٢- إفراز جذور النباتات المتحملة لكميات أكبر من المواد القادرة على جعل المنجنيز غير الميسر أكثر تيسرًا، مثل البروتونات، والمختزلات، والمحفزات الميكروبية (Rengel ١٩٩٩).

التقييم لتحمل نقص العناصر

طرق إجراء التقييم

يمكن إجراء التقييم لتحمل نقص العناصر الغذائية بأى من الطرق الآتية:

١- التقييم فى أصص، وهى طريقة سريعة وقليلة التكاليف نسبيًا، كما يمكن جعل التربة متجانسة بدرجة عالية فيما يتعلق بالعنصر المعنى. هذا إلاّ أن بيئة التقييم غير عملية، فالنمو الجذرى يكون محدودًا؛ ومن ثم يصبح التباين فى النمو الجذرى عديم الأهمية، خاصة فيما يتعلق بحصول الجذور على العنصر من حجم كبير من التربة، أو من على عمق كبير.

هذا .. ولم يمكن الحصول على ارتباط بين كفاءة امتصاص العنصر فى الأصص وتحت ظروف الحقل سوى فى دراسات محدودة خاصة بكل من الزنك والمنجنيز والفوسفور. يصعب كثيرًا العثور على ذلك الارتباط؛ إلا إنه وجد ارتباط عالٍ فى حالة أصناف القمح المتحملة لنقص الحديد من خلال آلية إفراز الجذور للـ phytosiderophores.

٢- يمكن إجراء التقييم فى الحقل مع زراعة صنف قياسى على مسافات متساوية ومحددة ليمكن مقارنة السلالات والتراكيب الوراثية النامية قريبًا منه به.

ويفضل إجراء التقييم فى حقلين يكون العنصر المعنى غير متوفر أو غير ميسر فى أحدهما ومتوفر فى الآخر؛ لكى لا يكون الانتخاب على أساس سلوك التركيب الوراثى فى التربة الفقيرة فى العنصر فقط؛ فيجب أن يكون التركيب الوراثى المنتخب عالى المحصول فى كلتا الحالتين (Rengel ١٩٩٣).

٣- يمكن إجراء التقييم فى المزارع المائية وهى أدق الطرق لإجراء تلك الاختبارات، حيث يمكن التحكم — بدقة فى تركيز كل عنصر يُراد الانتخاب لتحمل نقصه (Singh ١٩٩٣).

الخصائص التى يُجرى على أساسها التقييم

إن من أهم الخصائص أو الصفات التى يمكن إجراء الانتخاب على أساسها لتحمل نقص العناصر، ما يلى:

١- أعراض نقص العنصر، وهى خاصية استخدمت فى الانتخاب لتحمل نقص الحديد والزنك، لكنها ليست دائمًا مفيدة لتشابه أعراض النقص الخاصة ببعض العناصر مع الأعراض التى تحدثها مسببات أخرى، ولأن الأعراض لا تظهر إلا بعد حدوث نقص كبير فى العنصر، حيث يسبق ذلك مرحلة يحدث فيها خفض فى المحصول دون أن تظهر عليه أعراض نقص العنصر.

٢- محتوى العنصر بالأنسجة النباتية، إلا أن ذلك المحتوى يتأثر بمرحلة النمو النباتى، وبعمر النسيج، وببعض العوامل البيئية؛ وبذا .. فهذه الخاصية لا يمكن الاعتماد عليها كثيرًا.

٣- الاختبارات الكيميائية الحيوية التى تعتمد على نشاط بعض الإنزيمات أو تراكم مركبات معينة تعتمد على نشاط إنزيمى معين.

ومن الأمثلة على ذلك، ما يلى:

الإنزيم أو المنتج الكيميائى الحيوى	يزداد النشاط مع	المحصول	ملاحظات
Phosphatase	نقص الفوسفور	—	اختبار مُرض
Pyruvate kinase	نقص البوتاسيوم[أ]	الشعير	يرتبط جيدًا مع نُقص البوتاسيوم
Peroxidase	محتوى الحديد[أ]	الشوفان – الموالح – الطماطم	دليل مفيد
Pentose accumulation	نقص المنجنيز	—	يستعمل اختبار الـ colarimetry للـ pentose مع نقص البوتاسيوم
Ascorbic acid oxidase	محتوى النحاس[أ]	عدة محاصيل	دليل مفيد
Carbonic acid anhydrase	محتوى الزنك[أ]	عدة محاصيل	حساس مفيد

أ- يشكل العنصر جزءًا من الإنزيم.

٤- المحصول:

طبيعى أن صفة المحصول تحت ظروف شدّ نقص العناصر تكون هى الأفضل للانتخاب على أساسها. ولذا .. يتعين تقدير المحصول فى كل من ظروف نقص العنصر، وظروف عدم النقص، وإجراء الانتخاب على أساس المحصول تحت ظروف الشدّ، وكذلك على أساس النسبة بين المحصول فى حالة الشد والمحصول فى حالة عدم الشد. وكبديل لذلك .. يمكن زراعة التراكيب الوراثية التى يُراد اختبارها تحت ظروف الشدّ، مع زراعة صنف قياسى — ذات قدرة معلومة على تحمل نقص العنصر — على مسافات منتظمة فى الحقل. ويمكن التعبير عن محصول مختلف التراكيب الوراثية كنسبة مئوية من محصول الصنف القياسى فى أقرب قطعة تجريبية مزروعة منه لتلك التراكيب الوراثية. وطبيعى أن الاعتماد على خاصية المحصول يكون — فقط — للآباء والسلالات المنتخبة، حيث لا يمكن تطبيقه على النباتات الفردية فى الأجيال الانعزالية (Singh ١٩٩٣).

مصادر صفة تحمل نقص العناصر وطبيعة التباينات فى الصفة ووراثتها

إن الاختلافات الوراثية بين النباتات يمكن أن تحدد مدى كفاءة النبات فى امتصاص العناصر الغذائية من التربة (Brown ١٩٦٧). وقد أوضح Vose (١٩٦٧) 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 النباتات؛ بهدف تحسين قيمته الغذائية.

تتوفر صفة تحمل نقص العناصر الغذائية فى السلالات البرية وفى الأنواع القريبة من الأنواع المنزرعة وفى الطفرات الطبيعية والمستحدثة، كما أنها تتوفر فى بعض الأصناف المحسنة، وخاصة تلك التى أجريت برامج تربيتها فى مناطق تعانى من نقص معين فى واحد أو أكثر من العناصر الغذائية للنبات. ومن الأمثلة على ذلك صنف فول الصويا Hawkeye ذات الكفاءة العالية فى استخدام الحديد، وكذلك صنف الطماطم Rutgers الذى يتميز بكفاءته فى استخدام الحديد. كما أن نسبة جوهرية من