إلى ١٤٠٠ كجم فقط للهكتار عند زيادة مستوى التسميد الآزوتى من صفر إلى ١٦٠ كجم/ هكتار (عن The Rockefeller Foundation ١٩٦٦).

٤ ـ القطن :

تتوفر اختلافات بين أصناف القطن فى قدرتها على الاستجابة للتسميد البوتاسى والاستفادة منه؛ فمثلاً.. وجد ـ عندما كان طلب الأزهار والثمار على البوتاسيوم عالياً ـ أن امتصاص العنصر كان بمعدل ١٨٥كجم / هكتار فى صنف القطن Acala 4 - 42، مقارنة بنحو ١٦٤كجم /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 ـ أعطى الرمز Np ـ يتحكم فى الحساسية لزيادة التسميد الفوسفاتى؛ حيث كانت الأشكال المظهرية ـ لمختلف التراكيب الوراثية تحت ظروف التسميد الفوسفاتى الغزير ـ 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.

زيادة الكفاءة الوراثية للمعيشة التعاونية مع بكتيريا العقد الجذرية

تعيش بكتيريا تثبيت آزوت الهواء الجوى فى العقد الجذرية للبقوليات، وهى تتبع الجنس ريزوبيم 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 اختلافا بين تلك الأنواع فى مدى كفاءتها فى تثبيت آزوت الهواء الجوى.

كذلك تعرف سلالات من النوع البكتيرى الواحد تتفاوت فى مدى كفاءتها فى تثبيت آزوت 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 وآخرين 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. وبإنتاج عديد من السلالات ذات الأصول الوراثية المتشابهة من أصناف فول الصويا التى تختلف فقط فى هذا الجين.. أمكن دراسة مدى تأثير عملية تثبيت آزوت الهواء الجوى على فول الصويا تحت ظروف الحقل.

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

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

٤ ـ تبين أن عديدا من سلالات البسلة ـ التى تزرع فى الشرق الأوسط ووسط آسيا ـ تفشل فى تكوين عقد جذرية عند عدواها ـ فى أوروبا ـ بسلالات مختلفة من بكتيريا الجنس رايزوبيم. وتتوفر هذه الصفة فى الصنف الأفغانى Afghanstan، ويتحكم فيها جين واحد متنح. وتتمكن بكتيريا العقد الجذرية من إصابة الشعيرات الجذرية لهذا الصنف، ولكنها تكون انتفاخات صغيرة بدلاً من العقد الجذرية.

وفى الصنف الإيرانى Iran لا تتكون عقد جذرية فى حرارة ١٨ ـ ٢٠م ـ وهو المجال المناسب لنمو البسلة ـ بينما تتكون لدى تعرض النباتات لحرارة ٢٦م ولو لأيام قليلة. ويتحكم فى هذه الخاصية جين آخر متنح غير الجين الموجود فى الصنف أفغانستان.

كذلك عرفت عديد من سلالات البسلة الأخرى، وخاصة من أفغانستان، تقاوم واحداً أو أكثر من سلالات الرايزوبيم. وكانت صفة المقاومة للبكتيريا ـ فى جميع الحالات التى درست ـ يتحكم فيها جين واحد متنح.

وتتوفر اختلافات وراثية أيضاً فى عدد العقد الجذرية التى تتكون بالنبات، وهى صفة يتحكم فيها جين واحد. وبرغم أن محصول البسلة يتناسب طرديا مع عدد العقد الجذرية، إلاّ أن حجم العقد الكبير يمكن أن يعوض قلة عددها (عن Sneep & Hendriksen ١٩٧٩).

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

٥ ـ وجد فى اللوبيا أن التفاعل الجينى الإضافى كان أكثر أهمية من تفاعل السيادة، أو

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

٦ ـ وجد فى 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 فى خلفيته الوراثية السلالة المكسيكية P.I. 203958 ذات القدرة العالية على تثبيت آزوت الهواء الجوى، وكان قد انتخب تحت ظروف استخدمت فيها مستويات منخفضة من الآزوت المضاف (عن Silberngael ١٩٨٦).

التباين فى مدى كفاءة بكتيريا العقد الجذرية على المعيشة التعاونية

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

طبيعة القدرة على المعيشة تعاونيا مع بكتريا العقد الجذرية

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

استخدامات الهندسة الوراثية فى مجال التربية لزيادة كفاءة المعيشة التعاونية

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

١ - نقل الجينات المسئولة عن تثبيت آزوت 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 آزوت الهواء الجوى (عن Dodds ١٩٨٥).

ولكن لم يحدث تقدم كبير فى تلك المجالات إلى الآن.

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