

## التربة لتحمل زيادة العناصر في التربة أو نقصها

ترتبط مشكلة زيادة تركيز العناصر المعدنية ارتباطاً مباشراً بانخفاض الرقم الأيدروجيني للتربة في الأراضي الحامضية. فمع انخفاض pH التربة عن ٥,٠ تتوفر تركيزات عالية من عدد من العناصر، أهمها الألمنيوم، والحديد، والمنجنيز؛ الأمر الذي يحد من قدرة النباتات على النمو في تلك الأراضي. ويصبح تركيز الألمنيوم والعناصر الأخرى ساماً للنباتات في pH من ٣,٥ إلى ٤,٥.

ومن البديهي أن هذه المشكلة لا توجد في أراضي المناطق الجافة وشبه الجافة التي يرتفع فيها رقم pH التربة كثيراً عن نقطة التعادل؛ الأمر الذي يؤدي إلى تثبيت؛ ومن ثم.. ظهور مشكلة أخرى هي نقص بعض العناصر المغذية، والتي من أهمها: الحديد، والزنك، والمنجنيز.

وبالإضافة إلى مشكلتي زيادة ونقص العناصر المرتبطتين بالتغير في pH التربة.. فهناك مشكلة عدم كفاية محتوى جميع أنواع الأراضي - بصورة عامة - من العناصر الأولية الضرورية للنبات؛ وهي: النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم (ويشذ عن ذلك الأراضي العضوية بالنسبة لعنصر النيتروجين الذي يكون عالياً فيها)؛ ولذا.. نولى استجابة النباتات للتسميد وكفاعتها في الاستفادة من التركيزات الميسرة المنخفضة من العناصر المغذية اهتماماً خاصاً في هذا الفصل.

كذلك يؤثر pH التربة فى نشاط مختلف الكائنات الدقيقة التى تعيش فيها، ويهمنى فى هذا المقام بكتيريا تثبيت أزوت الهواء الجوى من الجنس رايزوبيوم *Rhizobium*. وقد أوضحت الدراسات التى أجريت فى هذا الشأن اختلاف سلالات النوع *R. japonicum* - الذى يعيش تعاونياً مع فول الصويا - باختلاف التربة (عن Devine ١٩٨٢).

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

ومن المصادر الهامة التى يمكن الرجوع إليها - للتعمق فى موضوعات هذا الفصل - كل من Epstein (١٩٧٢)، و Wright (١٩٧٦) و Devine (١٩٨٢)، و Gabelman وآخرين (١٩٨٦).

### تحمل زيادة تركيز العناصر المعدنية فى التربة

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

ويتعين تحديد المشكلة جيداً قبل بدء برنامج التربية لنعرف - بدقة - 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 ضرورياً ليتمكن توفير الظروف المناسبة التى تجرى فيها اختبارات التقييم.

## الألومنيوم

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

ونستعرض - فيما يلي - الجهود التي بذلت في عدد من المحاصيل الزراعية لأجل زيادة تحملها لارتفاع تركيز الألومنيوم الميسر لامتصاص النبات في التربة.

### ١ - القمح :

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

بدأت تربية القمح لتحمل الألومنيوم - في البرازيل - في عام ١٩١٩ في أراضٍ شديدة الحموضة. ومن خلال هذا البرنامج اكتشفت صفة تحمل التركيزات العالية من الألومنيوم في الصنف Polysu، وهو الذي نقلت منه هذه الصفة إلى جميع الأصناف التي انتشرت بعد ذلك في الزراعة في 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 في الأراضي العالية الحموضة - التي 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 Fullton، و Thorne كانا أكثرهما تحملاً؛ حيث أنتجا من ٦٠ - ٨٠٪ من محصولهما عند هذا المستوى المنخفض من الـ pH مقارنة بما أنتجا عندما أضيف ٢,٢ طنأ من الجير/هكتار؛ لتعديل رقم pH التربة ليصبح ٥,٢، بينما لم تنتج الأصناف الأخرى سوى ٢٠ - ٣٠٪ من محصولها تحت ظروف انخفاض الـ pH.

وقد تم التوصل إلى طرق لاختبار تحمل الألومنيوم فى طور البادرة تحت ظروف البيوت المحمية، حيث تُنمى 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 يؤدي 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 - كذلك - فى كل من: الذرة، والسورجيم، وفول الصويا، والعكرش 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

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

## ٢ - الذرة :

تتوفر الاختلافات الوراثية في القدرة على تحمل التركيزات العالية من الألومنيوم في الذرة. وقد أوضحت الدراسات الوراثية أن هذه الصفة بسيطة وسائدة. ولكن نظراً لوجود اختلافات كبيرة في مستويات تحمل الألومنيوم بين سلالات الذرة وفي العشائر الانعزالية.. لذا يعتقد وجود عدة آليات لتحمل الألومنيوم في موقع جيني واحد. ولم يمكن إثبات وجود أى تأثير أمي (سيتوبلازمي) في الصفة.

## ٣ - الشعير :

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

## ٤ - الطماطم :

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

وقد احتوت جنور الأصناف المقاومة على كميات أقل من الألومنيوم مما في جنور الأصناف الحساسة.

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

#### ٥ - الجزر :

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

وقد تبين أن سلالات الخلايا التي تتحمل الألومنيوم تفرز في بيئتها المغذية كميات من حامض الستريك أكثر مما تفرزه السلالات الحساسة، كما أمكن التقلب على سمية التركيزات العالية من الألومنيوم بإضافة حامض الستريك أو المالك إلى البيئة المغذية. ويبنو أن حامض الستريك الذي تفرزه السلالات - التي تتحمل الألومنيوم - يتحد مع العنصر ويجعله في صورة مخيلية؛ مما يعنى تعرض الخلايا لتركيزات منخفضة من الألومنيوم تكون أقل ضرراً عليها (عن Starvek & Rains ١٩٨٤).

#### المنجنيز

تتوفر اختلافات بين أصناف وسلالات البرسيم الحجازي في القدرة على تحمل زيادة تركيز الألومنيوم في التربة. وقد تبين أن هذه الصفة كمية ويتحكم فيها نظام وراثي إضافي.

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 *Tropo*) وسلالة غير حساسة من النوع البرى *L. serriola*. تبين وجود أعداد مختلفة من الجينات المسؤولة عن عدم الحساسية للمنجنيز فى مختلف الأصناف والسلالات كما يلى: جين واحد فى كل من Plenos، و *Tropo*، 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 المربي 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.

وتبين أن تراكم عنصر الكالسيوم فى الذرة يتحكم فيه عدة جينات ذات تأثير إضافى. كما أظهرت الدراسات الوراثية تحكم نظام وراثى إضافى فى تركيز كل من الفوسفور، والبوتاسيوم، والمغنيسيوم، والنحاس، والبورون، والزنك، والمنجنيز، والألمنيوم، والحديد فى كيزان الذرة. ووجدت كذلك اختلافات وراثية فى امتصاص وتراكم الفوسفور - فى النبات - فى كل من المحاليل المغذية والحقل. وتوضح الدراسات إمكان إنتاج هجن من الذرة أكثر قدرة على امتصاص الزنك من الأراضى التى تؤدى فيها زيادة التسميد الفوسفاتى إلى ظهور أعراض نقص الزنك.

٢ - فول الصويا :

أنتج صنف فول الصويا Weber الذى يتميز بتحملة لنقص الحديد الذى يحدث فى الأراضى الجيرية التى أجري فيها برنامج التربية.

٣ - الأرز :

قيمت عدة آلاف من أصناف وسلالات الأرز لتحمل النمو فى الأراضى القلوية، وأمكن التعرف على أفضلها؛ حيث استخدمت فى برنامج تربية لإنتاج سلالات عالية المحصول ذات قدرة كبيرة على تحمل قلوية التربة؛ مثل: 2 - 3 - 28 - IR 4427، و- 4 - 10 - IR 4227 . 1 - 3 .

كذلك أمكن التعرف على نحو ١٠٠ سلالة من الأرز قادرة على تحمل نقص الزنك، وعلى اختلافات وراثية كثيرة بين السلالات فى تحمل نقص كل من الفوسفور والزنك.

٤. - الفاصوليا :

أمكن التوصل إلى سلالات من الفاصوليا أكثر قدرة على تحمل نقص الفوسفور؛ بل إنها قد تغل محصولاً أعلى عند نقص الفوسفور؛ مقارنة بما تغله عن زيادة التسميد بالعنصر (عن Devine ١٩٨٢).

## ٥ - الشوفان :

تتوفر اختلافات وراثية بين أصناف الشوفان في مدى كفاءتها في الاستفادة من المنجنيز الميسر لها في التربة، وتبين أن الأصناف العالية الكفاءة تتميز بارتفاع محتوى نمواتها القمية من عنصر الكالسيوم. وفسر ذلك على أساس أن الكالسيوم يقوم - في الأصناف العالية الكفاءة في الاستفادة من المنجنيز - بجزء من النور الذي يقوم به المنجنيز؛ الأمر الذي يوفر هذا العنصر للتفاعلات الحيوية التي لا غنى عنه فيها.

كذلك يتميز صنف الشوفان 227 Cooker بكفاءة أعلى في الاستفادة من الحديد الميسر في التربة عن الصنف 312 - TAM 0، وتبين أن الصنف الأول (الكفاء) كان قادراً على اختزال أيون الحديدك إلى حديدوز على سطح الجنور، وأن محتواه من الكالسيوم كان أقل من محتوى الصنف الثاني (القليل الكفاءة). وقد اقترح أن الكالسيوم ينافس الحديد أو يثبط فعله في الصنف 312 - TAM 0.

## ٦ - الطماطم :

### أ - النيتروجين :

قيم O'sullivan وآخرون (١٩٧٤) ١٤٦ سلالة من الطماطم للقدرة على النمو في محلول مغذ، يحتوي على مستوى منخفض من الآزوت؛ بتوفير العنصر بمعدل ٣٥ ملليجراماً فقط لكل نبات، ووجدوا اختلافات وراثية بين السلالات من حيث كفاءتها في الاستفادة من الكميات المتاحة من العنصر، معبراً عن ذلك بالملليجرام من المادة الجافة التي يُصنَّعها النبات مقابل كل ملليجرام من الآزوت الممتص. وتحت هذه الظروف.. كان الوزن الجاف للسلالات ذات الكفاءة أعلى بمقدار ٤٥٪ من السلالات القليلة الكفاءة.

وقد تبين من الدراسات الوراثية - التي أجريت على أكثر وأقل الأصناف كفاءة في الاستفادة من الكميات القليلة المتاحة لها من الآزوت - أن هذه الصفة يتحكم فيها عدد قليل من الجينات، وأن الكفاءة العالية صفة سائدة، مع ظهور تفاعلات أليلية من النوع الإضافي × الإضافي.

## ب - الفوسفور :

وجد Coltmann وآخرون (١٩٨٥) اختلافاً فى معدل النمو بين سبع سلالات من الطماطم عند نقص الفوسفور فى بيئة الزراعة، علماً بأن هذه السلالات تتماثل فى معدل نموها فى ظروف التغذية الطبيعية. وقد وصلت هذه الاختلافات إلى ٧٣٪. وأوضحت الدراسة أن معدل امتصاص الفوسفور لكل وحدة من وزن - أو طول - الجذر كان عاملاً أولاً فى تحديد قدرة السلالة على امتصاص العنصر. كذلك كان لمدى قدرة السلالات على الاستفادة من الفوسفور المتمص نور هام فى إبراز فروق النمو بينهما تحت ظروف نقص العنصر.

ونظراً لأن الفوسفور لا ينتقل فى التربة.. فإن كفاءة النباتات فى الاستفادة من الكميات المتاحة منه تتحدد بمدى تغلغل المجموع الجذرى فى التربة (عن Bliss ١٩٨١). وقد أوضحت دراسات Coltman (١٩٨٧) أن سلالات الطماطم القادرة على تحمل نقص الفوسفور كانت أكثر كفاءة فى امتصاص العنصر، كما كانت شعيراتها الجذرية - تحت ظروف نقص العنصر - أطول، وغطت الجذور لمسافة أطول مما فى السلالات الحساسة.

وقد وجد أثناء تقييم عدد من سلالات الطماطم للكفاءة فى امتصاص الفوسفور من محلول مغذٍ يحتوى على العنصر - بتركيز منخفض قدره ٩٧ ميكرومولاً - أن السلالة P.I. 121665 كانت على درجة عالية من الكفاءة. وقد تميزت هذه السلالة - دون غيرها - بكثافة شعيراتها الجذرية؛ لذا أطلق على هذا الشكل المظهرى اسم الجذر القطنى Cottony root. ويرغم أن سلالة أخرى - هى P.I. 1102716 - كانت على نفس القدر من الكفاءة فى امتصاص الفوسفور.. إلا أن جذورها كانت عادية. وقد وجد Hochmuth وآخرون (١٩٨٥) أن صفة الجذر القطنى متنحية، ويتحكم فيها جين واحد أعطى الرمز crt.

## ج - 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 في كفاءتها في استغلال الكميات القليلة المتاحة من العنصر؛ معبراً عن ذلك بعدد ملليجرامات المادة الجافة التي ينتجها النبات مقابل كل ملليجرام من البوتاسيوم المتص. وكان الوزن الجاف لأعلى السلالات كفاءة في 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٪ في أنسجتها؛ مقارنة بالسلالات المنخفضة الكفاءة. وأوضحت الدراسات الوراثية على هاتين السلالتين أن الجينات التي تتحكم في الكفاءة العالية ذات تأثير إضافي أساساً، بينما كان تأثير السيادة والتفوق أقل.

وبرغم أن عنصر الصوديوم ليس ضرورياً لنمو الطماطم، إلا أنه يمكن أن يحل محل البوتاسيوم في أمور عامة؛ مثل تنظيم الضغط الأسموزي؛ لذا.. فإن فصل تأثيرات كفاءة الاستفادة النبات من عنصر البوتاسيوم - في الأمور التي ليس للصوديوم علاقة بها - عن التأثيرات في الأمور التي يكون للصوديوم علاقة بها.. يعد ضرورياً لتحديد كفاءة السلالات في الاستفادة من البوتاسيوم بصورة أفضل؛ وبناء على ذلك.. قام Figdore وآخرون (١٩٨٩) بتقييم ١٠٠ سلالة من الطماطم في محلول مغذ يحتوي على مستوى منخفض من البوتاسيوم قدره ٠,٠٧١ مللي مول في غياب - أو وجود - الصوديوم (المضاف)؛ للتعرف على الاختلافات بين السلالات في كفاءة استعمال البوتاسيوم، وفي كفاءة إحلل الصوديوم محل البوتاسيوم، وفي تراكم الصوديوم بالأوراق العليا.

واعتماداً على النتائج المتحصل عليها.. اختيرت خمس سلالات تمثل أقصى الاختلافات في الصفات السابقة، وأجريت بينها كل التلقيحات لدراسة وراثية تلك الصفات. وقد توصل الباحثون إلى أن درجة توريث صفة كفاءة استعمال البوتاسيوم - في غياب الصوديوم - منخفضة، وتتأثر.. جوهرياً جداً - بكل من فعل الإضافة والسيادة والإضافة × الإضافة. وكانت درجة توريث صفة كفاءة إحلل الصوديوم محل البوتاسيوم عالية، وتأثرت جوهرياً جداً بفعل الإضافة والسيادة. كذلك كانت درجة توريث صفة تراكم الصوديوم بالأوراق

العليا عالية، وتأثرت - جوهرياً جداً - بفعل الإضافة. هذا... وكان Makmur وآخرون قد وجدوا أن إحدى السلالات ذات الكفاءة العالية في الاستفادة من البوتاسيوم تستجيب لإضافة الصوديوم حتى مع توفر البوتاسيوم بدرجة متوسطة.

#### د - الكالسيوم :

قام English & Maynard (١٩٨١) بتقييم ٢٤ صنفاً وسلالة من الطماطم من حيث القدرة على النمو في محلول مغذٍ يحتوى على تركيز منخفض من الكالسيوم قدره ١٦,٥ ملليجراماً كالسيوم لكل نبات، ووجدوا اختلافات وراثية بينها في الاستفادة من الكميات المتاحة من العنصر، معبراً عن ذلك بعدد ملليجرامات المادة الجافة التي ينتجها النبات مقابل كل ملليجرام من الكالسيوم الممتص. كانت أكثر السلالات كفاءة هي سلالة الطماطم P.I. 205040، والسلالة P.I. 129021 من الهجين النوعي *L. esculentum* x *L. pimpinellifolium*. اللتان احتفظتا بكفائتهما العالية حتى في المستويات المرتفعة من الكالسيوم.

كذلك قام Giordano وآخرون (١٩٨٢) بدراسة مماثلة على ١٣٨ سلالة من الطماطم، ووجدوا اختلافات وراثية بينها في كفاءة الاستفادة من الكالسيوم المتاح لها؛ حيث أعطت السلالات العالية الكفاءة وزناً جافاً يزيد بمقدار ٨١٪ على السلالات القليلة الكفاءة، بينما كان الوزن الجاف لجميع السلالات متقارباً حينما كان الكالسيوم متوافراً بتركيز كافٍ قدره ٤٠٠ ملليجرام لكل نبات. وقد أظهرت الدراسة أن السلالات العالية الكفاءة كانت أكثر قدرة على امتصاص الكالسيوم من المحاليل المغذية الفقيرة بالعنصر، وأكثر كفاءة في الاستفادة مما تمتصه منه.

كما تبين من دراسة وراثية - أجريت على أكثر وأقل السلالات كفاءة - أن هذه الصفة تتأثر أساساً بالفعل الإضافي للجينات. وفي دراسة وراثية أخرى - أجريت على أربع سلالات تمثل أقصى الاختلافات في الاستفادة من الكالسيوم المتوفر بكميات قليلة قدرها ١٠ ملليجرامات من العنصر لكل نبات (Li & Gabelman ١٩٩٠) - وجد أن الكفاءة (معبراً عنها بالوزن الجاف للنبات) تتأثر بفعل الإضافة والسيادة للجينات المتحكمة في الصفة، التي

تراوحت درجة توريثها - على النطاق العريض - من ٦٣٪ إلى ٧٩٪، وعلى النطاق الضيق.. من ٤٧٪ إلى ٤٩٪، ومن ٦٨٪ إلى ٧٥٪ في عائلتين مختلفين.

#### ٧ - الفاصوليا :

##### أ - الفوسفور :

درس Fawole وآخرون (١٩٨٢). وراثية كفاءة استفادة نبات الفاصوليا من الكميات المتاحة من عنصر الفوسفور - تحت ظروف نقص العنصر - واستخدمت لذلك ست عائلات من الفاصوليا، ناتجة من تلقيحات بين سلالات منتخبة ذات كفاءة عالية، أو متوسطة، أو منخفضة في الاستفادة من العنصر. واتخذ الباحثون الوزن الكلى للنبات - تحت ظروف نقص العنصر - دليلاً على كفاءة النبات في الاستفادة منه. وقد أوضحت الدراسة أن التفوق Epistasis كان له دور كبير في وراثية تلك الصفة، خاصة تأثيرات الإضافة × الإضافة، والسيادة × السيادة، والإضافة × السيادة. وقد كانت تقديرات درجة توريث الصفة على النطاقين (العريض والضيق) عالية.

##### ب - البوتاسيوم :

لم يتمكن Shea وآخرون (١٩٦٧) من التعرف على اختلافات وراثية بين أصناف وسلالات الفاصوليا؛ من حيث قدرتها على امتصاص عنصر البوتاسيوم، إلا أنهم وجدوا اختلافات بينها في مدى كفاءتها في تمثيل البوتاسيوم الممتص، علماً بأن تلك الاختلافات لم يكن مردها إلى اختلاف السلالات في حجم البذور. وقد تبين أن صفة الكفاءة العالية في تمثيل البوتاسيوم يتحكم فيها جين واحد متنح، أعطى الرمز Ke.

##### ج - الحديد :

درس Coyne وآخرون (١٩٨٢) وراثية القدرة على تحمل نقص عنصر الحديد في الفاصوليا في النسل الناتج من التلقيح بين السلالة الشديدة الحساسية P.I. 165078، والأصناف المقاومة GN Valley، و GN Emerson، و GN UI 59. وقد أوضحت نتائج الجيل

الثانى أن المقاومة كمية وسائدة سيادة تامة، بينما تبين من نتائج الجيل الثالث أن المقاومة يتحكم فيها زوجان من الجينات.

هذا.. ويتحكم الجنور فى امتصاص الحديد فى الطماطم، وفول الصويا، والحمص؛ وهو ما تحقق بدراسات التطعيم التى استخدمت فيها طعوم حساسة لنقص الحديد، وأصول مقاومة؛ حيث لم تظهر أعراض الاصفرار الناشئ من نقص الحديد فى الطعوم، كما تأكدت هذه الحقيقة بعمل التطعيم العكسى (باستخدام طعوم مقاومة لنقص الحديد، وأصول حساسة)؛ حيث ظهرت أعراض الاصفرار الناشئ من نقص الحديد على الطعوم.

وحيثما أجرى Zaiter وآخرون (١٩٨٧) دراسة تطعيم مماثلة على الفاصوليا - استخدموا فيها الصنفين المقاومين لنقص الحديد GN Emerson، و Neb - WMI - 83 - 10 والصنفين الحساسين P.I. 165078، و Steuben Yellow Eye - تبين أن الأصول هى التى تتحكم فى المقاومة لنقص العنصر، ربما بسبب قدرتها على امتصاص العنصر أو نقله إلى السيقان. وقد كان نقص الحديد أكثر وضوحاً فى الحرارة المنخفضة (٢٤م نهاراً، و٣م ليلاً) منه فى الحرارة المرتفعة (٢٩م نهاراً، و٥م ليلاً).

وفى دراسة موسعة عن وراثية القدرة على تحمل نقص عنصر الحديد استخدمت فيها ثلاثة تراكيب وراثية حساسة، وسبع مقاومة (هى: GN Valley، و GN 1140، و UI 59، و GN Emerson، و Pinto Ep-1، و Pinto Olathe، و Black Neb - WMI - 83 - 10)، ودرست الصفة فى الآباء والجيل الثانى، وبعض سلالات الجيل الثالث - وجد Zaiter وآخرون (٩٨٧ أ) أن صفة المقاومة يتحكم فيها زوجان من العوامل الوراثية السائدة المكتملة لبعضها.

وتجدر الإشارة إلى أن مستوى الحديد المنخفض فى أوراق الفاصوليا ليس دليلاً على نقص العنصر فى النبات؛ إذ إن تركيز العنصر فى الأوراق التى تظهر عليها أعراض الاصفرار غالباً ما يكون مساوياً - أو أعلى من - تركيز العنصر فى الأوراق الخضراء العادية؛ ويرجع ذلك إلى أن أقل من ١٪ من كمية الحديد التى توجد فى النبات هى التى

تدخل في التفاعلات الحيوية، بينما يتواجد معظم الحديد في الفيتوفيرين Phytoferrin الذى لا يكون ميسراً بسرعة عند الحاجة إليه في التفاعلات الحيوية.

#### ٨ - القنبيط :

اختبر Hochmuth (١٩٨٤) كفاءة ٤٠ سلالة من القنبيط في الاستفادة من الكالسيوم الذى وفره لها في محلول مغذ بمعدل ٣٧٥ ميكرومولاً/ نبات، ووجد أن أكثر السلالات كفاءة أنتجت ١٤ مثل الوزن الجاف لأقل السلالات كفاءة. كما زادت نسبة كفاءة الكالسيوم (مجم مادة جافة/ مجم كالسيوم بالنسيج النباتي) في أعلى السلالات كفاءة بمقدار ثلاثة أمثال عما في أقل السلالات كفاءة.

### حالات عدم القدرة الوراثية على تحمل نقص العناصر الغذائية

ليس من بين أهداف المربي إنتاج أصناف غير قادرة على تحمل النقص في العناصر الغذائية في التربة، ولكن تلك الحالات توجد كطفرات طبيعية، وقد تفيد دراستها في إنتاج أصناف أكثر تحملاً لتلك الظروف، ومن أمثلة تلك الحالات ما يلي :

١ - يوجد في إحدى سلالات فول الصويا جين متنحٍ - أعطى الرمز  $fe$  - يتحكم في ضعف كفاءة النبات في الاستفادة من الحديد الميسر له، ويرجع ذلك إلى ضعف قدرة النباتات المتنحية الأصلية  $fe\ fe$  على اختزال الحديدك  $Fe^{3+}$  إلى حديدوز  $Fe^{2+}$  على سطح الجذور. ولا يظهر تأثير هذا الجين إلا في الجنور.

٢ - وجد أن سلالة الطماطم T 3820 غير قادرة على امتصاص ونقل الحديد بكميات تفي بحاجة النبات من هذا العنصر؛ حيث بلغ تركيز الحديد بها ربع التركيز الطبيعي، بالرغم من توفر العنصر للنبات. وقد تبين أن هذه الصفة يتحكم فيها جين واحد متنحٍ أعطى الرمز  $fer$  (Brown وآخرون ١٩٧٢)، كما تبين من دراسات التطعيم أن التركيب الوراثي للأصل هو الذى يتحكم في امتصاص الحديد.

وقد تميزت الطماطم العادية التي تحمل الجين السائد Fer بقدرة جذورها - تحت ظروف نقص الحديد - على إفراز أيون الأيدروجين، الذي يزيد اختزال أيون الحديد إلى حديدوز على سطح الجذور، كما تميزت كذلك بزيادة محتوى جذورها من حامض الستريك (عن Devine ١٩٨٢).

٣ - أوضح Brown & Jones (١٩٧١) أن نباتات نفس السلالة السابقة (T 3820) كانت - كذلك - غير قادرة على امتصاص ونقل البورون بكميات تفي بحاجة النبات من هذا العنصر؛ حيث كانت نباتات الطماطم صنف Rutgers أكفاً ١٥ مرة منها في امتصاص العنصر.

كما اكتشف Wall & Andrus (١٩٦٢) طفرة أخرى شبه مميتة في 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 في 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 والثاني، والهجن الرجعية في محلول مغذٍ يحتوى على بورون بتركيز ٠,٠٠١ جزءاً في المليون) أن الحساسية لنقص البورون صفة بسيطة سائدة (Tehrani وآخرون ١٩٧١).

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

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

٨ - وجدت أيضاً صفة عدم القدرة على تحمل نقص الحديد في بعض سلالات الذرة، ويتحكم في ذلك الجين المتحى  $ys$  الذى يؤثر في 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 آلياً. وتتميز أصناف تلك المحاصيل - كما فى الطماطم مثلاً - بأنها تعطى نمواً خضرياً مندمجاً، وإزهاراً وإثماراً كثيفين ومركزين، ومحصولاً عالياً ومبكراً، 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 أمراً مرغوباً 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 عائداً أفضل.. فإن على المربي أن ينتخب سلالات من الأشجار تكون أقوى نمواً وأكثر كفاءة فى الاستفادة من الأسمدة التى يمكن إضافتها فى ظل إدارة الإنسان لتلك الغابات (عن Epstein ١٩٧٢).

ومن أمثله 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 الأزوتي بدرجة عالية، مثل الصنف Sonora 64 الذي ازداد محصوله من ١٥٦٠ كجم / هكتار بدون تسميد أزوتي إلى ٦٤٧٠ كجم / هكتار عند التسميد بمعدل ١٦٠ كجم نيتروجيناً / هكتار؛ أى إن محصول القمح ازداد بمعدل ٣٠,٧ كجم / كجم من الأزوت المضاف بالتسميد.

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

أما الأصناف التي كانت منتشرة في الزراعة المحلية (بالمكسيك) - مثل C-306 - فلم تستجيب لزيادة التسميد الأزوتي لأكثر من ٤٠ كجم من النيتروجين للهكتار؛ حيث أنتجت حوالي ٣٧٥٠ كجم للهكتار عند هذا المستوى من التسميد، ثم نقص محصولها بزيادة معدل التسميد عن ذلك.

## ٢ - الأرز :

أنتجت في معهد بحوث الأرز الدولي بالقليين أصناف من الأرز أكثر استجابة للتسميد الأزوتي، مثل الصنف IR8؛ الذي ارتفع محصوله إلى ٩٤٧٧ كجم/ هكتار عندما سُمِد بمعدل ١٢٠ كجم نيتروجيناً للهكتار. وبالمقارنة.. فإن الصنف المحلي الفلبيني Peta أعطى أعلى محصول له - وهو حوالي ٥٢٠٠ كجم/ هكتار) عندما سُمِد بنحو ٣٠ كجم أزوت للهكتار، ثم انخفض محصوله بزيادة التسميد الأزوتي عن ذلك إلى أن وصل المحصول ٢٥٠٠ كجم/ هكتار عند مستوى أزوت ١٢٠ كجم/ هكتار.

## ٣ - السورجم :

أمكن كذلك - بالتربية - إنتاج أصناف محسنة من السورجم - تستجيب للتسميد الأزوتي - من أمثلتها الصنف الذي بلغ محصوله نحو ٣٧٠٠ كجم / هكتار عندما سُمِد بمعدل ١٦٠ كجم نيتروجيناً/ هكتار. وبالمقارنة.. ارتفع محصول الصنف الهندي المحلي من ٨٠٠

إلى ١٤٠٠ كجم فقط للهكتار عند زيادة مستوى التسميد الأزوتى 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 عالياً - 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 بنور 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 - أعطى 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 تلتخ بنى خفيف على النموات الخضرية.

Np np: يظهر تلتخ بنى خفيف إلى متوسط.

np np: يظهر تلتخ بنى شديد.

### زيادة الكفاءة الوراثية للمعيشة التعاونية مع بكتيريا العقد الجذرية

تعيش بكتيريا تثبيت أزوت الهواء الجوى فى العقد الجذرية للبقوليات، وهى تتبع الجنس ريزوبيوم *Rhizobium* الذى يوجد منه نحو ١٨ نوعاً متخصصاً على مختلف البقوليات، وقد يتغايش أكثر من نوع منها على محصول بقولى واحد، ونجد فى هذه الحالة اختلافاً بين تلك الأنواع فى مدى كفاءتها فى تثبيت أزوت الهواء الجوى.

كذلك تعرف سلالات من النوع البكتيري الواحد تتفاوت في مدى كفاءتها في تثبيت أزوت الهواء الجوى.

كما تعرف عديد من سلالات أنواع بقولية مختلفة غير قادرة على المعيشة تعاونيا مع بكتيريا العقد الجذرية. ويحدث ذلك لعدم قدرة البكتيريا على إصابة النبات البقولى؛ فلا تتكون أية عقد جذرية. ويتحكم فى هذه الصفة جينات متنحية. وقد تحدث الإصابة فى بعض السلالات البقولية، ولكنها لا تكتمل، ولا تتكون العقد الجذرية؛ بسبب وجود عوائق أمام أى من خطوات تلك العملية. ويتحكم فى هذه الصفة - فى مختلف البقوليات - جينات سائدة أو متنحية، وقد تتأثر بجينات محورة (عن Miller وأخرين ١٩٨٦).

### وراثة القدرة على المعيشة التعاونية مع بكتيريا العقد الجذرية

نتناول هذا الموضوع بالدراسة من خلال استعراضنا للتباينات الوراثية لتلك الصفة فى عدد من الأنواع النباتية كما يلى :

١ - وجد أن أحد نباتات عشيرة عادية من البرسيم الأحمر Red Clover كانت خالية من العقد الجذرية، وتبين أن تلك الصفة يتحكم فيها عامل وراثى واحد متنح مع عامل سيتوبلازمى، وكان هذا الجين مرتبطاً بجين آخر مسئول عن ضعف نمو النباتات واصفرارها.

٢ - اكتشفت سلالة من فول الصويا غير قادرة على تكوين عقد جذرية، وتبين أن هذه الصفة يتحكم فيها جين واحد متنح، ولم تكن مقاومة هذه السلالة للبكتيريا تامة؛ ففى بعض الظروف البيئية تمكنت بعض سلالات البكتيريا من تكوين عدد قليل من العقد الجذرية. ويإنتاج عديد من السلالات ذات الأصول الوراثية المتشابهة من أصناف فول الصويا التى تختلف فقط فى هذا الجين.. أمكن دراسة مدى تأثير عملية تثبيت أزوت الهواء الجوى على فول الصويا تحت ظروف الحقل.

٣ - وجدت فى بعض أنواع البرسيم تباينات وراثية كثيرة فى موعد ظهور العقد

الجزرية، علماً بأن ظهورها مبكراً يزيد من فرصة النبات من الاستفادة من الأزوت المثبت. ويستدل من الدراسات الوراثية على أن هذه الصفة كمية.

٤ - تبين أن عديداً من سلالات البسلة - التي تزرع في الشرق الأوسط ووسط آسيا - تفشل في تكوين عقد جذرية عند عداها - في أوروبا - بسلالات مختلفة من بكتيريا الجنس رايزوبيوم. وتتوفر هذه الصفة في الصنف الأفغانى Afghanistan، ويتحكم فيها جين واحد متنح. وتتمكن بكتيريا العقد الجزرية من إصابة الشعيرات الجزرية لهذا الصنف، ولكنها تكون انتفاخات صغيرة بدلاً من العقد الجزرية.

وفي الصنف الإيراني Iran لا تتكون عقد جزرية في حرارة ١٨ - ٢٠م. وهو المجال المناسب لنمو البسلة - بينما تتكون لدى تعرض النباتات لحرارة ٢٦م ولو لأيام قليلة. ويتحكم في هذه الخاصية جين آخر متنح غير الجين الموجود في الصنف أفغانستان.

كذلك عرفت عديد من سلالات البسلة الأخرى، وخاصة من أفغانستان، تقاوم واحداً أو أكثر من سلالات الرايزوبيوم. وكانت صفة المقاومة للبكتيريا - في جميع الحالات التي درست - يتحكم فيها جين واحد متنح.

وتتوفر اختلافات وراثية أيضاً في عدد العقد الجزرية التي تتكون بالنبات، وهي صفة يتحكم فيها جين واحد. ويرغم أن محصول البسلة يتناسب طردياً مع عدد العقد الجزرية، إلا أن حجم العقد الكبير يمكن أن يعوض قلة عددها (عن Snee & Hendriksen ١٩٧٩).

٤ - اكتشف Duc & Picard (١٩٨٦) طفرة متنحية في الفول الرومى، تجعل النبات غير قادر على المعيشة مع بكتيريا العقد الجزرية R. leguminosarum المتخصصة على الفول الرومى. تكون جنور هذه النباتات خالية تماماً من العقد الجزرية التي تعيش فيها البكتيريا، ويمكن تمييزها بكون نباتاتها تبدو صفراء اللون بعد استكمالها لمرحلة نمو الورقة الحقيقية الثالثة.

٥ - وجد في اللوبيا أن التفاعل الجيني الإضافي كان أكثر أهمية من تفاعل السيادة، أو

تفاعل التفوق بالنسبة لوراثة كل من صفتي: عدد العقد الجذرية بالنبات، ونشاط إنزيم النيتروجينيز nitrogense، بينما كان العكس صحيحاً بالنسبة لصفة وزن العقد الجذرية بالنبات. وكانت درجات التوريث - المقدرة على النطاق العريض - عالية نسبياً بالنسبة لصفتي عدد العقد (٠,٥٥) ونشاط إنزيم النيتروجينيز (٠,٦٢)، ومنخفضة بالنسبة لصفة وزن العقد الجذرية (٠,٣٩) (Miller وآخرون ١٩٨٦).

٦ - وجد في إحدى الدراسات على الفاصوليا أن الصنف Canyon كان أقلها قدرة على تثبيت الآزوت، بينما كان الصنف Viva Pink أكثرها قدرة؛ علماً بأن الصنف الأخير يدخل في خلفيته الوراثية السلالة المكسيكية P.I. 203958 ذات القدرة العالية على تثبيت آزوت الهواء الجوي، وكان قد انتخب تحت ظروف استخدمت فيها مستويات منخفضة من الآزوت المضاف (عن Silberngael ١٩٨٦).

### التباين في مدى كفاءة بكتيريا العقد الجذرية على المعيشة التعاونية

وجد - في عديد من الحالات - أن عدم قدرة بكتيريا العقد الجذرية (من جنس رايزوبيم) على تكوين تلك العقد (في سلالات معينة من النباتات البقولية) يرجع إلى مقاومة العائل لهذه البكتيريا. ولذا.. يفيد انتخاب سلالات أكثر ضراوة من البكتيريا - من مناطق مختلفة من العالم - ليتمكنها إصابة جنور البقوليات المقاومة، وخاصة في المناطق المستصلحة حديثاً.

### طبيعة القدرة على المعيشة تعاونياً مع بكتريا العقد الجذرية

أوضحت دراسات التطعيم أن تكوّن العقد الجذرية يتحكم فيه الأصل من خلال قابليته للإصابة ببكتيريا العقد الجذرية. كذلك يتحكم الأصل في عدد العقد الجذرية المتكونة. أما قوة نمو هذه العقد ووزنها الطازج فقد تأثرت بالوزن الجاف والنشاط البنائي للطعم؛ حيث توقفا على كمية الغذاء المتوفرة بالأجزاء الهوائية للنبات (عن Miller وآخرون ١٩٨٧).

## استخدامات الهندسة الوراثية فى مجال التربية لزيادة كفاءة المعيشة التعاونية

تأخذ دراسات الهندسة الوراثية فى مجال التربية لزيادة الاستفادة من بكتيريا الجنس رايزوبيوم - التى تقوم بتثبيت أزوت الهواء الجوى فى جنور البقوليات - ثلاثة مسارات، كما يلى :

١ - نقل الجينات المسئولة عن تثبيت أزوت الهواء الجوى من البكتيريا إلى النباتات مباشرة.

٢ - نقل الجينات المسئولة عن تقبل النباتات البقولية للإصابة بالبكتيريا إلى نباتات أخرى غير بقولية.

٣ - زيادة كفاءة البكتيريا فى تثبيت أزوت الهواء الجوى (عن Dodds ١٩٨٥).

ولكن لم يحدث تقدم كبير فى تلك المجالات إلى الآن.

ولزيد من التفاصيل عن موضوع التربية لزيادة كفاءة المعيشة التعاونية مع بكتيريا العقد الجذرية.. يراجع كل من : Postgate (١٩٧٥)، و Giles (١٩٨٠).