التغذية اللاجذرية ، مع إشارة خاصة لنبات القطن

للدكتور حسن الحموى *

مقدمة

من المعروف أن لكل صنف من أصناف النباتات احتياجات خاصة من العناصر المغذية المختلفة ، وأنه لا يمكن لأى نبات أن ينمو طبيعيا ويصل إلى أحسن معدلات النمو إلا بتوافر مورد غذائى فعال يضمن حصول النباتات على احتياجاتها من كل العناصر المغذية المختلفة بالكمية والاتزان الذى يلائم كل مرحلة من مراحل النمو .

وبجانب عناصر الكربون والأيدروجين والأكسوجين والتى تتحصل عليها النباتات من الماء وثانى أكسيد الكربون والأكسوجين الجوى والتى تمثل فى مجموعها معظم الوزن الخضرى للنباتات ، هناك عدة عناصر أخرى لا تقل فى أهميتها الغذائية عنها . وتعتبر عناصر الأزوت والفسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم والكبريت من العناصر الرئيسية التى تحتاجها النباتات بكميات كبيرة نسبيا ، ولذلك تعرف بالعناصر الأساسية الكبرى . وهناك كذلك عناصر الحديد والنحاس والمنجنيز والزنك والموليبدين والبورون والكلور والتى لا تقل فى أهميتها الحيوية والغذائية عن العناصر الكبرى السابقة ، إلا أنه نظراً لأن النباتات تحتاج لكميات صغيرة نسبياً منها فإنها تعرف بالعناصر الصغرى أو الدقيقة .

وبجانب العناصر السابقة هناك بعض العناصر مثل الفلور والكوبلت والنيكل والتى قد يكون لها أهمية فى بعض العمليات الحيوية ، هناك كذلك العنصر المعروف أن النباتات تمتص منه كميات كبيرة نسبياً وهو الصوديوم والذى يظهر له فى بعض الحالات آثار مفيدة على النمو ، إلا أنه لا يمكن النظر إلى هذه العناصر — حتى الآن —

---

* الدكتور حسن الحموى : مدير قسم بحوث فسيولوجى القطن ، بوزارة الزراعة .

على أنها عناصر رئيسية . وتمتص كذلك كثير من الأعشاب كميات كبيرة نوعا من عنصر السيليكون ، ولكنه ثبت بالدراسة أن معظم هذه الأعشاب يمكنها الاستمرار فى الحياة طبيعيا دون الحاجة لهذا العنصر . وتمتص بعض النباتات كذلك كميات محدودة من عنصر الألومنيوم ، إلا أنه لوحظ فى بعض الحالات ظهور أثر سام بسببه .

وعندما يتعرض النبات لظروف نقص أى عنصر من العناصر المغذية الرئيسية الكبرى أو الدقيقة ، فإنه عادة ما تظهر على هذه النباتات أعراض خاصة مميزة ، وبعض هذه الأعراض وتحت ظروف محددة قد تكون مرئية للعين المجردة ، إلا أنه فى الغالب ما تكون الأعراض غير مرئية ولا يمكن تحديدها إلا بأدق الوسائل الكيميائية الحديثة .

والأرض بصفتها البيئة وباعتبارها المصدر الأساسى لعديد من العناصر الأساسية الكبرى والدقيقة ، قد تحتوى على كميات كبيرة من عنصر ما ، إلا أنه فى كثير من الحالات نجد أنه رغم تواجد هذه الكميات الكبيرة من هذا العنصر إلا أن الكمية الصالحة لاستفادة النباتات منه لا تكاد تصل إلى المعدل اللازم لنمو النبات نموا طبيعياً .

ودرجة صلاحية أى من العناصر المغذية الكبرى أو الدقيقة يتوقف — ولحد كبير — على عدة عوامل خارجية وأخرى داخلية . فمثلا تحت ظروف الأراضى التى ترتفع فيها درجة الـ pH إلى أكبر من ٥ — ٦ نجد أن درجة ذوبان معظم العناصر الأساسية الدقيقة تكون ضعيفة جداً . وبجانب درجة حموضة الأرض وقلويتها هناك العديد من العوامل التى تحد بل وتتحكم فى درجة صلاحية العديد من العناصر المغذية وخاصة العناصر الدقيقة مثل كمية وطبيعة محتوى الأرض من كربونات الكالسيوم والمادة العضوية ودرجة تحللها .

وهناك عوامل أخرى لا تقل فى أهميتها عن عوامل الأرض السابقة فى أثرها على كمية وصلاحية المخزون الغذائى بالأرض من العناصر الدقيقة . فمثلا فى حالة استمرار تسميد الأرض لفترة طويلة بمعدلات عالية من العناصر الرئيسية الكبرى

فقط فإن هناك فرصة كبيرة لظهور أعراض نقص بعض العناصر الدقيقة وخاصة تحت ظروف عدم وجود مصدر آخر لتعويض ما تفقده الأرض من هذه العناصر الدقيقة . وتبدو أهمية وجهة النظر هذه إذا ما أخذ فى الحسبان الاتجاه العلمى الحديث فى إنتاج أسمدة مركزة تحتوى على تركيزات عالية من العناصر الكبرى وخاصة عنصر الأزوت والفسفور وبطرق علمية حديثة تعتمد على خامات جهزة صناعيا تجعل الناتج النهائى من الأسمدة المحضرة يكاد يكون خاليا تماما من أية شوائب من العناصر الدقيقة. ومثال ذلك التسابق العالمى على إنتاج واستعمال سماد اليوريا الذى يكاد يكون خاليا تماما من أية شوائب من العناصر الدقيقة إذا ما قورن باستعمال سماد نترات الصودا الشيلى الذى يعتبر غنيا فى عديد من العناصر الدقيقة والذى انعدم استخدامه فى كثير من الدول منذ أمد بعيد .

والمقصود بالتغذية اللاجذرية هو تزويد النباتات باحتياجاتها الغذائية من العناصر المختلفة وخاصة الدقيقة منها عن طريق المجموع الخضرى وليس عن طريق الجذور المعروف عنها أنها الطريق الطبيعى الذى تسلكه العناصر الغذائية الموجودة أصلا بالأراضى أو المضافة فى صورة سماد .

ويطلق على طريقة التغذية اللاجذرية اصطلاحات أخرى عديدة أهمها التغذية الخضرية أو التسميد بالرش .

وتعتبر طريقة التغذية اللاجذرية من أحدث طرق التسميد المتبعة فى عديد من بلاد العالم والتى ينتشر استخدامها يوما بعد يوم ، سواء بالنسبة للمحاصيل الحقلية أو محاصيل الخضر أو نباتات الزينة أو أشجار الفاكهة .

وترجع أهمية طريقة التغذية اللاجذرية إلى سهولتها وسرعتها وقدرتها فى علاج العديد من أعراض النقص العنصرى وخاصة العناصر الدقيقة، فمن المعروف أن النباتات تحتاج لهذه العناصر بكميات غاية فى الدقة، فمثلا قد يحتاج الأمر فى حالة نقص عنصر أو أكثر من هذه العناصر إضافة كميات منها لا تتعدى بضعة جرامات للفدان. فكيف يمكن توزيع هذه الكمية الضئيلة توزيعا متجانسا على جميع نباتات الفدان الواحد مع ضمان تواجد هذه الكمية المضافة فى صورة صالحة لاستفادة النبات ؟

لذلك كان لسهولة إذابة كميات غاية فى الدقة من أملاح هذه العناصر فى كميات

كبيرة نسبيا من الماء واستخدام هذه المحاليل فى رش النباتات ، أهمية خاصة نظرا لسهولة العملية وسرعتها ، فضلا عن دقتها وقدرتها فى توفير كافة ما تحتاجه النباتات من هذه العناصر بالكميات اللازمة فقط مهما صغرت .

وهنا يجب أن نشير إلى أن طريقة التغذية اللاجذرية لا تعتمد فقط على رش النباتات بمحاليل العناصر المغذية المختلفة ، حيث توجد طرق أخرى ، مثل : حقن بعض محاليل الأملاح فى ساق الأشجار ، أو وضع كبسولات أو قطع معدنية (مسامير) تحتوى على بعض العناصر الدقيقة على أعماق معينة داخل ساق أو أفرع الأشجار ، أو معاملة البذور بالنقع فى محاليل مغذية قبل زراعتها ، وكلها طرق تعتمد أساسا على تزويد النبات باحتياجاته الغذائية عن طريق المجموع الخضرى وليس عن طريق الجذور .

تركيب وكيمياء السطح الخارجى للمجموع الخضرى :

طبقة الكيوتيل : أثبتت الدراسات التى أجريت على قطاع الورقة — وهى التى تمثل أكبر مسطح خضرى يقع عليه محلول الرش — أنه مغلف بطبقة رقيقة تسمى طبقة الكيوتيل ، وهى طبقة وإن كانت رقيقة إلا أن درجة سمكها وتركيبها تختلف اختلافا بينا من نبات لآخر ، وتتأثر بالعوامل والظروف الجوية المحيطة لحد ما .

ويمكن تشبيه هذه الطبقة بغلاف اسفنجى مكون جسمه من مادة الكيوتين ، أما فراغاته فمملوءة بحصيبات شمعية يزيد انتشارها وتركيزها فى الجزء الخارجى من طبقة الكيوتيل .

وقد أثبتت الدراسات كذلك أن السطح الخارجى لطبقة الكيوتيل ليس سطحا أملس ، بل يشتمل على العديد من النتوءات التى تعتبر عائقا هاما يحول دون تواجد المحاليل المائية للعناصر المغذية المرشوشة فى حالة تلامس مع خلايا النبات الحية ، حيث إنها تعمل على حمل رذاذ الماء (المحاليل المائية لأملاح العناصر المغذية) محتفظة بغلاف هوائى عازل بين رذاذ محاليل الرش وسطح الورقة ، يستحيل معه حدوث حالة تلامس بين سطح النبات ومحاليل الرش ، وبالتالى تستحيل عملية الامتصاص . وتقاس درجة التصاق المحاليل المائية بسطوح الأوراق

بزاوية التلامس . فمثلا وجد أن زاوية التلامس بين رذاذ المحلول المائى لمبيد الحشائش المعروف باسم الدايتروفينول وسطح ورقة نبات الخردل تساوى ٩٦° ، بينما تصل زاوية التلامس بين رذاذ المحلول المائى لنفس المبيد وسطح ورقة القمح إلى ١٤٠° ، وعليه فإن زاوية التلامس لرذاذ المحلول المائى لنفس المادة يختلف من نبات لآخر . ولقد اختيرت هذه الحقيقة كقاعدة عامة يعتمد عليها فى أبحاث مقاومة الحشائش بالكيماويات ، حيث أمكن نتيجة اختلاف زاوية التلامس للمبيد التخلص من نباتات الخردل الأقل زاوية تلامس ، أى أن المبيد يكون أكثر تلامساً مع سطح الورقة وأسرع دخولا بنسبة كبيرة إلى داخل أنسجة نباتات الخردل وقتلها، بعكس الحالة فى نباتات القمح التى تتميز بزاوية تلامس كبيرة (١٤٠°) ، أى أن نفس المبيد يكون أقل تلامسا والتصاقا بسطح ورقة القمح، وعليه تضعف فرصة دخوله إلى أنسجة النبات والتأثير عليها . ولذلك تستخدم — فى حالة التسميد بالرش — المواد الناشرة وهى تلك المواد التى تعمل على خفض زاوية التلامس إلى الحد الذى يسمح بالتصاق محلول الرش بسطح الورقة وسهولة دخوله إلى أنسجة النبات .

لذلك كان لطبيعة تركيب وخشونة وسمك طبقة الكيوتيل أهمية قصوى بالنسبة لنجاح عملية تزويد النباتات باحتياجاتها من العناصر المغذية عن طريق الأوراق .

طبيعة وكيمياء طبقة الكيوتيل :

من المعروف أن مادة الكيوتين وهى المادة الأساسية فى بناء طبقة الكيوتيل تتواجد فى صورة نسيج شبكى يتميز بصفاته القطبية التى تجعله ينتفخ عندما يلامس الماء أو المحاليل المائية، وطبيعة الانتفاخ هذه تزيد من درجة نفاذية الماء والمحاليل المائية لكثير من الأملاح والمواد العضوية به . ولقد وجد بالتجربة أن جلدة ثمرة الطماطم وحبات العنب تكون فى أكبر درجات النفاذية فقط عندما تكون فى حالة تلامس مع الماء أو المحاليل المائية .

ولقد ثبت أن المجموعات القطبية لمادة الكيوتين لها القدرة على ربط الماء بواسطة روابط هيدروجينية قوية ، فى حين أن السلاسل الهيدروكربونية للمواد

الشمعية تجتذب الماء بقوى أضعف بكثير من الأولى . ولهذا السبب فإن زاوية التلامس بين رذاذ الماء والمواد الشمعية لطبقة الكيوتيل تكون أكبر بكثير من زاوية التلامس بين رذاذ الماء والمواد البكتينية لطبقة الكيوتيل . وعليه تكون فرصة تلاصق المحلول المائى وسطح الورقة أكبر فى حالة زيادة سطح المواد البكتينية عنه فى حالة المواد الشمعية . ولقد وجد بالتجربة أن مجرد إزالة المواد الشمعية بواسطة المذيبات العضوية من سطح ورقة نبات الخردل يؤدى إلى انخفاض زاوية التلامس من ٩٦° إلى ٢٩° ، وهذا يعنى زيادة حالة التلاصق بين المحلول المائى وسطح الورقة وسهولة عملية الامتصاص .

ولقد أثبتت الدراسات كذلك أن تزاحم العصيات الشمعية على سطح طبقة الكيوتيل بجانب كونها تعيق عملية تلاصق المحلول المائى مع سطح الورقة ، إلا أنها كذلك تسهل فرصة اصطياد طبقة رقيقة من الهواء أسفل رذاذ المحلول المائى وتعمل كطبقة عازلة بين رذاذ المحلول المائى وسطح الورقة ، فإن زاوية التلامس تحت هذه الظروف تكون كبيرة نسبيا ويصعب معها امتصاص ونفاذ المحلول المائى إلى داخل نسيج الورقة .

نفاذ الماء والمحاليل المائية إلى داخل أنسجة الورقة :

مما تقدم يبدو أن طبقة الكيوتيل السميكة للأوراق التامة النمو تشكل فى حد ذاتها العائق الأول الذى يتحكم فى نفاذ الماء والمحاليل المائية إلى داخل نسيج الورقة . وتشير نتائج الدراسات العديدة التى أجريت إلى أن هناك أكثر من وسيلة يتم عن طريقها نفاذ محاليل المواد العضوية وغير العضوية إلى داخل أنسجة الورقة ، منها :

(١) النفاذ خلال جدر خلايا البشرة التى تغلف عروق الورقة الرئيسية والثانوية .
(٢) النفاذ عن طريق الثغور .
(٣) النفاذ عن طريق التشققات التى تحدث عادة فى طبقة الكيوتيل .
(٤) النفاذ خلال طبقة الكيوتيل نتيجة لتمدد خلايا الورقة وتمدد طبقة الكيوتيل نظراً لقابليتها للتمدد وتفرق عصيات المجموعات الشمعية نتيجة عدم

قابليتها للتمدد بنفس درجة تمدد مادة الكيوتين، وبالتالى زيادة المسطح الكيوتينى فى الطبقة الخارجية لطبقة الكيوتيل .

وهناك اعتقاد بأن المواد البكتينية التى توجد فى صورة رقائق فى الجدر الخارجية لخلايا البشرة والتى ثبت أنها تنتشر كذلك فى طبقة الكيوتين لها قدرة كبيرة على امتصاص الماء ، تمثل عن طريق توزيعها فى مادة الكيوتين وتغليفها لخلايا البشرة ممرا متصلا للماء والمحاليل المائية يوصل بين طبقة الكيوتيل من الخارج إلى جدر خلايا البشرة فى الداخل ثم إلى جدر خلايا الحزم الوعائية الفرعية والثانوية الدقيقة وإلى خلايا نسيج الغمد المحيط بالحزم الوعائية الأولية. ولقد أثبتت الدراسات التى استخدمت فيها المواد المشعة صحة وجود وكفاية هذا الطريق فى نقل الماء والمحاليل المائية للعناصر المغذية إلى داخل أنسجة الورقة.

وهناك اعتقاد بأن للثغور دوراً هاماً فى تسهيل عملية مرور الماء والمحاليل المائية إلى داخل أنسجة الورقة حيث يعتقد بأن المحاليل المائية التى تستطيع الدخول إلى داخل الثغر يسهل عليها المرور عن طريق الفراغات بين خلايا طبقة الميزوفيل إلى داخل أنسجة الورقة . ولإثبات مدى صحة هذا الرأى ومدى فاعليته فى انتقال الماء والمحاليل المائية إلى داخل أنسجة الورقة أجريت تجارب استخدم فيها أوراق بعض النباتات التى تتميز بوجود الثغور فى السطح السفلى للورقة فقط (أوراق التفاح صنف المكنتوش) ، وباستخدام محلول اليوريا فى رش السطح العلوى للورقة فقط (الخالى من الثغور) أو السطح السفلى فقط (الذى يحتوى على الثغور) فقد ثبت أن هناك فرقا كبيرا فى سرعة نفاذية محلول اليوريا الذى تم رشه على السطح السفلى عن المرشوش على السطح العلوى . وقد دلت نتائج التجارب على أن سرعة الامتصاص عن طريق السطح السفلى للأوراق كانت أعلى بكثير منها فى حالة رش السطح العلوى . وتقرر النتائج أنه فى حين تم امتصاص ٤٢٪ من أزوت اليوريا المرشوشة على السطح السفلى فى ظرف ساعتين فقط من الرش فإنه لزم مرور فترة قدرها ٤٨ ساعة لامتصاص نفس النسبة من السطح العلوى للورقة، وأنه بعد مرور فترة ٧٢ ساعة تم امتصاص ما يقرب من ٤٩٪ من آزوت اليوريا المرشوشة على السطح العلوى ، فى حين تم امتصاص أكثر من ٨٥٪ من آزوت اليوريا المرشوشة على السطح السفلى خلال نفس الفترة .

مما تقدم يتضح أن امتصاص الماء والمحاليل المائية يتم إما عن طريق سطوح الأوراق ، وإما عن طريق الثغور، وأن كلا الطريقين فعال، إلا أن سرعة وكفاية عملية الامتصاص عن طريق الثغور أكبر بكثير منها عن طريق سطوح الأوراق .

ننتقل بعد ذلك إلى كيفية دخول العناصر المغذية الكبرى والدقيقة المرشوشة وانتقالها داخل أنسجة النبات واستفادة النباتات منها، فلقد لوحظ نتيجة للتجارب العديدة أن عملية الامتصاص تتم على مرحلتين متلاحقتين : المرحلة الأولى وتعتبر سريعة نسبيا ويبدو انها فزيائية ، والمرحلة الثانية وهى أبطأ من الأولى بكثير ، إلا أنها مستمرة وتبدو أنها حيوية ، فلقد أثبتت الدراسات أن المواد التى لها قدرة على إيقاف عملية التمثيل الغذائى بدون التأثير على عملية التنفس بالنبات ليس لها أى أثر على المرحلة الأولى الفزيائية، ولكنها ذات أثر فعال فى وقف المرحلة الثانية إيقافا تاما .

ولقد وجد العلماء تفسيراً لهذه الظاهرة بغرض وجود جزء من حجم النبات — كبير أو صغير ، سواء فى ذلك أنسجة المجموع الجذرى أو أى نسيج خضرى — يمكن اعتباره فراغا حراً ، بمعنى أنه يمكن لمحاليل المواد العضوية وغير العضوية الدخول فيه والخروج منه بدون أى عائق أو أى نوع من أنواع الانتقاء الأيونى، بمعنى أنه إذا غمست بعض أجزاء النبات فى محاليل مختلفة التركيز من ملح معين فإن هذه الأجزاء النباتية تمتص أحجاما متساوية من هذه المحاليل مهما اختلف تركيزها ، فإذا ماتم نقع أو غسل هذه الأجزاء النباتية فى ماء مقطر خرج من هذه الأنسجة كميات من الملح تتناسب طرديا مع تركيز محاليل الغمس .

وتشير كثير من البحوث إلى أن الخلية النباتية تأخذ احتياجاتها من العناصر المغذية الموجودة فى الفراغ الحر حولها، حيث ثبت أن الفراغ الحر يشمل المسافات البينية من الخلايا ، وكذلك الفراغات بين النسيج الشبكى لجدر الخلايا وجزء كبير من السيتوبلازم .

نستنتج من ذلك أن محلول الرش بمجرد اختراقه لطبقة الكيوتيل بإحدى الوسائل السابق شرحها يمكنه أن ينتشر داخليا وبطريقة طبيعية حرة فى الفراغ الحر ، وبذلك يكون فى متناول الخلايا لتتم مرحلة الامتصاص الحيوية .

استجابة النباتات للرش بمحاليل بعض العناصر المغذية :

سنتناول فيما يلى دراسة مدى استجابة النباتات للرش بمحاليل لبعض العناصر المغذية مبتدئين بالعناصر الكبرى : الأزوت ، والفوسفور ، والبوتاسيوم ، والكبريت ، والمغنسيوم .

الأزوت

لقد أثبتت الدراسات أن رش أشجار التفاح بمحلول اليوريا بتركيز ٢,٥ كيلو جرام يوريا فى ٥٠٠ لتر ماء (يحتوى على ½ كجم جير حى فى كل ٥٠٠ لتر ماء) أدى إلى زيادة كمية السكاوروفيل والآزوت الكلى بالأوراق المرشوشة عنها فى الأوراق غير المرشوشة باليوريا .

وفى دراسة مقابلة فاعلية التسميد بطريقة الرش بطريقة التسميد العادية بإضافة سماد اليوريا للأرض أثبتت الدراسات أن رش أشجار التفاح بمحلول اليوريا كان له مفعول أكبر وأثر أوضح فى رفع المحصول عن طريق التسميد الأرضى تحت المستوى الآزوتى الواحد .

وبجانب التجارب التى أجريت على أشجار التفاح أجريت تجارب أخرى على العديد من أشجار الفاكهة مثل : أشجار البرتقال والعنب والكمثرى ، وكذلك على بعض محاصيل الحقل مثل : القطن والفول وقصب السكر ، وكذلك على بعض محاصيل الخضر : كالطماطم . وأثبتت نتائج التجارب نجاح فاعلية طريقة التسميد بالرش وتفوقها فى كثير من الحالات على طريقة التسميد الأرضى . فلقد وجد فى حالة نباتات الطماطم أن رش النباتات أربع رشات متتالية باليوريا بتركيز ٠,٧٥ ٪ أدى إلى زيادة المحصول وسرعة نضج الثمار . وفى ظروف زراعة الطماطم فى الصوب الزجاجية أوضحت الدراسة أن رش النباتات أربع رشات متتالية بمحلول اليوريا بتركيز ٠,٥ ٪ أعطى محصولا يفوق محصول معاملة التسميد الأرضى بنفس السماد ونفس المعدل الآزوتى .

أما فى حالة نباتات الموز فقد أوضحت الدراسات أن أكثر من ٦٥ ٪ من اليوريا المرشوشة قد امتصت بواسطة الأوراق فى ظرف ٢٥ دقيقة .

ولم تقتصر البحوث على استخدام اليوريا كمصدر آزوتى ، فقد تمت تجربة معظم الأسمدة الآزوتية الأخرى العضوية منها وغير العضوية . فقد استخدمت أملاح النشادر والأملاح النتراتية ، وكذلك استخدمت عدة صور عضوية أهمها الأحماض الأمينية والأميدات والقلويدات وغيرها ، إلا أن جميع الدراسات أوضحت أن استخدام اليوريا أدى إلى الحصول على أحسن النتائج وذلك فى حدود التركيزات التى لا تؤدى للإضرار بأنسجة النباتات الحية ، علما بأنه لا يوجد تركيز واحد من اليوريا يمكن تعميمه لكافة المحاصيل ، فمثلا وجد أنه من الممكن رش نباتات القصب بتركيزات عالية نسبيا من اليوريا تصل إلى حوالى ٦٧ رطلا للفدان ، فى حين ثبت أن أكبر معدل يمكن رش أشجار التفاح به لا يتعدى ١٥ رطلا للفدان .

ولقد أثبتت الدراسات كذلك أن الحالة المائية للخلايا النباتية تلعب هى الأخرى دورا هاما فى درجة تحملها للتركيزات العالية نسبيا من اليوريا . وتعتبر أحسن فترة لرش النباتات بمحاليل العناصر المغذية عموما هى الفترة التى تلى الرى ، وحيث تكون الخلايا فى حالة امتلاء مائى . ولقد ثبت كذلك أن درجة استفادة النباتات من محاليل الرش باليوريا تتوقف على المحتوى الآزوتى للنباتات ، وكذلك على المحتوى الأرضى من الآزوت فى الصورة الصالحة لاستفادة النباتات . ويجب أن يراعى فى حالة التسميد بالرش بوجه عام حالة النباتات ومحتواها من العنصر المراد رشه على النباتات ، قبل تقرير عملية التسميد بالرش ، حيث من المعروف أن سرعة امتصاص وانتقال العناصر عن طريق الأوراق تفوق سرعة الامتصاص والانتقال عن طريق الجذور ، وهذه الحقيقة وإن كانت تبدو مشجعة إلا أنه يجب الاحتراس منها ، حيث إن زيادة سرعة الامتصاص وزيادة تجمع بعض العناصر (كأملاح النشادر مثلا) قد يؤدى إلى إحداث أضرار شديدة بالأوراق .

الفوسفور

يعتبر أنجح العناصر المغذية الكبرى التى ثبت إمكان تزويد النباتات بجزء كبير من احتياجاتها منها عن طريق التسميد بالرش . ولقد أوضحت الدراسات العديدة أن درجة استجابة النباتات للرش بالمحاليل المائية لهذا العنصر تتوقف على مقدار ما يحويه النبات من هذا العنصر ، وأن النباتات التى تحتوى على كميات

من هذا العنصر تقل عما يجب أن يحويه النبات السليم غذائيا ، فإن درجة الاستجابة للتسميد بالرش تكون كبيرة كلما كان الفرق بين ما يحتويه النبات فعلا وما يجب أن يحتويه من هذا العنصر كبيرا ، وتقل الاستجابة تدريجيا كلما قاربت كمية ما يحويه النبات فعلا وما يجب أن يحويه من هذا العنصر .

ولقد أوضحت النتائج التي أجريت على نباتات الذرة والطماطم أن درجة استجابة النباتات للرش بمحاليل أملاح الفوسفور تتوقف على عدد مرات الرش ، ودرجة تركيز المحلول الفوسفاتي المستخدم في عملية الرش ، حيث أوضحت نتائج الدراسات أن الرش بمحلول حامض الفوسفوريك وبتركيز ٢٥ مليجرام جزيء في اللتر كان ضمن أحسن التركيزات التي أدت لاستجابة واضحة في النمو . ولقد أوضحت التجارب الحقلية كذلك أن رش نباتات الطماطم بمحلول حامض الفوسفوريك بتركيز ٢,٣ كيلو جرام في ٦٠٠ لتر ماء للفدان أعطى محصولا مبكرا أحسن من محصول المعاملة التي حصلت على ٦٥ كيلو جرام سوبر فوسفات أضيفت للأرض .

ويبدو أن سبب سرعة وزيادة أثر معاملة الرش بالمحاليل الفوسفاتية عن معاملة التسميد الأرضي تعود أساسا إلى زيادة سرعة امتصاص وتمثيل الفوسفور في حالة التسميد بالرش عنها في حالة التسميد الأرضي .

ولقد أوضحت الدراسات التي استخدمت فيها طريقة التصوير التلقائي باستخدام الفوسفور المشع ٣٢ رشاً على أوراق نباتات الذرة ، سرعة امتصاص عنصر الفوسفور بواسطة الأوراق وسرعة انتقال نسبة كبيرة منه إلى مراكز النمو المرستيمية . ولقد أوضحت البحوث التي أجريت فيما بعد إمكانية تزويد نباتات القطن ببعض احتياجاتها من عنصر الفوسفور ، وكان لهذه المعاملة أثر واضح على زيادة المحصول والتبكير وخاصة عند رش نباتات القطن بمحلول السوبر فوسفات بمعدل ١٠ كيلو جرام سوبر فوسفات للفدان عند بداية ظهور الوسواس .

كما أوضحت النتائج أن الرش بمحلول السوبر فوسفات خلال الفترة الأولى من عمر النبات (طور البادرة) لم يكن له أثر على النمو أو المحصول أو التبكير . ولقد فسرت هذه النتيجة على أساس صغر مساحة مسطح الأوراق في هذا العمر المبكر من حياة النبات وصغر مساحة المسطح المعرض للرش بما كان له أثر في الحد

من كفاية وسيلة التسميد بالرش خلال الفترات الأولى من عمر النبات . وهذه الحقيقة يجب أن تراعى لضمان نجاح عملية التسميد بالرش حيث يتحتم اختيار عمر النبات المناسب الذى يتوافر عنده تواجد مسطح خضرى كبير نسبيا لاستقبال كميات ملائمة من محلول الرش .

ولقد دلت نتائج الدراسات التى أجريت على نباتات القصب أنه من الممكن تزويد هذا المحصول بجزء كبير من احتياجاته من عنصر الفوسفور عن طريق الأوراق . ولقد دلت الدراسات التى استخدم فيها الفوسفور المشع ٣٢ سرعة امتصاص هذا العنصر وسرعة توزيعه داخليا فى جميع أجزاء النبات . كما ثبت أن المدة اللازمة لامتصاص ٥٠٪ من هذا العنصر بالنسبة لنبات القصب تصل إلى حوالى ١٥ يوما . كما أوضحت الدراسات أن امتصاص الفوسفور كان أسرع عند رشه على سطوح الأوراق السفلية ، كما ثبتت زيادة سرعة الامتصاص باستخدام المواد الناشرة واللاصقة ، كما ثبت أن امتصاص الفوسفات فى حالة استخدام فوسفات النشادر كان أكبر وأسرع منه فى حالة استخدام فوسفات البوتاسيوم .

كما أوضحت الدراسات أن أحسن ميعاد لتسميد محاصيل الحبوب بالرش بمحاليل فوسفاتية يحقق أحسن النتائج هو موعد قبيل طرد السنابل مباشرة ، حينما يكون سطح الأوراق كبيراً نسبيا ، ويكون النبات فى أوج نشاطه الحيوى . كما أوضحت نتائج التجارب الحقلية باستخدام الفوسفور المشع ٣٢ أن حوالى من ١٠ — ٤٠٪ من كمية الفوسفور الموجود فى درنات البطاطس وثمار الطماطم وحبوب الذرة والفول عند تمام النضج كان مصدرها فوسفور حمض الأرثوفوسفوريك الذى رشت به النباتات على فترات أسبوعية أثناء طورى الأزهار والإثمار .

البوتاسيوم

لا تقل كفاية طريقة التسميد بالرش بالنسبة لعنصر البوتاسيوم عنها بالنسبة لعنصر الفوسفور ، حيث ثبتت إمكانية تزويد العديد من النباتات بجزء كبير من احتياجاتها من عنصر البوتاسيوم عن طريق الأوراق . وكما هى الحال بالنسبة لعنصرى الآزوت والفوسفور فإن درجة استجابة النباتات لعملية التسميد بالرش بمحاليل أملاح البوتاسيوم تتوقف على شدة حالة الجوع العنصرى التى يعانيها

النبات بالنسبة لهذا العنصر ، وأنه كلما زادت احتياجات النبات من هذا العنصر كان لعملية التسميد بالرش أثر واضح وملموس ، سواء بالنسبة لنمو النباتات أو محصولها . ولقد ثبتت إمكانية علاج أعراض نقص البوتاسيوم على أوراق الكثير من النباتات وذلك برشها خمس أو ست رشات بمحلول كبريتات البوتاسيوم بتركيز ١ ٪ .

الكبريت

تشير معظم الدراسات التي أجريت على هذا العنصر إلى إمكانية علاج أعراض نقص الكبريت على العديد من الحاصلات الزراعية وأشجار الفاكهة بوسائل التغذية اللاجذرية ، حيث ثبتت إمكانية استخدام أملاح الكبريتات القابلة للذوبان في الماء كمصدر لعنصر الكبريت ، وأن عملية رش النباتات بمحاليل أملاح الكبريتات تؤدي في حالة نقص هذا العنصر إلى زيادة معدل النمو . وتقرر نتائج البحوث أن أوراق النباتات يمكنها امتصاص الكبريت من غاز كب ٢ في تركيزاته الخفيفة وأن الكبريت الممتص من هذا الغاز يمكن أن ينتقل ويمثل داخليا بكفاية عالية . كما تشير كثير من الدراسات التي استخدمت فيها المطهرات الفطرية الكبريتية والمبيدات الحشرية إلى أن أوراق النباتات يمكنها أن تمتص جزءا كبيرا نسبيا من هذه المصادر الكبريتية ، وأنه قد يصيب الأوراق بعض حالات التسمم نتيجة امتصاص كميات كبيرة نسبيا من عنصر الكبريت نتيجة معاملة النباتات ببعض هذه المطهرات والمبيدات الكبريتية .

المغنسيوم

تدل تقارير البحوث على أنه من الممكن وقف ظهور أعراض نقص المغنسيوم على أوراق أشجار التفاح ، وذلك عن طريق رش الأشجار من ثلاث إلى أربع رشات بمحلول كبريتات المغنسيوم بتركيز ٢ ٪ خلال فترة ماقبل الإزهار . كما تشير التقارير كذلك إلى ضرورة رش هذه الأشجار سنويا حيث إن الرش بمحلول كبريتات المغنسيوم لا يستمر أثره لأطول من الموسم الذي تم فيه عملية التسميد بالرش ، وأن أثر هذه العملية لا يستمر مفعوله لسنوات أخرى . كما تشير نتائج

البحوث التى أجريت على البرتقال أنه من الممكن علاج أعراض نقص المغنسيوم وتغطية كافة احتياجات الأشجار من هذا العنصر عن طريق التسميد بالرش مرتين بمحلول كبريتات المغنسيوم بتركيز ٢ ٪ .

وتشير المراجع إلى أن أكثر أملاح المغنسيوم ملاءمة لعملية التسميد بالرش، والتى ثبت أنها تعطى نتائج إيجابية بالنسبه لمجموعة كبيرة من النباتات هو ملح كبريتات المغنسيوم . كما تؤكد نتائج الدراسات العديدة أن عملية التسميد بالرش بكبريتات المغنسيوم تفوق بكثير فى مفعولها عملية تسميد الأراضى بنفس الملح . كما تشير نتائج البحوث إلى أنه من الممكن تخفيف حدة الضرر الذى يلحق بأوراق الطاطم نتيجة رشها بتركيزات عالية نسبيا من اليوريا ، وذلك عن طريق إضافة كبريتات المغنسيوم إلى محلول الرش . ويعتقد أن أثر المغنسيوم على تخفيف الضرر الناجم عن رش الأوراق بتركيزات عالية نسبيا من اليوريا إلى أثر المغنسيوم على خفض معدل وكفاية امتصاص اليوريا بواسطة الأوراق .

أما العناصر الدقيقة من العناصر المغذية ومدى استجابة النبات للرش بها فنذكر منها عناصر الحديد والزنك والنحاس والمنجنيز والبورون والموليبدنم .

الحديد

يعتبر عنصر الحديد من أول العناصر التى استخدمت فى عملية التسميد بالرش والتى كان لها استعمالات واسعة وخاصة فى رش النباتات التى تعانى من أعراض نقص الحديد ، سواء تحت ظروف الأراضى الجيرية أو تحت ظروف الأراضى الغنية فى عنصر المنجنيز ، وهى الظروف التى تساعد على ظهور أعراض نقص عنصر الحديد . ويعتبر ملح سلفات الحديدوز أنسب ملح حديدى استخدم فى عملية التسميد بالرش لعلاج أعراض نقص الحديد فى نباتات الأناناس المزروعة فى أراض غنية فى عنصر المنجنيز .

وعموما تعتبر النباتات الصغيرة أكثر حساسية وأكثر تعرضا للأضرار التى قد تنجم نتيجة رشها بتركيزات عالية نسبيا من أملاح كبريتات الحديدوز . كما تشير الدراسات إلى أن مفعول الرشة الواحدة بملح كبريتات الحديدوز يتوقف

على شدة حالة أعراض نقص الحديد من جهة ، وغزارة النمو الخضرى للنبات من جهة أخرى ، بمعنى أنه كلما كان المجموع الخضرى للنبات كبيرا نسبيا وكان النبات يعانى من أعراض نقص الحديد ، كان مفعول الرشة الواحدة أسرع فى الظهور ، ولكنه لايستمر لفترة طويلة . لذلك فإنه فى حالة النباتات الصغيرة ذات معدل النمو العالى تحت ظروف الأراضى الفقيرة فى عنصر الحديد — لتوافر أى عامل من العوامل التى تحد من صلاحية عنصر الحديد بالأرض — فإن عملية التسميد بالرش بمحلول كبريتات الحديدوز فى تركيزات خفيفة نسبيا وعلى فترات شهرية يصبح أمراً ضروريا لعلاج أعراض نقص الحديد . أما فى حالة النباتات الكبيرة فإنه من الممكن استخدام تركيزات عالية نسبيا وعلى فترات أطول .

ويعتبر محلول كبريتات الحديدوز بتركيز كيلوجرام واحد فى ٦٠٠ لتر ماء — على أن يكون محلول الرش مائلا للحموضة نوعا — من أنسب المحاليل لعلاج أعراض نقص الحديد فى أشجار البرتقال والليمون .

ويعتبر مركب كيليت الحديد من أحدث وأنجح المركبات التى تحتوى على الحديد فى صورة قابلة للذوبان فى الماء وصالحة لاستفادة النباتات. وتعتبر مركبات كيليت الحديد من أكثر المركبات انتشاراً لعلاج أعراض نقص الحديد فى كافة النباتات . وتشير نتائج الدراسات إلى أن أنسب التركيزات وأنجحها فى علاج عراض نقص الحديد فى حالة مركب كيليت الحديد الذى يحتوى على ٥٪ حديد هى :

٠,٦ كيلو جرام كيليت حديد لكل ٦٠٠ لتر ماء (محلول رش) فى محصولى التفاح والسكمثرى ، و ٠,٤ كيلو جرام كيليت حديد لكل ٦٠٠ لتر ماء (محلول رش) فى محاصيل المواليح والعنب والخضر، أما الخوخ فهو شديد الحساسية لكيليت الحديد ويستعمل بتركيز ٠,١ كيلو جرام فقط لكل ٦٠٠ لتر ماء (محلول رش) .

الزنك

منذ عام ١٩٣١ أصبح من المعروف أنه من الممكن علاج أعراض نقص الزنك عن طريق حقن ساق أشجار الفاكهة ببعض المركبات التى تحتوى على عنصر الزنك . وكما هو الحال لعنصر الحديد أثبتت الدراسات أن إضافة كميات كبيرة

من عنصر الزنك إلى الأرض لم يكن لها مفعول فى علاج أعراض نقص الزنك . أما بالنسبة لطريقة التسميد بالرش فإنه وإن اختلفت نتيجة علاج نقص الزنك بهذه الطريقة ، إلا أن نتيجة الدراسات أثبتت بالنسبة لمجموعة كبيرة من النباتات أنها أكثر فاعلية ، وأن أثرها يمتد لفترة طويلة ، فقد أوضحت نتائج الدراسات أن رشة واحدة بأحد مركبات الزنك بتركيز حوالى نصف كيلو جرام فى كل ٦٠٠ لتر ماء كانت كافية لعلاج أعراض نقص الزنك فى أشجار الموالح لفترة تمتد لحوالى ٣ سنوات . كما ثبت أن أكثر مركبات الزنك فاعلية كانت أملاح كبريتات الزنك . ولقد وجد فى حالة استخدام تركيزات مخففة من أملاح الزنك أن رش النباتات فى أوائل مرحلة النمو الخضرى كان أكثر فاعلية ، واستمر مفعوله لمدة أطول من الرش فى أواخر مرحلة النمو الخضرى ، وأن هذه الظاهرة لم تظهر فى حالة استخدام تركيزات عالية نسبيا ، حيث يتساوى المفعول .

النحاس

أوضحت الدراسات إمكانية علاج أعراض نقص عنصر النحاس بطريقة التسميد بالرش بأملاح النحاس فى عديد من النباتات المعمرة . وفى فلوريدا بالولايات المتحدة الأمريكية وجد أن رشة واحدة بمخلوط كبريتات النحاس وإيدروكسيد الكالسيوم بتركيز ٤ كيلو جرام من ملح كبريتات النحاس مع ٤ كيلو جرام من أيدروكسيد الكالسيوم فى ٥٠٠ لتر ماء أثناء مرحلة بداية فترة النمو الخضرى أدت لوقف ظهور أعراض نقص النحاس على جميع النموات الخضرية طول السنة . وتشير نتائج التجارب إلى سرعة وسهولة امتصاص الأوراق لملح كبريتات النحاس وأن عنصر النحاس الممتص بواسطة الأوراق ينتقل بسهولة داخل النبات إلى مراكز النمو وخاصة الأزهار والثمار . ويستقر رأى العديد من الباحثين إلى ضرورة إضافة أيدروكسيد الكالسيوم لمحاول الرش لتفادى أعراض التسمم بملح كبريتات النحاس .

المنجنيز

تشير جميع الدراسات إلى إمكانية وقاية النباتات — وخاصة أشجار الفاكهة — من أعراض نقص عنصر المنجنيز ، وذلك برش الأشجار بمحاليل مخففة نسبياً

لأحد أملاح المنجنيز . ويعتبر ملح كبريتات المنجنيز الملح النموذجى الصالح للاستخدام فى حالة التسميد بالرش. وتشير نتائج البحوث التى أجريت فى كل من كاليفورنيا وفلوريدا بالولايات المتحدة الأمريكية أن رشة واحدة بملح كبريتات المنجنيز بمعدل ١ — ٢ كيلو جرام فى كل ٥٠٠ لتر ماء كافية لعلاج أعراض نقص المنجنيز على أوراق الموالح ومنع ظهور أى أعراض نقص لهذا العنصر على جميع النموات الحديثة المتكونة خلال سنة من بداية عملية التسميد بالرش .

البورون

هناك اقتناع كامل بأن عملية التسميد بالرش بأى من البوراكس أو حامض البوريك كمصدر لعنصر البورون تعتبر عملية لها نتائجها المرضية بالنسبة لوقاية النباتات من أعراض نقص البورون ، سواء بالنسبة لأشجار الفاكهة أو محاصيل الخضر . ولقد أوضحت نتائج التجارب أن رشة واحدة بمحلول البوراكس بتركيز ٤ كيلوجرام فى كل ٥٠٠ لتر ماء كان لها أثرها فى زيادة محتوى ثمار التفاح من عنصر البورون إلى حوالى خمسة أمثاله فى ثمار الأشجار غير المعاملة ، واستمرت هذه الزيادة لفترة ثلاثة شهور من بعد عملية التسميد (الرش) . وتفيد نتائج التجارب التى أجريت فى كندا — والخاصة بعلاج أعراض نقص البورون فى نبات الكرفس تحت ظروف الأراضى الدبالية الحامضية — إلى أنه من الممكن وقف ظهور أعراض نقص البورون ووقاية النباتات منها بطريقة فعالة وسريعة وذلك عن طريق تسميد النباتات بالرش بالبوراكس بمعدل ١ — ١٠٥ كيلوجرام فى كل ٥٠٠ لتر ماء، وأنه من الممكن إضافة البوراكس إلى محاليل الرش بالمطهرات الفطرية كعلاج مشترك ضد الإصابة الفطرية وأعراض نقص البورون فى نفس الوقت .

المولبيدنم

أثبتت الدراسات أن معظم النباتات وخاصة البقولية تحتاج إلى كمية ضئيلة جدا من عنصر المولبيدنم تقل بكثير عن احتياجات النباتات لأى عنصر من العناصر الدقيقة الأخرى . ومع ذلك فقد ثبت ظهور عدة حالات لأعراض نقص هذا العنصر على العديد من الحاصلات .

ولقد أوضحت نتائج التجارب أنه من السهل علاج أعراض نقص الموليبدنم في أشجار الموالح عن طريق مجرد رشة واحدة باستخدام ملح موليبدات الصوديوم بتركيز ٢٥ جراما في كل ١٠٠ لتر ماء . ولقد كان لهذه المعاملة أثرها الواضح في عودة اللون الأخضر الطبيعي للنموات الحديثة في ظرف حوالي ٣ — ٤ أسابيع من تاريخ المعاملة بالرش . كما أوضحت نتائج الدراسات كذلك أنه برش محلول موليبدات الصوديوم على أوراق النصف السفلي للنبات فإن عنصر الموليبدنم لا ينتقل إلى أوراق النصف العلوي للنبات (النصف غير المرشوش) وهذا يدل على عدم سهولة انتقال عنصر الموليبدنم من الأنسجة المعاملة إلى الأنسجة العلوية غير المعاملة .

العوامل المؤثرة في كفاية عملية التغذية اللاجذرية :

أوضحت الدراسات وجود اختلافات بينة وبين العناصر المغذية المختلفة بالنسبة لسرعة امتصاصها واستفادة النباتات منها في حالة تزويد النبات بها رشا عن طريق المجموع الخضري .

ويوضح الجدول التالي هذه الحقيقة في صورة الزمن اللازم لامتصاص ٥٠ ٪ من كمية العنصر المرشوش على نباتات الفاصوليا :

العنصر	الزمن اللازم لامتصاص حوالي ٥٠ ٪ من كمية العنصر المرشوش
الصوديوم	٦ ساعات
الآزوت (يوريا)	١٠ — ٢٠ ساعة
الزنك	٢٤ ساعة
المنجنيز	٢٤ — ٤٨ ساعة
الفوسفور	٣٠ ساعة
الكلور	٢٤ — ٤٨ ساعة
البوتاسيوم	١ — ٤ يوم
الكالسيوم	٤ أيام
الكبريت	٨ أيام
الحديد	٨ ٪ في خلال ٢٤ ساعة
الموليبدنم	٤ ٪ في خلال ٢٤ ساعة

وتشير نتائج التجارب كذلك إلى أن هناك أثراً واضحاً لوجود عنصر أو مادة فى محلول الرش على امتصاص عنصر آخر ، فمثلا وجـــد أن استخدام السكر (السكروز) أو أى ملح من أملاح المغنسيوم كمواد مقللة للأضرار التى قد تنجم عن رش النباتات بتركيزات عالية نسبيا من اليوريا تقلل من سرعة امتصاص النباتات لليوريا المرشوشة ، كما تشير الأبحاث إلى أنه لم يكن هناك أى أثر ملحوظ لإضافة السكروز إلى محلول الرش على امتصاص الفوسفات .

وتشير نتائج الدراسات كذلك أنه فى حالة رش المحاليل الفوسفاتية على النباتات فإن الأمر يستلزم توافر النشويات بالأوراق وأنه يفضل إضافة سكر الجلوكوز أو الفركتوز إلى محاليل الرش الفوسفاتية بتركيز ٢٪ لضمان انتقال الفوسفات من سطح الأوراق إلى أجزاء النبات الأخرى حيث ثبت أن الفوسفات المرشوشة على سطح الأوراق تمتص بسرعة إلى داخل أنسجة الورقة حيث تدخل فى تكوين مركبات سكرية. وثبت أيضاً أنها تدخل فى عملية تمثيل الدهون والبروتينات.

وعملية إضافة المحاليل السكرية إلى محاليل الرش وإن كان لهـا فوائدها فى بعض الحالات ، إلا أنها عملية مكلفة وغير مرغوب فيها . ولتفادى هذه الإضافات وضمان استفادة النباتات من محاليل الرش بأى من العناصر المغذية فإنه يفضل عموما إجراء عملية الرش بعد الظهر أو عند الغروب .

ولقد أثبتت الدراسات كذلك أن الحالة المائية للخلايا النباتية تلعب هى الأخرى دوراً هاما فى درجة تحملها للتركيزات العالية نسبيا من اليوريا . وتعتبر الفترة التى تلى الرى أحسن فترة لرش النباتات بمحاليل العناصر المغذية عموما حيث تكون الخلايا فى حالة امتلاء مائى . ولقد ثبت كذلك أن درجة استفادة النباتات من محاليل الرش باليوريا تتوقف على المحتوى الآزوتى للنباتات وكذلك على محتوى الأرض من الآزوت فى الصورة الصالحة لاستفادة النباتات .

وتشير نتائج التجارب والدراسات إلى أن لحالة النبات الغذائية ومستوى العنصر المراد رشه أهمية كبيرة بالنسبة لدرجة استفادة النبـــاتات من العنصر المرشوش. فقد وجد أن انتقال واستفادة النباتات من محاليل الفوسفات المرشوشة على النباتات المفتقرة لهذا العنصر تكون أكبر منها فى حالة النباتات الغنية نوعا فى هذا العنصر .

ويجب أن يراعى فى حالة التسميد بالرش بوجه عام حالة النباتات ومحتواها من العنصر المراد رشه قبل تقرير عملية التسميد بالرش ، حيث من المعروف أن سرعة امتصاص وانتقال العناصر عن طريق الأوراق تفوق سرعة الامتصاص والانتقال عن طريق الجذور . وهذه الحقيقة وإن كانت تبدو مشجعة إلا أنه يجب الاحتراس منها ، حيث إن زيادة سرعة الامتصاص وزيادة تجمع بعض العناصر (كأملاح النشادر مثلا) قد يؤدى إلى إحداث أضرار شديدة بالأوراق.

وتتفق معظم النتائج على أن سرعة الامتصاص بواسطة الأوراق الصغيرة أسرع منها فى الأوراق الكبيرة المتقدمة فى العمر ، ويستثنى من ذلك امتصاص البوتاسيوم بواسطة أوراق العنب .

كما أوضحت نتائج التجارب التى استخدم فيها نظير الآزوت الثابت ١٥ على محاصيل قصب السكر والدخان أن عملية الامتصاص أثناء الليل والصباح الباكر تكون أكبر من أى وقت من أوقات النهار الأخرى . ولم يثبت وجود أى أثر واضح للحرارة أو الضوء على عملية الامتصاص . كما أوضحت نتائج التجارب أن زيادة الرطوبة النسبية بالجو تزيد من امتصاص عنصر المنجنيز بواسطة أوراق نبات فول الصويا . كما أوضحت النتائج أن عنصر الكوبلت يمتص بنفس السرعة سواء فى الضوء أو الظلام ، ولكن ثبت أن انتقال عنصر الكوبلت من الأوراق مرتبط بوجود الضوء .

أما فيما يختص بدرجة حموضة محلول الرش ، فقد أوضحت نتائج التجارب أنها من العوامل الأساسية الهامة التى يتوقف عليها نجاح عملية امتصاص العناصر وسرعة هذا الامتصاص ، فلقد أوضحت نتائج التجارب أنه فى حالة استخدام اليوريا كمصدر للآزوت فى محاليل الرش وجد أنها تمتص وتنتقل بسرعة إلى جميع أجزاء النبات ، وأن سرعة الامتصاص تتأثر بدرجة كبيرة بدرجة حموضة محلول الرش ، حيث ثبت أن درجة الامتصاص تصل أقصاها بين درجتى (pH) ٥و٧، وأقلها عند درجتى (pH) ٦ و ٩ .

أما فى حالة عنصر الفوسفور والكبريت وكذلك اليود والكلور ، فقد وجد أن امتصاصها يتوقف على درجة حموضة محلول الرش ، حيث وجد أن أنسب درجة (pH) لإحداث أكبر امتصاص يجب أن تكون حامضية بين درجتى ٢و٣ .

ولقد أثبتت البحوث التى استخدم فيها نظير البوتاسيوم ٤٢ والروبيديوم ٨٦ أن أقصى درجة امتصاص كانت عند درجة (pH) ٨ وخاصة عند إضافة هذه العناصر فى صورة فوسفات . وفيما يلى جدول يوضح أنسب درجات الحموضة اللازمة لإحداث أعلى معدل امتصاص :

العنصر	درجة الـ (pH)
الحديد	٢
النحاس	٣
الكبريت	٣
الفوسفور	٣
الكالسيوم	٣
المنجنيز	٣
الزنك	٣
الصوديوم	٤٠٥
المولبيدنم	٨٠٠
البوتاسيوم	٩٠٠

أثر التغذية اللاجذرية بالعناصر الدقيقة على نمو وإزهار ومحصول نباتات القطن :

تشير نتائج الدراسات إلى ضرورة إضافة عنصر البورون إلى نباتات القطن التى تعانى من أعراض نقص هذا العنصر، حيث إنه ثبت أثر هذه المعاملة على زيادة المحصول كقطن زهر وزيادة وزن البذور كذلك .

وتقرر نتائج بعض التجارب أن رش نباتات القطن بعنصر البورون بتركيز ٠٠١ ٪ ثمانى رشات وبمعدل رشة كل أسبوع يؤدى إلى زيادة محصول القطن الزهر من ٤٢٠ إلى ١٤٤٩ رطلا للأيكر . وعموما تشير نتائج البحوث والدراسات إلى ضرورة إضافة هذا العنصر على دفعتين : الأولى قبل الزراعة (تسميد أرضى) ، والثانية فى صورة محلول رش ، على أن تتم عملية رش النباتات عند بداية تكوين البراعم الزهرية . ولقد أثبتت الدراسات التى أجريت بالاتحاد السوفيتى أن رش نباتات

القطن بحامض البوريك بتركيز ٠,٠٠١ ٪ — ٠,٠٢٥ ٪ يؤدى إلى زيادة عدد اللوز على النبات ، وزيادة متوسط وزن اللوزة مع زيادة المحصول .

وتشير نتائج الدراسات كذلك إلى أن عنصر البورون يعمل على سرعة تكوين البراعم الزهرية ، ويبكر خروجها بفترة تصل إلى حوالى ٦ أيام، ويزيد عدد اللوز الكلى على النبات . وتشير نتائج التجارب التى أجريت بالاتحاد السوفييتى كذلك إلى أن معاملة نباتات القطن بالرش بمحلول عناصر البورون والمنجنيز والكوبلت والزنك بتركيز من ٠,٠٠١ — ٠,٠٠١ ٪ منفردة أو مخلوطة ، تعمل على زيادة المحصول بنسبة تصل إلى حوالى ٦٠٧ — ١٣٠٠ ٪ وأن عنصر البورون كان أكثر العناصر فاعلية .

أما بالنسبة لعنصر الزنك فتشير نتائج بعض التجارب إلى أن نقع بذور القطن فى محلول كبريتات الزنك لم يكن لها أى أثر على محصول القطن الزهر تحت الظروف الحقلية . ولقد لوحظ أن زراعة بذور القطن المنقوعة فى محلول الزنك فى زراعات مائية تحتوى على جميع العناصر الأساسية والنادرة ما عدا عنصر الزنك يجعلها تنمو نمواً طبيعياً أقوى من تلك البذور التى لم تنقع والتى زرعت فى نفس المحلول المغذى الذى ينقصه عنصر الزنك، إلا أنه لوحظ أن أعراض نقص الزنك عادة ما تعود للظهور على نباتات القطن السابق نقعها فى محلول الزنك بعد مرور فترة ما ، وفى هذا دلالة على أن الكمية الممتصة لم تكن كافية لتغطية احتياجات النبات طول فترة حياته ولو أن النباتات استفادت بكمية من عنصر الزنك التى امتصتها البذور نتيجة عملية النقع .

وتشير نتائج بعض الدراسات إلى زيادة محصول القطن بصورة أكبر وأوضح فى حالة رش النباتات بمحاليل عناصر المنجنيز والكوبلت عنها فى حالة إضافة هذين العنصرين للأرض . وتشير نتائج الدراسات إلى أنه فى حالة نقع بذور القطن فى محلول نترات الكوبلت بتركيز ٠,٠٢٥ ٪ أو برش النباتات بمحلول هذا الملح وقت تكوين البراعم الزهرية، فإن هذه المعاملة تزيد من معدل نمو النباتات، وتزيد من عدد اللوز ، ونقص معدل التساقط ، وخاصة تحت ظروف توافر تركيزات ملحية عالية بالأرض ، حيث تؤدى المعاملة بالكوبلت إلى زيادة المحتوى المائى للأوراق ، ونقص فى درجة تركيز العصارة الخلوية ، وزيادة فى نشاط أنزيم الكاتاليز فى الأوراق ، وزيادة فى المحصول تصل إلى حوالى ٩ ٪ .

ولقد وجد أثر مشابه لهذا العنصر لعنصر البورون حيث ثبت أن الكوبلت يعمل على خفض الأثر الضار لتواجد تركيزات عالية من الأملاح بالأرض .

ولقد أدت عملية الرش خمس مرات بمحلول أملاح كبريتات النحاس بتركيز ٠,٠١ ٪ وكبريتات المنجنيز بتركيز ٠,٠٠٥ ٪ والبوراكس بتركيز ٠,٠٢٥ ٪ وكبريتات الحديدوز بتركيز ٠,١٠ — ٠,٠٠٥ ٪ خلال مرحلة الإزهار بمعدل ٤٠٠ — ٥٠٠ لتر ماء للهكتار إلى زيادة عدد الازهار ونقص فى معدل تساقط اللوز الحديث العقد مع زيادة فى المحصول تصل من ٢٠٠ إلى ٤٥٠ كيلوجرام قطن زهر للهكتار .

أما فيما يختص بنقع بذور القطن فى محلول ٠,٠٠٥ ٪ من كبريتات الكوبلت وموليبدات الأمنيوم قبل الزراعة فقد أدت هذه المعاملة إلى زيادة عدد الازهار مع نقص فى نسبة تساقط اللوز حديث العقد ، مع زيادة محصول القطن بنسبة تصل إلى حوالى ١٠ ٪ . أما بالنسبة لأثر كل من المنجنيز والنحاس والموليبدنم والبورون على عدد الازهار المنتج على النبات الواحد فقد وجدت زيادة تصل إلى ٣١ و ٣٧ و ٣٧ و ٣٧ ٪ على التوالى حسب ترتيب العناصر السابقة .

ولقد وجد أن البذور التى نقعت فى الماء على درجة حرارة ٣٠°م أعطت محصولا أحسن من تلك المنقوعة فى الماء على درجة حرارة ٢١°م ، وأن أنسب تركيز من موليبدات الامونيوم فى حالة نقع البذور على درجة حرارة ٢١°م هو ٠,٠٠٢ — ٠,٠٠٥ ٪ . أما فى حالة النقع فى محلول موليبدات الأمونيوم على درجة حرارة ٣٠°م فقد وجد أن أنسب تركيز هو ٠,٠٠١ — ٠,٠٠٥ ٪ .

أثر معاملة نباتات القطن ببعض العناصر على امتصاص وتوزيع بعض العناصر المغذية الكبرى والدقيقة بأجزاء النبات :

تفيد نتائج التجارب التى أجريت على نباتات القطن أنه بنقع بذور القطن لمدة ١٦ ساعة فى محلول موليبدات الأمونيوم بتركيز ٠,٠٠٥ ٪ وكبريتات المنجنيز بتركيز ٠,٠٠٥ ٪ وحامض البوريك بتركيز ٠,٠١ ٪ وإضافة السماد الآزوتى — إما فى صورة نترات النشادر أو سلفات النشادر أو نترات الجير — أن هناك أثراً واضحاً موجباً للموليبدنم على كمية الآزوت الممتصة من أى من الأسمدة الآزوتية المستخدمة ، كما وجد أثر مشابه للمنجنيز الذى كان أثره أوضح فى حالة استخدام نترات النشادر كسماد آزوتى ، بينما وجد أثر طفيف للبورون . كما تشير نتائج التجارب كذلك إلى زيادة كمية الموليبدنم فى أجزاء النبات المختلفة وخاصة عند

مرحلة خروج البراعم الزهرية فى حالة استخدام سماد نترات الجير. أما فى حالة عنصر المنجنيز فقد وجد أن كميته بالنبات كانت عالية نسبياً فى حالة استخدام كبريتات النشادر عن أية صورة سمادية أخرى. ولقد أثبتت الدراسات كذلك أن انتقال عنصر المنجنيز إلى الأوراق الصغيرة يكون بطيئاً نسبياً فى أوائل فترة النمو الخضرى إلا أن معدل الانتقال إلى الأوراق الحديثة يزداد بدخول النباتات مرحلة الإزهار حيث وجد أن الأنسجة الثمرية تشتمل على كمية أقل من عنصر المنجنيز عن الأوراق.

وتقرر نتائج البحوث أن نقص أو غياب عنصر الموليبدنم يؤدى إلى زيادة كمية الآزوت النتراتى بالنبات مع نقص فى كمية الأحماض الأمينية القابلة للذوبان فى الكحول. ولقد وجدت علاقة بين كمية الموليبدنم الموجودة فى أجنة بذور القطن وكمية الموليبدنم القابلة للذوبان فى الماء بالأرض. ويعتقد كثير من الباحثين أن جنين بذرة القطن يعتبر النسيج النموذجى لتقدير كمية الموليبدنم الصالح بالأرض.

كما تشير الدراسات إلى شدة حساسية نباتات القطن لعنصر البورون، فلقد وجد فى حالة نقص هذا العنصر أن بادرات القطن تتعرض للموت بسرعة. وتشير الدراسات كذلك إلى أن عنصر البورون يتجمع أساساً فى الأوراق، حيث وجد أن الأوراق المتكونة على الجزء السفلى من الساق تحتوى على كميات من البورون أكبر بكثير مما تحويه الأوراق حديثة التكوين الموجودة بالجزء العلوى من الساق، كما وجد تشابه فى تركيز عنصر البورون فى أنسجة الساق والجذر والبذور. وتشير نتائج التجارب التى أجريت بالاتحاد السوفيتى إلى عدم ظهور أى أثر لمعاملة نباتات القطن بعنصر البورون فى ظروف الرطوبة الجوية العالية التى تصل إلى حوالى ٧٠٪، ولكن تحت ظروف الرطوبة النسبية المنخفضة والتى تصل إلى حوالى ٤٠٪ فإن أثر عنصر البورون يكون واضحا، حيث تنمو النباتات المعاملة بالبورون نمواً طبيعياً بعكس النباتات التى تعانى من نقص هذا العنصر التى يتوقف فيها النمو. وعلى العكس من عنصر البورون فإن أثر عنصر الزنك على زيادة معدل النمو يكون واضحاً تحت ظروف الرطوبة النسبية العالية (٧٠٪)، بينما ينخفض أثر المعاملة بالزنك على معدل نمو النباتات تحت ظروف الرطوبة النسبية المنخفضة والتى تصل إلى أقل من ٣٠٪.

المراجع

(1) Askew, H. O. and E. J. Chittenden (1936) Pomol. Hort. Sci., 14.

(2) Boynton, D. (1954) Ann. Rev. Plant Physiol., 5.

(3) Braucher, O. L. and R. W. Southwick (1941) Proc. Am. Soc. Hort. Sci., 39.

(4) Camp, A. F. and B. R. Fudge (1939) Fla. Agr. Expt. Sta. Bull. 335.

(5) Chandler, W. H. (1937) Bot. Gaz., 98.

(6) Chucka, J. A., J. H. Waring and O. L. Wyaman (1945) Proc. Am. Soc. Hort. Sci., 58.

(7) El Hamawi, H. (1955) Ph.D. Dissertation, Univ. Hohenheim, W/Germany.

(8) El Hamawi, H. and K. A. Mahmoud (1956) J. Agr. Res. Rev., UAR.

(9) Fisher, E. G. and J. A. Cook (1950) Proc. Am. Soc. Hort. Sci., 55.

(10) Fisher, E. G. (1952) Proc. Am. Soc. Hort. Sci., 59.

(11) Fudge, B. R. (1936) Fla. Agr. Expt. Sta. Ann. Rept. (1935).

(12) Guest, P. L., D. H. Palmiter and L. C. Anderson (1943) Proc. Am. Soc. Hort. Sci., 42.

(14) Parker, E. R. and R. W. Southwick (1941) Proc. Am. Soc. Hort. Sci., 39.

(15) Southwick, L. and C. T. Smith (1945) Proc. Am. Soc. Hort. Sci., 46.

(16) Silberstein, O. and S. R. Wittwer (1951) Proc. Am. Soc. Hort. Sci., 58.

(17) Stewart, I. and C. D. Leonard (1952) Nature, 170.

(18) Thomas, M. D., R. H. Hendricks and G. R. Hill (1950) Soil Sci., 70.

(19) Van Overbeek, J. (1956) Ann. Rev. Plant Physiol., 7.

(20) Woodbridge, C. G. and H. R. McLarty (1953) Can. J. Agr. Sci., 33.

❋ ❋ ❋