وأمكن بزراعة خلايا مزرعة أنسجة فى بيئة صلبة فقيرة للغاية فى الفوسفور عزل نموات خلوية قادرة على النمو فى تلك الظروف، بينا ماتت معظم الخلايا الأخرى. وبعمل مزرعة معلق من التجمعات التى تحملت ظروف النقص الشديد للفوسفور، فإنها أظهرت قدرة جيدة على النمو فى ظروف توفر العنصر، وقدرة على النمو أفضل – بكثير – عن قدرة غيرها من مزارع الخلايا غير المنتخبة لتحمل نقص الفوسفور. كما أظهرت السلالات المنتخبة إفرازًا أكبر من الـ acid phosphatase وتحسنًّا كبيرًا فى امتصاص الفوسفات (Goldstein ١٩٩١).

وقد أجريت مقارنة بين نمو نباتات صنف الطماطم Large Red Cherry – الذى لا يستجيب لاستعمار الميكوريزا لجذوره تحت ظروف توفر الفوسفور أو نقصه – والسلالة LA1708 – التى تستجيب لاستعمار الميكوريزا لها تحت ظروف نقص الفوسفور، ووجد أن نباتات الصنف Large Red Cherry كان نموها جيدًا فى ظروف نقص الفوسفور، ولم يتأثر نموها باستعمار الميكورنرا لجذورها، بينما كان نمو نباتات السلالة LA1708 جيدًا فى ظروف توفر الفوسفور وضعيفًا فى ظروف نقص الفوسفور وغياب الميكوريزا، بينما أدى استعمار الميكوريزا لجذورها فى نفس الظروف إلى زيادة الكتلة الجافة لنمواتها الخضرية، ونموها الجذرى، ومحتواها من الفوسفور، ومحصولها من الثمار (Bryla & Koide ١٩٩٨).

تحمل نقص البوتاسيوم

قيم Makmur وآخرون (١٩٧٨) ١٥٦ سلالة من الطماطم للقدرة على النمو فى محلول مغذٍ يحتوى على مستوى منخفض من البوتاسيوم قدره ٥ ملليجرامات لكل نبات، ووجدوا اختلافات كبيرة بينها فى كفاءتها فى استغلال الكميات القليلة المتاحة من العنصر؛ مُعَبَّرًا عن ذلك بعدد ملليجرامات المادة الجافة التى ينتجها النبات مقابل كل ملليجرام من البوتاسيوم الممتص. وكان الوزن الجاف لأعلى السلالات كفاءة فى

الاستفادة من البوتاسيوم – تحت هذه الظروف – يزيد بمقدار ٧٩٪ عن أقل السلالات كفاءة. وقد احتوت السلالات العالية الكفاءة على بوتاسيوم يقل بنسبة ٣٩٪، وصوديوم يزيد بنسبة ٢٩٪ فى أنسجتها؛ مقارنة بالسلالات المنخفضة الكفاءة. وأوضحت الدراسات الوراثية على هاتين السلالتين أن الجينات التى تتحكم فى الكفاءة العالية ذات تأثير إضافى أساسًا، بينما كان تأثير السيادة والتفوق أقل.

وبرغم أن عنصر الصوديوم ليس ضروريًّا لنمو الطماطم، إلا أنه يمكن أن يحل محل البوتاسيوم فى أمور عامة، مثل تنظيم الضغط الأسموزى؛ لذا.. فإن فصل تأثيرات كفاءة استفادة النبات من عنصر البوتاسيوم – فى الأمور التى ليس للصوديوم علاقة بها – عن التأثيرات فى الأمور التى يكون للصوديوم علاقة بها.. يعد ضروريًّا لتحديد كفاءة السلالات فى الاستفادة من البوتاسيوم بصورة أفضل. وبناء على ذلك.. قام Fidgore وآخرون (١٩٨٩) بتقييم ١٠٠ سلالة من الطماطم فى محلول مغذٍ يحتوى على مستوى منخفض من البوتاسيوم قدره ٠,٠٧١ ملى مول فى غياب – أو وجود – الصوديوم (المضاف)؛ للتعرف على الاختلافات بين السلالات فى كفاءة استعمال البوتاسيوم، وفى كفاءة إحلال الصوديوم محل البوتاسيوم، وفى تراكم الصوديوم بالأوراق العليا.

واعتمادًا على النتائج المتحصل عليها.. اختيرت خمس سلالات تمثل أقصى الاختلافات فى الصفات السابقة، وأجريت بينها كل التلقيحات لدراسة وراثة تلك الصفات. وقد توصل الباحثون إلى أن درجة توريث صفة كفاءة استعمال البوتاسيوم – فى غياب الصوديوم – منخفضة، وتتأثر – جوهريًّا جدًّا – بكل من الفعل المضيف والسيادة والمضيف × المضيف. وكانت كفاءة توريث صفة كفاءة إحلال الصوديوم محل البوتاسيوم عالية، وتأثرت جوهريًّا جدًّا بفعل الإضافة والسيادة. كذلك كانت كفاءة توريث صفة تراكم الصوديوم بالأوراق العليا عالية، وتأثرت – جوهريًّا جدًّا – بفعل الإضافة. هذا.. وكان Makmur وآخرون (١٩٧٨) قد وجدوا أن إحدى السلالات ذات الكفاءة العالية فى الاستفادة من البوتاسيوم تستجيب لإضافة الصوديوم حتى مع توفر البوتاسيوم بدرجة متوسطة.

كذلك قيمت ١٠٠ سلالة من الطماطم – حُصل عليها من مناطق جغرافية متباينة – للقدرة على امتصاص البوتاسيوم، والنمو فى صورة تراكم للمادة الجافة، وذلك فى مستويين من البوتاسيوم (فى مزرعة رمل وزيوليت sand-zeolite) هما: مستوى منخفض (٠,٢٥ ملى مول K)، ومستوى مرتفع (١,٠ ملى مول K)، وأمكن تقسيم السلالات إلى ثلاث مجاميع، كما يلى:

١-مجموعة كفؤه تميزت بقدرتها على امتصاص البوتاسيوم فى ظل ظروف شدّ العنصر، مع تراكم للمادة الجافة مساوٍ للتراكم الحادث فى ظل ظروف كفاية البوتاسيوم.

٢-مجموعة غير كفؤه تميزت بقدرتها على النمو الجيد فى ظروف كفاية البوتاسيوم، ولكن بقدرة منخفضة على امتصاص العنصر فى ظل ظروف نقصه، مع انخفاض فى الوزن الجاف فى تلك الظروف.

٣-مجموعة بطيئة النمو تميزت بمحتوى منخفض من البوتاسيوم فى أنسجتها وبوزن جاف منخفض أيًّا كان مستوى البوتاسيوم فى بيئة الزراعة.

ولقد تميزت سلالات المجموعة الكفؤه بكثافة نموها الجذرى وطوله، وبزيادة معدل تدفق البوتاسيوم لكل وحدة من طول الجذر فى ظل ظروف شدِّ العنصر (Chen & Gabelman ١٩٩٥).

تحمل نقص الكالسيوم

قام English & Maynard (١٩٨١) بتقييم ٢٤ صنفًا وسلالة من الطماطم من حيث القدرة على النمو فى محلول مغذٍ يحتوى على تركيز منخفض من الكالسيوم قدره ١٦,٥ ملليجرام كالسيوم لكل نبات، ووجدا اختلافات وراثية بينها فى الاستفادة من الكميات المتاحة من العنصر، معبرًا عن ذلك بعدد ملليجرامات المادة الجافة التى ينتجها النبات مقابل كل ملليجرام من الكالسيوم الممتص. كانت أكثر السلالات كفاءة هى سلالة الطماطم P.I.205040، والسلالة P.I.129021 من الهجين النوعى