١٠

التربية لتحمل زيادة العناصر فى التربة أو نقصها

ترتبط مشكلة زيادة تركيز العناصر المعدنية ارتباطاً مباشراً بانخفاض الرقم الأيدروجينى للتربة فى الأراضى الحامضية. فمع انخفاض pH التربة عن ٥,٠ تتوفر تركيزات عالية من عدد من العناصر، أهمها الألومنيوم، والحديد، والمنجنيز؛ الأمر الذى يحد من قدرة النباتات على النمو فى تلك الأراضى. ويصبح تركيز الألومنيوم والعناصر الأخرى ساماً للنباتات فى pH من٣,٥ إلى ٤,٥.

ومن البديهى أن هذه المشكلة لا توجد فى أراضى المناطق الجافة وشبه الجافة التى يرتفع فيها رقم pH التربة كثيراً عن نقطة التعادل؛ الأمر الذى يؤدى إلى تثبيت؛ ومن ثم.. ظهور مشكلة أخرى هى نقص بعض العناصر المغذية، والتى من أهمها: الحديد، والزنك، والمنجنيز.

وبالإضافة إلى مشكلتى زيادة ونقص العناصر المرتبطتين بالتغير فى pH التربة.. فهناك مشكلة عدم كفاية محتوى جميع أنواع الأراضى - بصورة عامة - من العناصر الأولية الضرورية للنبات؛ وهى: النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم (ويشذ عن ذلك الأراضى العضوية بالنسبة لعنصر النيتروجين الذى يكون عالياً فيها)؛ ولذا.. نولى استجابة النباتات للتسميد وكفاءتها فى الاستفادة من التركيزات الميسرة المنخفضة من العناصر المغذية اهتماما خاصاً فى هذا الفصل.

كذلك يؤثر pH التربة فى نشاط مختلف الكائنات الدقيقة التى تعيش فيها. ويهمنا فى هذا المقام بكتيريا تثبيت آزوت الهواء الجوى من الجنس رايزوبيم Rhizobium. وقد أوضحت الدراسات التى أجريت فى هذا الشأن اختلاف سلالات النوع R. japonicum ـ الذى يعيش تعاونيا مع فول الصويا ـ باختلاف التربة (عن Devine ١٩٨٢).

ولما كانت الحاصل غير البقولية لا يمكنها المعيشة تعاونيا مع بكتيريا العقد الجذرية، والمحاصيل البقولية تختلف فى مدى استفادتها من تلك المعيشة، وسلالات بكتيريا العقد الجذرية تتفاوت فى مدى قدرتها على تثبيت آزوت الهواء الجوى؛ لذا.. فإننا نستعرض أيضاً ـ فى هذا الفصل ـ جهود التربية فى تلك المجالات؛ لعلاقتها بتحمل النباتات لنقص الآزوت فى التربة.

ومن المصادر الهامة التى يمكن الرجوع إليها ـ للتعمق فى موضوعات هذا الفصل ـ كل من Epstein (١٩٧٢)، وWright(١٩٧٦) وDevine(١٩٨٢)، وGabelman وآخرين (١٩٨٦).

تحمل زيادة تركيز العناصر المعدنية فى التربة

ليست كل العناصر التى يزيد تركيزها فى الأراضى الحامضية ـ إلى درجة السمية ـ من العناصر الغذائية التى يحتاج إليها النبات. فالألومنيوم ـ مثلاً ـ الذى يعد أكثر العناصر سمية للنباتات فى الأراضى الحامضية ليس من العناصر المغذية الضرورية لنموها.

ويتعين تحديد المشكلة جيداً قبل بدء برنامج التربية لنعرف ـ بدقة ـ أترجع إلى مجرد انخفاض pH التربة؟ أم إلى زيادة عنصر أو عناصر معينة فيها؟ أم إلى التفاعل بين اثنين أو أكثر من تلك العوامل؟.. ويعد ذلك ضروريا ليمكن توفير الظروف المناسبة التى تجرى فيها اختبارات التقييم.

الألومنيوم

يمكن إجراء التقييم - لتحمل زيادة تركيز الألومنيوم - فى طور البادرة فى الأراضى التى يزيد فيها تركيز هذا العنصر، ولكن يتعين الربط بين استجابة النباتات فى هذا الطور المبكر من النمو واستجابة النباتات البالغة. وقد أجريت - بالفعل - معظم دراسات التقييم لتلك الصفة فى أراض شديدة الحموضة. ولكن نظراً لسهولة الانتخاب لصفة تحمل التركيزات العالية من الألومنيوم فى مزارع الأنسجة.. فقد اعتمد كثير من الباحثين على تقنيات مزارع الأنسجة لتأمين هذه الصفة.

ونستعرض - فيما يلى - الجهود التى بذلت فى عدد من المحاصيل الزراعية لأجل زيادة تحملها لارتفاع تركيز الألومنيوم الميسر لامتصاص النبات فى التربة.

١ - القمح :

تتوفر اختلافات كثيرة - طبيعية - بين أصناف القمح فى مدى حساسيتها، وتحملها لارتفاع تركيز الألومنيوم الذائب فى التربة. وقد أفاد ذلك كثيراً فى منع اندثار زراعة القمح فى دولة مثل البرازيل التى تتميز بتربتها العالية الحموضة، والتى يزيد فيها تركيز الألومنيوم الميسر إلى درجة السمية.

بدأت تربية القمح لتحمل الألومنيوم - فى البرازيل - فى عام ١٩١٩ فى أراض شديدة الحموضة. ومن خلال هذا البرنامج اكتشفت صفة تحمل التركيزات العالية من الألومنيوم فى الصنف Polyssu ، وهو الذى نقلت منه هذه الصفة إلى جميع الأصناف التى انتشرت بعد ذلك فى الزراعة فى البرازيل؛ مثل: Frontana، و Rio Nigro، و Bage، و Trintani، و IAS 54، و IAS 55، و Londrina . وتنتج هذه الأصناف من ٤ - ٥ أطنان من القمح /هكتار فى الأراضى العالية الحموضة - التى تبلغ مساحتها ملايين الهكتارات - دونما حاجة إلى إضافة الجير إليها لتعديل الـ pH.

وفى ولاية أوهايو الأمريكية اختبر ٤٣ صنفا وسلالة من القمح فى أرض ينخفض فيها الرقم الأيدروجينى إلى ٤,٣، ويرتفع فيها كثيراً تركيز الألومنيوم الذائب، ووجد أن الصنفين Fulton، و Thorne كانا أكثرها تحملا؛ حيث أنتجا من ٦٠ ـ ٨٠٪ من محصولهما عند هذا المستوى المنخفض من الـ pH مقارنه بما أنتجاه عندما أضيف ٢,٢ طناً من الجير/هكتار؛ لتعديل رقم pH التربة ليصبح ٥,٢، بينما لم تنتج الأصناف الأخرى سوى ٢٠ ـ ٣٠٪ من محصولها تحت ظروف انخفاض الـ pH.

وقد تم التوصل إلى طرق لاختبار تحمل الألومنيوم فى طور البادرة تحت ظروف البيوت المحمية، حيث تُنمَّى النباتات فى محاليل مغذية يضاف إليها تركيزات معلومة من الألومنيوم.

وأوضحت الدراسات الوراثية أن تحمل القمح للتركيزات العالية من الألومنيوم يتحكم فيها جين واحد سائد، ولكن يبدو أن تلك الصفة يتحكم فيها جينات مختلفة فى كل من الأصناف: Atlas 66، و Blueboy، و Pennoll.

وتتميز الأصناف التى تتحمل التركيزات العالية من الألومنيوم الميسر فى التربة بقدرة جذورها على إفراز مواد ترفع الـ pH فى التربة المحيطة بالجذور مباشرة (حيث يتم امتصاص العناصر)؛ الأمر الذى يؤدى إلى ترسيب الألومنيوم فيها. ويلاحظ أن ارتفاع pH التربة يحدث عند زراعة هذه الأصناف فى كل أجزاء التربة التى يصل إليها نمو الجذور، بينما يكون تعديل الـ pH فى الطبقة السطحية فقط من التربة (طبقة الحرث) عند إضافة الجير. وتعرف تلك الخاصية النباتية المؤثرة فى pH التربة ـ كذلك ـ فى كل من: الذرة، والسورجم، وفول الصويا، والعِكرِش fescue، وعشب weeping lovegrass (عن Frey ١٩٨١، و Lewis & Christiansen ١٩٨١).

ومن جهة أخرى.. وجد أن اختلاف أصناف القمح فى تحملها لزيادة الألومنيوم كان مرده إلى اختلافها فى تركيب الغشاء البلازمى الخارجى Plasmalemma لخلايا القمة النامية

للجذور، الذى يتحكم فى دخول الأيونات إلى خلايا الجذر. فمثلاً.. وجد أن تركيز الألومنيوم - الذى ينفذ معه العنصر من خلال الغشاء البلازمى - يبلغ فى الصنف المتحمل Atlass 66 من ١٠٠ - ٢٠٠ مثل التركيز الذى ينفذ معه العنصر من خلال الغشاء البلازمى للصنف الحساس Brevor. وبمجرد نفاذ الألومنيوم إلى داخل الخلايا فإنه يضرها بدرجة متساوية فى كل من أكثر الأصناف تحملاً وأكثرها حساسية (عن Devine ١٩٨٢).

٢ - الذرة :

تتوفر الاختلافات الوراثية فى القدرة على تحمل التركيزات العالية من الألومنيوم فى الذرة. وقد أوضحت الدراسات الوراثية أن هذه الصفة بسيطة وسائدة. ولكن نظراً لوجود اختلافات كبيرة فى مستويات تحمل الألومنيوم بين سلالات الذرة وفى العشائر الانعزالية.. لذا يعتقد وجود عدة آليلات لتحمل الألومنيوم فى موقع جينى واحد. ولم يمكن أثبات وجود أى تأثير أمى (سيتوبلازمى) فى الصفة.

٣ - الشعير :

أمكن فى الشعير - كذلك - التعرف على جين واحد سائد يتحكم فى صفة تحمل التركيزات العالية من الألومنيوم. ويوجد هذا الجين - الذى أعطى الرمز Alp - فى الصنفين Dayton، وSmooth Awn 86 (عن Devine ١٩٨٢).

٤ - الطماطم :

وجد Foy وآخرون (١٩٧٣) اختلافات جوهرية بين أصناف الطماطم فى قدرتها على النمو فى أراض ذات pH ٤,٢. وكانت أكثر الأصناف حساسية هى Tuckers Favorite ، و Anahu، وأكثرها تحملاً Ace، وOwyhee .

وقد احتوت جذور الأصناف المقاومة على كميات أقل من الألومنيوم مما فى جذور الأصناف الحساسة.

كذلك أمكن انتخاب عدة سلالات خلايا Cell lines من صنف الطماطم مارجلوب Marglobe بعد زراعتها فى بيئة مغذية، تحتوى على ألومنيوم فى صورة Al-EDTA بتركيز ٢٠٠ ميكرومول، واحتفظت هذه السلالات بصفة تحمل الألومنيوم حتى مع استمرار نموها فى مزارع ينقصها العنصر، لكن لم يمكن إنتاج نباتات من هذه السلالات؛ لأن الكالس كان مسناً.

٥ ـ الجزر :

أمكن انتخاب سلالات خلايا من الجزر متحملة للتركيزات المرتفعة من الألومنيوم، وهو على صورة كلوريد الألومنيوم، وأمكن إنتاج نباتات كاملة منها. وقد لقحت هذه النباتات ذاتياً، واختبرت بادراتها فى محلول مغذ، يحتوى على تركيز مرتفع من كلوريد الألومنيوم، ووجد أنها كانت على درجة عالية من القدرة على التحمل.

وقد تبين أن سلالات الخلايا التى تتحمل الألومنيوم تفرز فى بيئتها المغذية كميات من حامض الستريك أكثر مما تفرزه السلالات الحساسة، كما أمكن التغلب على سمية التركيزات العالية من الألومنيوم بإضافة حامض الستريك أو الماليك إلى البيئة المغذية. ويبدو أن حامض الستريك الذى تفرزه السلالات ـ التى تتحمل الألومنيوم ـ يتحد مع العنصر ويجعله فى صورة مخلبية؛ مما يعنى تعرض الخلايا لتركيزات منخفضة من الألومنيوم تكون أقل ضرراً عليها (عن Starvek & Rains ١٩٨٤).

المنجنيز

تتوفر اختلافات بين أصناف وسلالات البرسيم الحجازى فى القدرة على تحمل زيادة تركيز الألومنيوم فى التربة. وقد تبين أن هذه الصفة كمية ويتحكم فيها نظام وراثى إضافى.

وقد لوحظ وجود اختلافات بين الهجن العكسية، ولكن تبين أن مردها إلى اختلاف سلالات

الأمهات فى حجم البذور؛ الأمر الذى أثر فى الصفات التى اتخذت كمقياس لصفة التحمل.

كما وجدت - فى فول الصويا - اختلافات بين الهجن العكسية فى تحملها لزيادة تركيز عنصر المنجنيز، واقترح أن هذه الصفة يتحكم فيها عوامل سيتوبلازمية وأخرى كروموسومية.

كذلك وجدت اختلافات بين أصناف وسلالات جنس الخس Lactuca فى تحملها للتركيزات العالية من المنجنيز فى الأراضى المعقمة بالبخار (يؤدى التعقيم بالبخار إلى تيسر كميات كبيرة من المنجنيز - بتركيزات سامة للنبات - فى التربة). وتبين من التلقيحات التى أجريت بين صنف الخس الحساس للمنجنيز وثلاثة أصناف خس غير حساسة (هى: Plenos، و Celtuce، و Troppo) وسلالة غير حساسة من النوع البرى L. serriola.. تبين وجود أعداد مختلفة من الجينات المسئولة عن عدم الحساسية للمنجنيز فى مختلف الأصناف والسلالات كما يلى: جين واحد فى كل من Plenos، و Troppo، وجينان فى سلالة L. serriola، وربما أربعة جينات فى Celtuce، وتبين وجود ثلاثة من هذه الجينات فى مجموعة ارتباطية واحدة (عن Devine ١٩٨٢).

تحمل نقص العناصر المغذية

إن الاختلافات الوراثية بين النباتات يمكن أن تحدد مدى كفاءة النبات فى امتصاص العناصر الغذائية من التربة (Brown ١٩٦٧). وقد أوضح Vose أن دراسة مثل هذه الاختلافات يمكن أن تساعد المربى فى انتخاب وتربية أصناف تصلح للإنتاج تحت ظروف نقص بعض العناصر، أو بغرض زيادة نسبة عنصر معين فى النبات؛ بهدف تحسين قيمته الغذائية.

ومن أمثله المحاصيل التى حدث فيها تقدم فى التربية فى هذا المجال ما يلى :

١ - الذرة :

وجدت اختلافات فى صفة القدرة على امتصاص أيون الكبريتات بين ثلاث سلالات مرباة داخليا من الذرة، كما ظهرت قوة هجين لتلك الصفة فى الهجن.