الكافية من العناصر فى عنق الورقة الرابعة من قمة النبات، هى: ٤٠٠٠ جزء فى المليون من النيتروجين (على صورة NO_3)، و٣٠٠٠ جزء فى المليون من الفوسفور (على صورة PO_4)، و٥٪ بوتاسيوم. ويدل انخفاض المستوى إلى ٢٠٠٠ جزء فى المليون للنيتروجين، و ١٠٠٠ جزء فى المليون للفوسفور، و٣٪ للبوتاسيوم على نقص هذه العناصر. وبالمقارنة .. فإن مستويات الكفاية والنقص تنخفض عند بداية مرحلة الإزهار لتصبح كما يلى – الكفاية: ٢٠٠٠ جزء فى المليون NO_3، و٢٠٠٠ جزء فى المليون PO_4، و٤٪ K، والنقص: ١٠٠٠ جزء فى المليون NO_3، و٨٠٠ جزء فى المليون PO_4، و٢٪ K .

هذا .. وقد قدرت حاجة نباتات الفاصوليا من العناصر بنحو ٣٠– ٥٠ كجم نيتروجين، و٣٠– ٥٠ كجم P_2O_5، و ١٥– ٧٥ كجم K_2O للفدان فى أنواع مختلفة من الأراضى (Lorenz & Maynard ١٩٨٠).

تعد نباتات الفاصوليا أكثر حساسية للنقص الشديد فى عنصر الكبريت عن الزيادة الشديدة فى تركيزه، إذ يُحدث النقص انخفاضًا واضحًا فى إنتاج الكتلة البيولوجية وفى تمثيل النيتروجين؛ الأمر الذى يتمثل فى ضعف نشاط الإنزيمات ذات العلاقة بذلك (وهى: الـ nitrate reductase، والـ glutamine synthase، والـ nitrite reductase، والـ glutamate synthase). كذلك تُحدث الزيادة الكبيرة فى الكبريت تأثيرًا سلبيًّا على تمثيل النيتروجين؛ ربما بسبب التضاد بين أيونى الكبريتات SO_4^{2-} والنترات NO_3^- (Ruiz وآخرون ٢٠٠٥).

وتستجيب الفاصوليا للتسميد بعنصر المنجنيز، كما أنها تعد أكثر من غيرها احتياجًا للتسميد بالزنك. وقد تحتاج النباتات إلى التسميد بالمنجنيز خاصة فى الأراضى القلوية، ويعالج نقص العنصر برش النباتات مرتين عند بداية ظهور أعراض النقص (وهو اصفرار المساحات بين العروق فى الورقة) بمعدل ٢ كجم سلفات المنجنيز فى ٢٠٠ لتر ماء، على أن تكون الرشة الثانية بعد أسبوع من الأولى. وإذا كان معلومًا من الزراعات السابقة أن تربة الحقل ينقصها هذا العنصر.. وجبت إضافة سلفات المنجنيز أثناء تجهيز الحقل، بمعدل ٢٥– ٥٠ كجم للفدان. وتعد الفاصوليا من أكثر محاصيل الخضر حساسية لزيادة عنصر البورون فى التربة، لذا.. فإنها غالبًا ما تتعرض للتسمم بهذا العنصر إذا زرعت بعد البنجر الذى يسمد عادة بالبوراكس.

كذلك أعطت الفاصوليا أعلى محصول عندما عوملت بالرش الورقى بالمنجنيز المخلبى Mn-EDTA (١٢٪ Mn)، وذلك مقارنة بالرش بكبريتات المنجنيز (٢٧٪ Mn) (Ozbahce & Zengin ٢٠١٤).

وأدى رش نباتات الفاصوليا بتركيزات عالية نسبيًّا من الموليبدنم بعد نحو ١٧– ٢٣ يومًا من الزراعة إلى إحداث زيادة ملحوظة فى محتوى البذور الجافة الناتجة من الموليبدنم. وعند استخدام تلك البذور كتقاوى.. ازداد محصول النباتات الناتجة منها (Vieira وآخرون ٢٠٠٥).

برنامج التسميد

أيًّا كان برنامج التسميد المتبع، فإن حقول الفاصوليا تسمد بنحو ١٥ م^3 من سماد الماشية، أو ١٠ م^3 من سماد زرق الدواجن عند تجهيز الأرض للزراعة، يضاف إليها حوالى ٥٠– ١٠٠ كجم من الكبريت الزراعى للفدان.

ويتوقف برنامج التسميد الموصى به على كل من خصوبة التربة ونظام الرى المتبع، كما يلى:

أولا: فى حالة الرى بالغمر

يكون تسميد الفاصوليا على النحو التالى (بالكيلو جرام للفدان):

خصوبة التربة	مرحلة النمو	النيتروجين (N)	الفوسفور (P_2O_5)	البوتاسيوم (K_2O)
الأراضى الخصبة	بعد تمام الإنبات	٢٠	١٥	١٠
	عند بداية الإزهار	٢٠	١٥	٢٠
	عند بداية العقد	١٠	–	٢٠
الأراضى الفقيرة	بعد تمام الإنبات	٢٥	٣٠	١٥
	عند بداية الإزهار	٣٠	١٥	٢٥
	عند بداية العقد	١٥	–	٣٠

يكون التسميد قبل الرى مباشرة، وسرًّا فى بطن الخط، مع استعمال نترات النشادر (٣٣,٥٪ N) كمصدر للنيتروجين، والسوبر فوسفات العادى (١٦٪ P_2O_5) كمصدر للفوسفور، وسلفات البوتاسيوم (٤٨٪ K_2O) كمصدر للبوتاسيوم.

هذا .. وتحتاج الأصناف الطويلة إلى كميات أكبر من الأسمدة مع توزيع إضافتها على فترة أطول.

ثانيا: فى حالة الرى بالتنقيط

١- توصيات وزارة الزراعة

توصى وزارة الزراعة المصرية (الإدارة المركزية للبساتين ١٩٩٤) بتسميد الفاصوليا من خلال شبكة الرى بالتنقيط على النحو المبين فى جدول (١٢–١).

جدول (١٢–١): التركيز المستخدم من مختلف الأسمدة التجارية (بالجرام لكل متر مكعب من مياه الرى)، بمعدل ثلاث مرات أسبوعيًا، خلال مختلف مراحل النمو.

مرحلة النمو	السماد					
	سلفات النشادر	نترات النشادر	اليوريا	سلفات البوتاسيوم	سلفات المغنيسيوم	حامض الفوسفوريك
من اكتمال الإنبات إلى بداية الإزهار	١٥٠	–	١٥٠	٢٠٠	–	٥٠
من بداية الإزهار إلى بداية الحصاد	–	٢٠٠	–	٢٠٠	١٠٠	–
من بداية الحصاد حتى قبل نهاية موسم الحصاد الأخضر بنحو أسبوع	–	١٥٠	–	٣٠٠	–	٥٠

ويدعَّم ذلك البرنامج بإضافة نحو ١٠٠ كجم من نترات الجير للفدان بعد بداية الإزهار بنحو أسبوعين على أن توزع تحت النقاطات، وليس من خلال شبكة الرى.

كذلك تُعطى حقول الفاصوليا ٣–٤ رشات من أسمدة العناصر الصغرى. يخلط الحديد المخلبى مع الزنك المخلبى، والمنجنيز المخلبى، وكبريتات النحاس، والبوراكس بنسبة ٣ :١: ١ : ٠,٢ : ٠,٢ بالوزن، على التوالى، ثم يستعمل هذا المخلوط رشًّا بمعدل ٢٥ جم/ ١٠٠ لتر ماء. يبدأ الرش بعد الإنبات بنحو ثلاثة أسابيع، ثم يستمر كل أسبوعين.

٢- برنامج مقترح

يوصى فى الأراضى الصحراوية التى تروى بالتنقيط تسميد الفاصوليا على النحو التالى (بالكيلو جرام للفدان):

موعد التسميد	النيتروجين (N)	الفوسفور (P_2O_5)	البوتاسيوم (K_2O)
قبل الزراعة	١٠	٤٥	٢٥
أثناء النمو النباتى	٦٠	١٥	٤٥
المجموع	٧٠	٦٠	٧٠

ويكون توزيع العناصر (بالكيلو جرام للفدان) أثناء النمو النباتى مع مياه الرى بالتنقيط على النحو التالى:

العنصر	الشهر الأول	الشهر الثانى	الشهر الثالث
النيتروجين (N)	٢٠	٢٥	١٥
الفوسفور (P_2O_5)	٥	٥	٥
البوتاسيوم (K_2O)	١٠	١٥	٢٠

تستعمل فى التسميد إما الأسمدة المركبة السريعة الذوبان، وإما الأسمدة البسيطة مع استعمال نترات النشادر كمصدر للنيتروجين، وحامض الفوسفوريك كمصدر للفوسفور، وسلفات البوتاسيوم كمصدر للبوتاسيوم.

ويفضل دائمًا أن يكون التسميد بمعدل ٤– ٥ أيام فقط أسبوعيًّا مع تخصيص باقى الأيام للرى بدون تسميد نظرًا لحساسية الفاصوليا لزيادة تركيز الأملاح، وأفضل نظام هو التسميد لمدة يومين وتخصيص اليوم الثالث للغسيل؛ وبذا .. يكون التسميد بمعدل ٢٠ يوم شهريًّا، وتحسب كميات الأسمدة اليومية المخصصة فى كل شهر على هذا الأساس.

وبناء على النظام المقترح أعلاه للتسميد (من حيث أنواع الأسمدة البسيطة والتسميد بمعدل ٢٠ يوم شهريًّا) تكون كميات الأسمدة الفعلية (بالكيلو جرام للفدان فى كل مرة تسميد) على النحو التالى:

السماد	الشهر الأول	الشهر الثانى	الشهر الثالث
نترات النشادر	٣,٠٠	٣,٧٥	٢,٢٥
حامض الفوسفوريك	٠,٥٠	٠,٥٠	٠,٥٠
سلفات البوتاسيوم	١,٠٠	١,٥٠	٢,٠٠

وكما أسلفنا فى البرنامج الأول للتسميد .. تُسمد الفاصوليا – رشًّا – بمخلوط العناصر الدقيقة كل أسبوع إلى ثلاثة أسابيع ابتداء من بعد الإنبات بثلاثة أسابيع.

اللوبيا

يؤدى التسميد الفوسفاتى الجيد للوبيا إلى تبكير الإزهار، وزيادة عدد عقد الرايزوبيم الجذرية، وزيادة محصول البذور الجافة (Okeleye & Okelana ١٩٩٧).

وتبعًا لدراسات Kahn & Schroeder (١٩٩٩) – التى أجريت فى ولاية أوكلاهوما الأمريكية – فإن اللوبيا التى لقحت بذورها ببكتيريا الرايزوبيم ولم تسمد بالنيتروجين تساوت فى محصول البذور الخضراء، والنمو النباتى مع تلك التى لم تلقح وسمدت بمقدار ٢٣ كجم نيتروجينًا للهكتار (٩,٦ كجم نيتروجين للفدان).

هذا .. وقدر أن بكتيريا الرايزوبيم يمكن أن تثبت فى جذور اللوبيا ما بين ٧٣، و٢٤٠ كجم من النيتروجين للهكتار (من ٣٠,٤ إلى ١٠٠ كجم نيتروجين للفدان)، وهى بذلك لا تمد اللوبيا فقط بحاجتها من النيتروجين؛ بل إنها تفيد كذلك المحصول الذى يلى اللوبيا فى الدورة (Fery ١٩٩٠).

وتسمد اللوبيا فى الأراضى الخصبة بنحو ٣٠ وحدة فوسفور (حوالى ٢٠٠ كجم سوبر فوسفات)، و٣٠ وحدة نيتروجين (على صورتى سلفات نشادر ٢٠٪ N، ونترات نشادر ٣٣,٥٪ N)، و٤٠ وحدة بوتاسيوم (حوالى ٨٠ كجم سلفات بوتاسيوم) تضاف على دفعتين، الأولى عند ريّة المحاياة، والثانية عند الإزهار.

أما فى الأراضى الرملية الفقيرة عند الرى بطريقة الغمر .. فإن اللوبيا تسمد بضعف الكميات السابقة، مع إضافتها على أربع دفعات، الأولى: عند إعداد الأرض للزراعة، والثانية: عند رية المحاياة، والثالثة: عند بدء التزهير، والرابعة عند العقد، وعلى أن تكون إضافة السماد قبل الرى مباشرة (مرسى والمربع ١٩٦٠، الإدارة العامة للتدريب – وزارة الزراعة – جمهورية مصر العربية ١٩٨٣).

وعندما تزرع اللوبيا فى الأراضى الرملية، مع الرى بطريقة التنقيط، فإن التسميد يكون على النحو التالى:

١–قبل الزراعة: ١٥ م٣ سمادًا بلديًّا، يضاف إليها ١٥ كجم نيتروجينًا، و٣٠ كجم P_2O_5، و١٥ كجم K_2O للفدان.

٢–بعد الزراعة: ٤٥ كجم نيتروجينًا، و٨ كجم P_2O_5، و٤٥ كجم K_2O للفدان.

وتزيد كميات الأسمدة التى تخصص للفدان الواحد قبل وبعد الزراعة بنسبة الربع بالنسبة للأصناف الطويلة التى تبقى فى الأرض لفترة أطول.

الفول الرومى

أعراض نقص العناصر

يمكن إيجاز أعراض نقص مختلف العناصر الضرورية للنبات، فيما يلى (عن Peat ١٩٨٣).

النيتروجين

يؤدى نقص النيتروجين – فى غياب عقد الرايزوبيم الجذرية – إلى اصفرار الأوراق وتقوم النباتات.

البوتاسيوم

يؤدى نقص البوتاسيوم إلى تقزم النمو، وقصر السلاميات، واحتراق حواف الأوراق.

وقد ظهرت أعراض نقص البوتاسيوم عندما انخفض محتوى العنصر فى مرحلة نمو الورقة الحقيقية السابعة إلى الثامنة عن ١,٣٪ – ١,٥٪ فى أحداث الأوراق المكتملة التكوين، أو عن ١,١٠٪ – ١,٢٪ فى أنصال الورقتين الأولى والثانية اللتان تليان أحدث الأوراق المكتملة التكوين، أو عن ١,٨٪ — ٢,٠٪ فى كل النمو الخضرى للنبات (Aini & Tang ١٩٩٨).

الكالسيوم

يؤدى نقص الكالسيوم إلى تقزم النمو، وتشوه القمم النامية والأوراق الصغيرة، وضعف عقد القرون، وذبول القرون المتكونة وتلونها مبكرًا باللون الأسود.

وأدى نقص الكالسيوم — وخاصة بداية من بعد الإزهار — إلى ظهور صبغات بنية بالبذور، وازداد ظهور هذه الصبغات بنقص نسبة الكالسيوم إلى البوتاسيوم فى المحاليل المغذية، ومع نقص البورون وزيادة النيتروجين الأمونيومى (Ikeda وآخرون ١٩٩٩).

المغنيسيوم

يؤدى نقص العنصر إلى اصفرار أنصال الأوراق بين العروق بداية من الأوراق السفلى للنبات.

الفوسفور

تكون سيقان النباتات التى تعانى من نقص الفوسفور قصيرة ورفيعة، وتكون الأوراق شاحبة اللون، وتحمل قائمة وتموت مبكرًا، ويقل الإزهار.

الكبريت

يؤدى نقص العنصر إلى تقزم واصفرار الأوراق.

الحديد

يؤدى نقص الحديد إلى اصفرار الأوراق العليا للنبات، وظهور بقع بنية ضاربة إلى الحمرة على سطح الأوراق وحوافها، تتحول تدريجيًّا إلى اللون الأسود.

المنجنيز

يؤدى نقص المنجنيز إلى اصفرار المساحات بين العروق فى الأوراق، وظهور بقع قاتمة أو فجوات بالبذور.

البورون

يؤدى نقص البورون إلى نقص النمو بوضوح، وخاصة الأوراق القريبة من القمة النامية، كذلك تموت الأنسجة الميرستيمية النشطة؛ مما يؤدى إلى نمو الفروع الجانبية إلى أن تموت هى الأخرى بدورها.

وقد أدى نقص البورون إلى نقص نمو الساق، وموت البرعم الطرفى أحيانًا، وتجعد الأوراق الحديثة، وزيادة سمكها وظهورها بلون أخضر ضراب إلى الزرقة، كما ظهر اصفرار غير منتظم بين العروق فى الورقة قبل سقوطها. كذلك سقطت البراعم الزهرية دون أن تتفتح. وكان التركيز المثالى للبورون فى النبات هو ٢٥– ١٠٠ ميكروجرام من العنصر/ جم من المادة النباتية الجافة. وقد كان عقد البذور شديد الحساسية لنقص العنصر. كذلك أدت زيادة البورون عن المدى المناسب إلى ظهور أعراض التسمم على صورة اصفرار بالأوراق المكتملة التكوين، واحتراق بحوافها، ثم موت النبات كله (Poulain & Al-Mohammad ١٩٩٥).

الزنك

يؤدى نقص الزنك إلى سرعة سقوط الأوراق خلال مرحلة الإزهار، وسقوط الأزهار.

النحاس

يؤدى نقص النحاس إلى فقد صبغات الأزهار.

الموليبدنم

يؤدى نقص الموليبدنم إلى بهتان لون الأوراق، واحتراق حوافها، وذبولها. وغالبًا ما تظهر تلك الأعراض عند نمو النباتات من بذور بها نقص فى الموليبدنم فى تربة بها – كذلك – نقص فى العنصر.

الكوبالت

يعد الكوبالت هامًّا لنشاط عقد الرايزوبيم الجذرية.

برنامج التسميد

يوصى بتسميد الفول الرومى فى مصر على النحو التالى:

أولا: فى الأراضى الخصبة

يكون تسميد الفول الرومى فى ا لأراضى الخصبة بمعدل حوالى ٤٠ كجم نيتروجينًا، و٣٠ وحدة فوسفور (أى ٣٠ كيلوجرام P_2O_5)، و ٥٠ وحدة بوتاسيوم (أى ٥٠ كجم K_2O) للفدان. يضاف الفوسفور (حوالى ٢٠٠ كجم سوبر فوسفات أحادى الفدان) قبل الزراعة، أما النيتروجين والبوتاسيوم فإنهما يضافان على دفعتين متساويتين تكون أولاهما (حوالى ١٠٠ كجم سلفات نشادر + ٥٠ كجم سلفات بوتاسيوم) بعد تمام الإنبات وقبل الرى مباشرة، بينما تكون الأخرى (حوالى ٦٠ كجم نترات نشادر + ٥٠ كجم سلفات بوتاسيوم) عند بداية التزهير وقبل الرى مباشرة كذلك، وعلى أن يكون التسميد سرًّا فى بطن الخط، وأن يردّم عليه بالعزيق.

ثانيًا: فى الأراضى الرملية

يضاف حوالى ١٥ م^3 سمادًا بلديًّا، و٥ م^3 زرق دواجن للفدان، مع ١٥ كجم N (٧٥ كجم سلفات نشادر)، و٤٥ كجم P_2O_5 (٣٠٠ كجم سوبر فوسفات عادى)، و١٥ كجم K_2O (٣٠ كجم سلفات بوتاسيوم)، و٥ كجم MgO (٥٠ كجم سلفات مغنيسيوم) للفدان، وتكون إضافتها نثرًا.

يضاف أثناء النمو النباتى نحو ٦٠ كجم N على صورة نترات نشادر، و ٦٠ كجم K_2O على صورة سلفات بوتاسيوم للفدان، وتكون إضافة الأسمدة أسبوعيًّا بطريقة السر إلى جانب النباتات، مع مراعاة التدرج فى كميات الأسمدة المضافة من كل عنصر

سمادى، إلى أن تصل إلى أقصى معدلاتها بعد نحو شهرين وثلاثة شهور من الإنبات بالنسبة لعنصرى النيتروجين، والبوتاسيوم، على التوالى، وأن يتوقف التسميد بهذه العناصر قبل موسم الحصاد بنحو أسبوعين.

كما يلزم الاهتمام بالتسميد بالعناصر الدقيقة رشًّا كل حوالى ثلاثة أسابيع.

الفاصوليا المدادة (فاصوليا ملتى فلورا)

يوصى بتسميد الفاصوليا المدادة فى الأراضى الرملية – عند اتباع طريقة الرى بالتنقيط – بمعدل ١٥م^3 سماد بلدى قديم متحلل، و٥م^3 زرق دواجن، و٩٠ كجم N، و٦٠ كجم P_2O_5، و ١٠٠ كجم K_2O للفدان.

يضاف السماد العضوى فى باطن الخطوط قبل الزراعة، ويضاف معه ١٠ كجم N (٥٠ كجم سلفات نشادر)، و٣٠ كجم P_2O_5 (٢٠٠ كجم سوبر فوسفات عادى)، و٢٥ كجم K_2O (٥٠ كجم سلفات بوتاسيوم)، كما يضاف إلى هذه الأسمدة – كذلك – ١٠٠ كجم كبريت زراعى، و٥ كجم MgO (٥٠ كجم سلفات مغنيسيوم) للفدان.

يتبقى بعد ذلك من كميات الأسمدة التى تلزم للفدان ٨٠ كجم N، و٣٠ كجم P_2O_5، و٧٥ كجم K_2O تضاف جميعها أثناء النمو النباتى مع مياه الرى بالتنقيط، ويمكن أن يستعمل لهذا الغرض أى أسمدة مركبة، ولكن إذا استعملت أسمدة بسيطة فإنه يفضل استعمال نترات النشادر كمصدر للنيتروجين، وحامض الفوسفوريك كمصدر للفوسفور، أما البوتاسيوم.. فإن لم يتوفر سماد بوتاسى مركز سائل بسعر مناسب، فإنه يمكن استعمال سماد سلفات البوتاسيوم بعد نقعه فى الماء لمدة ١٢ ساعة، على أن يتم التخلص من الشوائب التى لا تذوب فى الماء قبل إدخاله فى السمادة.

وتوزع كميات الأسمدة المخصصة للفدان – على امتداد موسم النمو – على النحو التالى (كجم/فدان):

العنصر	الشهر الأول	الشهر الثانى	الشهر الثالث	الشهر الرابع	الشهر الخامس	الإجمالى
N	١٢	١٨	١٨	١٨	١٤	٨٠
P_2O_5	٦	٨	٦	٦	٤	٣٠
K_2O	١٢	١٥	١٨	١٨	١٢	٧٥

وباعتبار أن التسميد الفعلى يكون ٢٠ مرة شهريًّا (يومان للتسميد ويوم للغسيل فى دورات متعاقبة).. فإن كميات العناصر التى يتعين إضافتها فى كل مرة تسميد – حسب موسم النمو – تكون على النحو التالى (كجم للفدان فى كل مرة تسميد):

العنصر	الشهر الأول	الشهر الثانى	الشهر الثالث	الشهر الرابع	الشهر الخامس
N	٠,٦	٠,٩	٠,٩	٠,٩	٠,٧
P_2O_5	٠,٣	٠,٤	٠,٣	٠,٣	٠,٢
K_2O	٠,٦	٠,٧٥	٠,٩	٠,٩	٠,٦

وبذا.. تكون الكميات الفعلية من الأسمدة التى تستعمل فى كل مرة تسميد على النحو التالى (كجم للفدان):

العنصر	الشهر الأول	الشهر الثانى	الشهر الثالث	الشهر الرابع	الشهر الخامس
نترات النشادر	١,٨	٢,٧	٢,٧	٢,٧	٢,١
حامضالفوسفوريك	٠,٦	٠,٨	٠,٦	٠,٦	٠,٤
سلفات البوتاسيوم	١,٢	١,٥	١,٨	١,٨	١,٢