كما اكتشف Wall & Andrus (١٩٦٢) طفرة أخرى شبه مميتة فى سلالة الطماطم T 3238 — أطلق عليها اسم الساق القابلة للكسر Brittle Stem — لا يمكنها نقل البورون داخل النبات. وقد تبين أن هذه الصفة يتحكم فيها جين واحد متنح أعطى الرمز btl.

٤- وجدت فى السورجم صفة عدم القدرة على تحمل نقص عنصر الحديد، وتبين أنها صفة كمية (عن Zaiter وآخرين ١٩٨٧).

٥- وجد من دراسة وراثية على أكثر وأقل أصناف البنجر حساسية لنقص البورون (بزراعة نباتات الآباء والجيلين الأول والثانى، والهجن الرجعية فى محلول مغذٍ يحتوى على بورون بتركيز ٠,٠٠١ جزءًا فى المليون) أن الحساسية لنقص البورون صفة بسيطة سائدة (Tehrani وآخرون ١٩٧١).

٦- وجدت صفة عدم القدرة على تحمل نقص عنصر المغنيسيوم فى صنف الكرفس Utah 10B (وغيره من الأصناف)، وتبين أنه يتحكم فيها جين واحد متنح أعطى الرمز mg. ويؤثر هذا الجين سلبيًا على امتصاص العنصر وانتقاله إلى النموات الخضرية (Pope & Munger ١٩٥٣أ).

٧- وجدت كذلك صفة عدم القدرة على تحمل نقص البورون فى سلالة الكرفس S 48-54-1، وتبين أنه يتحكم فيها جين متنح (Pope & Munger ١٩٥٣ب).

٨- وجدت أيضًا صفة عدم القدرة على تحمل نقص الحديد فى بعض سلالات الذرة، ويتحكم فى ذلك الجين المتنحى ys الذى يؤثر فى امتصاص الجذور للعنصر.

٩- يتحكم الجين np فى صفة عدم القدرة على تحمل نقص الفوسفور فى فول الصويا، وهو ذو سيادة غير تامة (عن Tal ١٩٨٤).

زيادة الكفاءة الوراثية فى الاستفادة من الأسمدة

يعد التسميد من أهم عمليات الخدمة الزراعية التى تعطى للمحاصيل الزراعية، كما أنه يشكل أحد بنود الإنفاق الرئيسية فى العملية الإنتاجية ولا يمكن جنى الثمار

الكاملة لتلك العملية ما لم تكن النباتات على درجة عالية من الكفاءة فى الاستفادة من الأسمدة المضافة؛ من حيث القدرة على امتصاص الجزء الأكبر منها من التربة، ونقلها إلى حيث تحتاج إليها وتمثيلها، وتجنب الأضرار التى قد تنشأ عن زيادتها فى التربة أو فى أنسجتها.

ومع ارتفاع تكلفة حصاد المحاصيل البستانية قام المربون بإنتاج أصناف تحصد آليًا. وتتميز أصناف تلك المحاصيل — كما فى الطماطم مثلاً — بأنها تعطى نموًا خضريًا مندمجًا، وإزهارًا وإثمارًا كثيفين ومركزين ومحصولاً عاليًا ومبكرًا، فضلاً على أنها تزرع كثيفة؛ الأمر الذى يترتب عليه شدة حاجتها إلى العناصر الغذائية خلال فترة زمنية قصيرة؛ ولذا .. فإن أية زيادة فى كفاءة امتصاص واستخدام العناصر المغذية — وخاصة البوتاسيوم — فى هذه الأصناف يعد أمرًا مرغوبًا فيه.

كذلك تنمو نباتات الغابات — فى الظروف الطبيعية — ببطء شديد؛ الأمر الذى يجعلها تحصل على حاجتها من العناصر المغذية من التربة، بالرغم من فقر التربة فى تلك العناصر. ولكن .. مع الاتجاه إلى إدارة تلك الغابات لتعطى عائدًا أفضل .. فإن على المربى أن ينتخب سلالات من الأشجار تكون أقوى نموًا وأكثر كفاءة فى الاستفادة من الأسمدة التى يمكن إضافتها فى ظل إدارة الإنسان لتلك الغابات (عن Epstein ١٩٧٢).

ومن أمثلة المحاصيل التى حدث فيها تقدم فى التربية فى مجال الاستجابة للتسميد المرتفع ما يلى:

١- القمح:

أمكن — بالتربية — إنتاج أصناف محسنة من القمح تستجيب للتسميد الآزوتى بدرجة عالية، مثل الصنف Sonora 64 الذى ازداد محصوله من ١٥٦٠ كجم/هكتار بدون تسميد آزوتى إلى ٦٤٧٠ كجم/هكتار عند التسميد بمعدل ١٦٠ كجم نيتروجينًا/هكتار؛ أى إن محصول القمح ازداد بمعدل ٣٠,٧ كجم/كجم من الآزوت المضاف بالتسميد.

كذلك استجاب صنف آخر محسن — هو Lerma Rojo 64 — بنفس الطريقة، ولكن على مستوى أقل قليلاً من الصنف السابق.

أما الأصناف التى كانت منتشرة فى الزراعة المحلية (بالمكسيك) — مثل C-306 — فلم تستجب لزيادة التسميد الآزوتى لأكثر من ٤٠ كجم من النيتروجين للهكتار؛ حيث أنتجت حوالى ٣٧٥٠ كجم للهكتار عند هذا المستوى من التسميد، ثم نقص محصولها بزيادة معدل التسميد عن ذلك.

٢- الأرز:

أنتجت فى معهد بحوث الأرز الدولى بالفلبين أصناف من الأرز أكثر استجابة للتسميد الآزوتى، مثل الصنف IR8؛ الذى ارتفع محصوله إلى ٩٤٧٧ كجم/هكتار عندما سُمِّد بمعدل ١٢٠ كجم نيتروجينًا للهكتار. وبالمقارنة .. فإن الصنف المحلى الفليبينى Peta أعطى أعلى محصول له — وهو حوالى ٥٢٠٠ كجم/هكتار) عندما سُمِّد بنحو ٣٠ كجم آزوت للهكتار، ثم انخفض محصوله بزيادة التسميد الآزوتى عن ذلك إلى أن وصل المحصول ٢٥٠٠ كجم/هكتار عند مستوى آزوت ١٢٠ كجم/هكتار.

٣- السورجم:

أمكن كذلك — بالتربية — إنتاج أصناف محسنة من السورجم — تستجيب للتسميد الآزوتى من أمثلتها الصنف الذى بلغ محصوله نحو ٣٧٠٠ كجم/هكتار عندما سُمِّد بمعدل ١٦٠ كجم نيتروجينًا/هكتار. وبالمقارنة .. ارتفع محصول الصنف الهندى المحلى من ٨٠٠ إلى ١٤٠٠ كجم فقط للهكتار عند زيادة مستوى التسميد الآزوتى من صفر إلى ١٦٠ كجم/هكتار (عن The Rockefeller Foundation ١٩٦٦).

٤- القطن:

تتوفر اختلافات بين أصناف القطن فى قدرتها على الاستجابة للتسميد البوتاسى والاستفادة منه؛ فمثلاً .. وجد — عندما كان طلب الأزهار والثمار على البوتاسيوم عاليًا — أن امتصاص العنصر كان بمعدل ١٨٥ كجم/هكتار فى صنف القطن Acala 4-

42، مقارنة بنحو ١٦٤ كجم/هكتار فى الصنف Acala 1517-C، بالرغم من أن محصول بذور وشعر القطن كانا أعلى فى الصنف الأخير (عن Devine ١٩٨٢).

هذا .. وليس من بين أهداف المربى إنتاج أصناف غير قادرة على الاستفادة من الأسمدة التى تضاف إلى التربة، ولكن دراسة تلك الحالات قد تفيد المربى فى إنتاج أصناف أكثر استجابة للتسميد. وعلى سبيل المثال .. وجد فى فول الصويا جين ذو سيادة غير تامة — أُعطى الرمز Np — يتحكم فى الحساسية لزيادة التسميد الفوسفاتى؛ حيث كانت الأشكال المظهرية — لمختلف التراكيب الوراثية تحت ظروف التسميد الفوسفاتى الغزير — كما يلى:

Np Np: بدون أية أعراض، أو تلطخ بنى خفيف على النموات الخضرية.

Np np: يظهر تلطخ بنى خفيف إلى متوسط.

np np: يظهر تلطخ بنى شديد.

الهندسة الوراثية لتحمل نقص العناصر

تعد البطاطس من المحاصيل ذات الاحتياجات العالية من البوتاسيوم. وعلى الرغم من وجود تباينات بين أصناف البطاطس فى تحملها لنقص العنصر، فإن توفر تلك الصفة فى الأصناف التجارية الهامة مازال محدودًا.

ولقد وجد أن AtCIPK23 — وهو protein kinase يتحكم فى إنتاجه الجين LKS1 — ينظم امتصاص البوتاسيوم ويكسب الـ *Arabidopsis* قدرة على تحمل نقص العنصر. وبنقل هذا الجين إلى صنف البطاطس الصينى E3 أظهرت النباتات المحولة وراثيًا — فى ظروف محدودية توفر البوتاسيوم — مستويات أقل من اصفرار الأوراق، ومعدلات أعلى لامتصاص البوتاسيوم، وزيادة فى الوزن الجاف للدرنات ومحتواها من البوتاسيوم، كما نمت النباتات بصورة جيدة مقارنة بما حدث فى نباتات الصنف الأصلى غير المحول وراثيًا (Wang وآخرون ٢٠١١).

هذا وقد أُنتجت نباتات محولة وراثيًا متحملة لنقص العناصر، مثل تحمل نقص