Kingdom of Saudi Arabia
Ministry of Higher Education
King Faisal University
Deanship of Scientific
Research

المملكة العربية السعودية
وزارة التعليم العالي
جامعة الملك فيصل
عمادة البحث العلمي

التقرير النهائي

عنوان البحث: التسميد البيولوجي للأزر الحساوي والبرسيم الحجازي

الباحث الرئيس: د. أحمد عبد الرحمن النعيم
كلية العلوم الزراعية والأغذية
قسم المحاصيل والمراعي

الباحث المشارك: د. صديق حسين
كلية العلوم الزراعية والأغذية
قسم علوم الأغذية وتقنيتها

المقدم إلى عمادة البحث العلمي

١٤٢٣هـ

شكر وتقدير

الحمد لله والصلاة والسلام على رسوله الكريم وعلى آله وصبحه الأخيار ، أما بعد:

فيسعد الفريق البحثي أن يتقدم ببالغ الشكر والتقدير لجامعة الملك فيصل ممثلة بعمـادة البحث العلمي التي قامت بتمويل هذا البحث مادياً حتى ظهور إلى حيز الوجود.

كما يتقدم جميع العاملين بالمشروع البحثي بجزيل ووافر الشكر لكلية العلوم الزراعية والأغذية وإدارة محطة الأبحاث والتدريب الزراعي والبيطري بالجامعة لدعمهم غير المحدود والسماح لفريق البحث باستخدام كل الأجهزة والتجهيزات المتوفرة لديهما في تحقيـق أهـداف البحث.

كما يسعدنا أن نتقدم بكل الشكر والتقدير لكل الأخوة الذين ساهموا بآرائهم ونـصحهم وتوجيههم مما كان له الأثر الكبير في وصول هذا البحث إلى غاياته.

والله من وراء القصد وهو الهادي إلى سواء السبيل.

الملخص

يعد النيتروجين من أهم مدخلات الإنتاج لمحصول الأرز ويتعـرض هـذا العنـصر بصورة عامة للنقص مما يؤدي إلى تدني الإنتاج. زاد في الآونة الأخيرة اسـتخدام الأسـمدة النيتروجينية في إنتاج الأرز ، ونتيجة لذلك زاد معدل تلوث المياه الجوفية والذي بدوره يـؤثر على صحة الإنسان. أدى بروز مشكلات التلوث البيئي بالنترات والنيتريت إلـى شـد انتبـاه الباحثين إلى إمكانية استخدام الأسمدة البيولوجية عوضاً عن أو مكملة للأسـمدة الكيميائيـة. وتناول هذا البحث مدى توفر الأحياء الدقيقة المثبتة للنيتروجين الجوي التكافلية واللاتكافلية في ترب منطقة الأحساء واختبارها لاختيار أفضل السلالات البكتيرية لاستخدامها فـي التـسميد البيولوجي للأرز الحساوي والبرسيم الحجازي.

قام الفريق البحثي بجمع عينات التربة وجذور النباتات النجيلية والبقولية مـن أمـاكن مختلفة من منطقة الأحساء وبعزل وتصنيف السلالات البكتيرية المثبتة للنيتروجين الجـوي ، وتحليل التربة التي وجدت فيها السلالات البكتيرية لتحديد خواصها الفيزيائية والكيميائية ، كما قام الفريق بتنمية وإكثار السلالات في المعمل.

أجريت تجربتان لزراعة محصولي الأرز في والبرسيم الحجازي في أصـص داخـل البيوت المحمية وتم تسميدها بيولوجياً بالبكتيريا المعزولة من منطقة الأحساء وكذلك بسلالات قياسية من نفس البكتيريا المعروفة عالمياً وبالتسميد النيتروجيني الكيميـائي وبـدون تـسميد للمقارنة. في عام ٢٠٠١ – ٢٠٠٢م.

أشارت النتائج إلى أن إضافة الأسمدة البيولوجية والكيميائية أدت إلى زيادة معنوية في طول نبات الأرز ، ومساحة الورقة العلم وعدد الخلف في النبات وعدد الحبوب فـي الـسنبلة ووزن الألف حبة ومحصول الحبوب والقش ومعامل الحصاد ومحتوى النبات من النيتروجين والحبوب من النيتروجين مقارنة بدون إضافة أسمدة حيوية أو كيميائية.

كما أوضحت النتائج إلى تحسين ملحوظ في نمو وإنتاجية وكفاءة تثبيت النيتروجين في معاملات التسميد الحيوي للبرسيم الحجازي بالسلالات التي عزلت من منطقة الأحساء.

لذلك توصي الدراسة باستخدام ١٠٠ كجم نيتروجين/للهكتار مـع التـسميد الحيـوي المتمثل في معاملة الأزورايزوبيوم المعزولة من مناطق الكلابية وجليلجة والقرين للحـصول على أعلى إنتاجية من الأرز الحساوي وتقليل غسيل الأسمدة النيتروجينية في التربة مما يقلـل من تلوث التربة تحت ظروف أراضي منطقة الأحساء. أما فيما يختص بالبرسـيم الحجـازي فتوصي الدراسة باستخدام العزلات المتحصل عليها من مناطق المطيرفي والشقيق والكلابية.

المقدمة

لما كان الأرز الحساوي يعتبر من المحاصيل المهمة في منطقة الإحساء ، ينبغي القيام بمجهودات كبيرة للحفاظ عليه والتوسع في زراعته أفقياً ورأسياً . ومن حيث التوسع الأفقـي فإن ذلك يتطلب استثمـارات مالية كبيرة وفترة أطول من أجـل استـصلاح الأرض وبنـاء مرافق البنية الأساسية ، فقد قدرت تكلفة استصلاح واستزراع الهكتار الواحد مـن الأراضـي بنحو ١٥٢١ دولار فيما تقدر الاستثمارات اللازمة للتوسع الرأسي بنحـو ٢٥٣ دولار لكـل هكتار (الاتحاد العربي للصناعات الغذائية ، ١٩٧٨). كما أن الزراعة الرأسية تعـالج أهـم المشكلات الزراعية التي تعاني منها المملكة العربية السعودية مثل ندرة الأرضـي الـصالحة للزراعة وندرة الموارد المائية ، لذلك ينبغي الاهتمام بالتوسع الرأسي في الزراعة.

لقد طرأ تطور كبير في زراعة الأرز الحساوي في منطقة الإحساء خـلال الـسنوات العشرة الماضية ، وكان هذا بفضل الدعم الذي تقدمه الدولة في هذا المجال من خلال مشروع الري والصرف بالأحساء . ولما كانت الزراعة تهدف أساساً إلى زيادة الإنتاج وبأقل التكاليف لكي تحقق العملية الزراعية ربحية أكثر ، نجد أن تكاليف زراعة الأرز الحـساوي للهكتـار الواحد عالية مع الإسراف في استهلاك الموارد المائية والذي يسبب مشكلات عدة في طبيعـة التربة. ومن هذا المنطلق ومع أهمية الأرز الحساوي بالنسبة لمنطقة الإحساء ،فقد تم التفكيـر في زيادة الإنتاج مع خفض التكاليف بواسطة التوسع الرأسي باللجوء إلى التسميد البيولوجي.

يعتبر البرسيم الحجازي علفاً جيداً للحيوانات لاحتوائه على نسبة مرتفعة من البروتين الخام ذو القيمة الغذائية المرتفعة ، بالإضافة إلى سهولة هضمه واستساغته من قبـل جميـع الحيوانات سواء أستعمل في صورة علف أخضر أو في صورة سيلاج أو دريس ، كمـا أنـه غني بالكالسيوم والفوسفور والكاروتين وفيتامينات د ، هـ ، ك. يتميز البرسـيم الحجـازي بزيادة إنتاج الماشية من الحليب. بالإضافة إلى ما سبق فإن البرسيم يحسن خـواص التربـة الفيزيائية والكيميائية من خلال التأثير المباشر لجذوره المتعمقة والمتفرعة والتي بتحللها تساعد على تهوية التربة وتفككها. كما أن تحلل الجذور مع بقايا النبات الأخرى يعيد إلـى التربـة كمية من المواد العضوية والمواد النيتروجينية المتواجدة في العقد الجذرية والتي تعد عـاملاً أساسياً في المحافظة على خصوبة التربة ، إذ تضيف كمية عالية من النيتروجين تتراوح مـن ١٠٠-٢١٥كجم نيتروجين للهكتار سنوياً أي ما يعادل تقريباً من ٧٠٠-١٥٠٠ كجم من سماد نيتروجيني يحتوي على ١٥% نيتروجين (التكريتي وآخرون ،١٩٨١) . وبذلك فـإن زيـادة محصول البرسيم الحجازي بمعالجته بالبكتيريا العقدية سيزيد من إنتاجه وبالتالي ينعكس ذلـك

إيجابـاً على تنمية الثروة الحيوانية في منطقة الإحـساء. إن الاهتمـام بمحـصول البرسـيم الحجازي سينعكس أيضاً إيجابا على محصول الأرز الحساوي والذي سينصح بزراعته عقـب محصول البرسيم وذلك للإستفادة من كميات النيتروجين التي قام البرسيم بتزويدها للتربة.

يثبت عدد كبير من البكتريا والاكتينوميسات وبعض الطحالـب الخـضراء المزرقـة النيتروجين الجوي في عقد جذرية لنباتات معـراة أومغطـاة البـذور (Kataputiya et al., 1995).

تتم عملية تثبيت النيتروجين بواسطة البكتريا العقدية داخل العقد الجذرية ، حيث تعيش البكتيريا العقدية مع النباتات البقولية معيشة تكافلية ، فالنبات يمد البكتريا بما تحتاجه من مواد عضوية وغير عضوية ، بينما تمد الأحياء الدقيقة النباتات بالمواد النيتروجينية. توجـد هـذه الأحياء الدقيقة حرة في التربة الزراعية ، كما يمكن زراعتها على بيئات صناعية ، ولكنها في كلتا الحالتين المذكورتين لا تستطيع أن تثبت النيتروجين الجوي ، إذ أن تثبيـت النيتـروجين مرتبط بالمعيشة التكافلية للنباتات والأحياء الدقيقة. تمكن بعض العلماء مـن تنميـة ريزوبيـا اللوبيا في بيئة سائلة مناسبة ووسط أوكسجيني مناسب مكنها من تثبيت النيتـروجين خـارج النبات. العقد الجذرية مملؤة بعصير مغذي، ويمكن انتزاعها من الجذر بـسهولة ، وفوائـدها عظيمة للنبات والتربة إذ أنها مصدراً هاماً للنيتروجين (Dobereiner, 1976).

اهتم الباحثون باستخدام أحياء التربة الدقيقة لتوفير الاحتياجات الغذائية للنباتات ، ومن هنا بدأ استخدام اصطلاح "الأسمدة البيولوجية" الذي يقصد به كـل الإضـافات ذات الأصـل الحيوي التي تمد النبات النامي باحتياجاته الغذائية.

قام العديد من الباحثين بمقارنة أثر التسميد الحيوي والكيميائي علـى نمـو وإنتاجيـة الأرز (Mather et al., 1981, Khadr et al., 1985 and Jeyaraman and Purushothaman, 1988) وأشاروا إلى إمكانية خفض الاعتماد على التـسميد الكيميـائي باستخدام الأسمدة الحيوية. وأجريت هذه الدراسة بهدف عزل وتنمية السلالات البكتيرية المثبتة للنيتروجين الجوي التكافلية واللاتكافلية من الترب الزراعية بمنطقة الأحساء لاستخدامها فـي تسميد الأرز الحساوي والبرسيم الحجازي.

المسح الأدبي

النتروجين أحد العناصر المغذية الكبرى ويؤدي نقصه إلى اختلال النمـو وانخفـاض الإنتاج الزراعي. وتستخدم المحاصيل مخصبات وأسمدة النيتروجين بصورة غيـر فاعلـة ، حيث يصبح ما يقارب ٥٠% من النيتروجين جزءاً من المحصول الحالي وبعض مـن ٥٠% المتبقية يحفظ في مواد التربة العضوية ويكون متاحاً للمحاصيل التالية ، كما أن بعض من هذه النتروجين يتـم تحويله مرة أخرى إلى نيتروجين جوي من خلال عملية فصل النتـروجين ، كما أن بعضه يتم انتقاله إلى الماء الأرضي مما يتسبب في تلوثها ويعتبر ذلك من المـشكلات البيئية المهمة في مناطق زراعة المحاصيل ذات الإنتاج العالي.

تثبيت نيتروجين الهواء الجوي في التربة

المقصود بعملية التثبيت الحيوي Biological Fixation هـو اسـتخدام نيتـروجين الهواء الجوي بواسطة الأحياء الدقيقة لبناء بروتوبلازم الخلايا الحيـة (Doberiner,1992). وتوجد القدرة على التثبيت بيولوجياً في عدد من ميكروبـات بـدائيات النـواة Procaryota والتي تحتوي جميعها على أنزيم النيتروجينيز الذي يساعد في عملية تثبيت النيتروجين. تلـي عملية تثبيت النيتروجين الجوي في الطبيعة عملية التمثيل الضوئي من حيث الأهمية لاستمرار حياة الكائنات الحية. يتم إنتاج الأمونيا في عملية التثبيت البيولوجية علـى درجـة الحـرارة والضغط الجوي الموجود ، ولكن في الطريقة الكيميائية الشائع استخدامها (طريقـة Haber Bosch) ، فإن إنتاج الأمونيا باستخدام نيتروجين الجو والهيدروجين يتم في وجـود حـرارة وضغط مرتفعين مع عوامل مساعدة. ونظراً للارتفاع المستمر في تكلفة الإنتـاج ، فينبغـي الاستفادة الكاملة من عملية التثبيت البيولوجي للنيتروجين فـي تـسميد المحاصـيل الحقليـة والبستانية .

قدر (Hardy and Silver, 1977) كمية النيتروجين التي تثبتها الأحياء الدقيقة مـن الهواء الجوي بما يتراوح بين١٠^{٨} - ١٠^{٩}طن نيتروجين في السنة ، وتكون في التربـة عـن طريق دورة النيتروجين الحيوية Biological nitrogen cycle لتعوض ما فقـد مـن هـذا العنصر الهام. إن ما يربو عن ٩٠% من نيتروجين المفقودة من التربة يسترجع ثانية بعمليات التثبيت الحيوية التي تتم بواسطة الأحياء الدقيقة ، أما ما يثبت عن طريق عوامل غير إحيائية فيقدر بحوالي ٠,٥% بواسطة البرق وبحوالي ٥% بطريقة هابر/بوش.

الأحياء الدقيقة المثبتة للنيتروجين الجوي إما بكتيريا أو طحالب خضراء مزرقة وهي جميعها Procaryotes ، كما أنها جميعها محبة للحرارة المتوسطة.

البكتريا في التربة الزراعية أو البيئات الصناعية عصوية قصيرة غير متجرثمة سالبة لصبغة جرام ، ميزوفيلية تنمو جيداً على بيئة المانيتول ومستخلص الخميـرة ، أو المـانيتول ومستخلص أوراق النبات البقولي المتخصص ،حيث أن مستخلص الخميرة أو أوراق النباتات تحتوي على المواد المنشطة اللازمة للبكتـريا. تحتـوي البكتيريا على حبيبات كروماتيـن وحبيبات من(B-hydroxy butyrate (BHB التي تصبغ مع صبغة Sudan Black ، أما مع الصبغ العادي فإنها تظهر غير مصبوغة مما يعطي البكتريا شكلاً مخططاً.

يمكن أن تحلل البكتيريا العديد من الكربوهيدرات مع تراكم الحمض في بعض الأحيان ، ولكنها لا تكون غازاً ، كما أنها أثناء نموها خاصة في العقد البكتيرية تفرز بعض منشطات النمو النباتية مثل مشتقات الاندول وحمض الجبريليك والسيتوكينين (Tien et al.,1979 and Strzelczyk et al., 1994).

تظهر البكتريا في المزارع الحديثة النشطة بشكل عصوي ٤×١ ميكروميتر، وقد ترى بعض الخلايا في شكل كروي ، بينما تظهر في العقد الجذرية بأشكال مختلفة متفرعة أو غير منتظم وهي معروفة بالبكترويدات Bacteroides ، والأخيرة نادراً ما تـرى فـي المـزارع النامية على البيئات الصناعيـة. يشجع وجود السـكر أو كميـات قليلـة مـن الأحمـاض العضوية أو الجلسرين في البيئة الصناعية ظهور البكترويـدات (Lin et al., 1983) ، فـي حين أن إضافة الفوسفات أو اللبن يشجع الأنواع الكروية أو العصوية على الظهـور. حجـم البكترويد يتوقف على نوع السلالة فهو كبير الحجم في البسلة ، وصغير الحجـم فـي الفـول البلدي.

تصنيف الرايزوبيا

وضعت الرايزوبيا ضمن البكتريا العادية السالبة لجرام والبكتيريا الهوائية العصويـة والكرويـة وذلك في عائلة Rhizobiaceae (Bergy, 1984). تمتاز أفـراد هـذه العائلـة بأنهاعصويات ، غير متجرثمة ، متحركة، سالبة لجرام ، هوائيـة وتـستعمل الكثيـر مـن الكربوهيدرات مـع إفراز مواد لزجة خارج الخلية أثناء نموها على الكربوهيدرات وتـسبب نموات غير عادية في خلايا قشرة العائل النباتي، كما تكون عقداً على جذور النبات العائل.

تقسم هذه العائلة إلى

١- أفراد تكون عقداً على جذور البقوليات ، تثبت النيتروجين الجوي تكافلياً في العقد الجذرية ، لا تفرز مادة 3-ketolactose.

جنس Rhizobium: سريعة النمو على بيئة آجار مانيتول مستخلص الخميـرة ، تكون العقد في جذور بقوليات المناطق المعتدلة ، عـادة تفرز أحماض في البيئة.

جنس Bradyrhizobium: بطيئة النمو على بيئة آجـار مـانيتول مـستخلص الخميرة ، تكون العقد في جذور بقوليات المناطق الحـارة وبعـض بقوليـات المناطق المعتدلة ، عادة تفرز مواد بالبيئة لها تأثير قلوي.

٢- جنس Agrobacterium

أفراد لا تكون عقداً في جذور البقوليات ، لكنها تسبب تكـون نمـوات غيـر عادية في كثير من النباتات ، لا تثبت النيتروجين الجوي.

٣- جنس Phyllobacterium

أفراد تكون عقداً على أوراق بعـض نباتـات عـائلتي Myrsinaceae و Rubiaceae، ما زالت قدرة خلايا هذا الجنس على تثبيـت النيتـروجين موضـع الدراسة.

ونظراً لأن الرايزوبيا توجد مع أحياء دقيقة أخرى عديدة تشبهها في الصفات، فإنه من الصعب حصرها في التربة أو بالزراعة على البيئات مباشرة ، لذلك قد يتم حصرها بطريقـة جداول العد التقريبية في بيئات سائلة. تلقح أنابيب البيئات بالتخفيفات المناسبة ثم توضع فيهـا بذور النبات البقولي ، وبعد الإنبات بعدة أسابيع يفحص النبات لوجود العقد على الجذور وتقدر الأعداد باستخدام جداول العد التقريبي.

تصنيف البكتيريا العقدية حسب سرعة النمو

يمكن تقسيم البكتريا المعزولة على أساس نموها علـى بيئـة مـستخلص الخميـرة والمانيتول إلى:

١- جنس Rhizobium

بكتيريا سريعة النمو (مثل بكتيريا مجموعة البرسيم الحجازي) ومتوسط عمر الجيـل حوالي ٤ ساعات ، ويصل أقصى معدل نمو بعد ٤٠-٧٠ ساعة ويزيد أفراد هذه المجموعـة بعد نموها من حموضة البيئة.

٢- جنس Bradyrhizobium

بكتيريا بطيئة النمو مثل بكتريا مجموعة اللوبيا ومتوسط عمر الجيل بها حـوالي ١٠ سـاعات من (٦-١٢ ساعة) ، ويصل أقصى معـدل نمو بعد ١٠٠-١٩٠ساعة، وهي تزيـد بعد النمو من قلوية البيئة ، وتمتاز أفردها بأن فلاجاتها طرفية.

بذلك نلاحظ أن البكتريا العقدية سريعة النمو تختلف عن بطيئة النمو في كثيـر مـن الصفات المورفولوجية والمزرعية الفسيولوجية بالإضافة إلى الفروق السيرولوجية .

وفي التصنيف الحديث توضع البكتريا العقدية (جنس الريزوبيوم والبراديرايزوبيـوم) مع جنس الاجروباكتريوم في عائلة Rhizobiaceae. وتتشابه البكتريـا العقديـة عـادة مـع Agrobacterium radiobacter في كثير من الصفات ، إلا أنهما يختلفان قليلاً فـي بعـض الصفات المزرعية ، فمثلاً تحتاج البكتريا العقدية إلى فيتامينات ومنظمات نمو في البيئة ، بينما تستطيع الاجروباكتريوم النمو في بيئة بسيطة تحتوي على أمونيا كمصدر وحيد للكربـون. إلا أن الطريقة الأساسية في تميزها عن بعضها هي قـدرة الجنـسين Rhizobium و-Brady rhzobium على تكوين العقـد الجذريـة علـى النباتـات البقوليـة وعـدم قـدرة الجـنس Agrobacterium على ذلك ، وكذلك اختبارات النيتروجينيـز. الاجروبـاكتريوم ممـرض للنبات، ويسبب أمراضاً مثل التدرن التاجي في النباتات ولا يثبت نيتروجين الهواء الجوي.

التخصص في البكتيريا العقدية

يحتوي الجنسان Rhizobium وBradyrhizobium على أنواع عديـدة ، وتختلـف هذه الأنواع باختلاف نوع النبات العائل الذي تصيبه ، فلكل نبات بقـولي أو مجموعـة مـن النباتات البقولية جنس معين يكون عليه العقد ، أما باقي الأنواع فإنها غير قادرة على غزوها ، أو قد يغزوها ولكنها تكون عقداً ضعيفة غير قادرة على تثبيت النيتروجين. تـسمى مجموعـة النباتات البقولية التي يغزوها نوع واحد من البكتريا العقدية باسم مجموعـة تبادليـة التلقـيح Cross inoculation group ، فمثلاً هناك مجموعة البسلة ، وتضم البسلة والفـول البلـدي والعدس ... الخ ، والنوع المكون للعقد البكتيرية على هـذه المجموعـة هـو Rhizobium leguminosarum ، وبالمثل هناك مجموعة البرسـيم الحجـازي وتغزوهـا بكتيريـا R. meliloti ومجموعة البرسيم المصري وتغزوها بكتيريا R. trifolii وهكذا ، حيث قـسمت النباتات البقولية إلى سبع مجموعات وبالتالي قسمت البكتريا العقدية إلى سبع أنواع .

المجموعات النباتية وأنواع البكتيريا المتخصصة في أصابتها

اسـم المجموعـة	نوع البكتيريا	النباتات التي تضمها المجموعة
* مجموعات سريعة النمو Rhizobium		
مجموعة البرسيم الحجازي	R. meliloti	البرسيم الحجازي و الحلبة .
مجموعة البرسيم المصري	R. trifolii	البرسيم المصري و الأحمروالقرمزي.
مجموعة البسلة	R. leguminosarum	البسلة والعدس والفول.
مجموعة الفاصوليا	R. phaseoli	الفاصوليا.
* مجموعة بطيئة النمو Bradyrhizobium		
مجوعة الترمس	B. lupini	الترمس.
مجوعة فول الصويا	B. japonicum	فول الصويا.
مجموعة اللوبيا	B. sp.	اللوبيا والفول السوداني واللبلاب.

بالرغم من أن النوع الواحد من البكتريا العقدية يغزو جميع أنواع النباتـات البقوليـة التابعة لمجموعته التبادلية ، إلا أن هناك سلالات بكتيرية تكون أكفأ في تكوين العقـد وتثبيـت النيتروجين على نبات معين في داخل مجموعة النباتات ، وحتى النوع الواحد مـن النباتـات البقولية قد تصيبه عدة سلالات تختلف في كفاءتها في تثبيت النيتروجين فبعـضها ذو كفـاءة عالية وبعضها متوسط وبعضها ضعيف.

وينبغي أن نلاحظ أن أنواع البكتريا العقدية السبعة الرئيسة لا يمكـن تمييزهـا عـن بعضها بسهولة بالصفات المورفولوجية أو المزرعية أو الفسيولوجية ، إن الطريقـة الوحيـدة لتمييز أنواع البكتريا العقدية هي اختبار قدرتها على تكوين العقد على مختلف أنواع النباتـات البقولية. وجد أن بروتينات كل مجموعة متشابهة عندما اختبرت سيرولوجيا بطريقة الترسـيب Precipition test. يمكن التمييـ ـز بيـ ـن الأنـواع الـسيرولوجية باسـ ـتخدام طريقـة التجميع agglutination بإضافة سيرم مضاد antiserum من سلالات معروفة إلى خلايـا البكتيرويد المفصـولة من العقد. و تتكون انتيجينات خلايـا الريزوبيـا الجـسمية Somatic antigens من Phospholipid polysaccharides complex ، وتتشابه تلك الانتيجينات في بكتيريا R. trifolii مع تلك الموجودة في البكتريا المعويـة Enterobacteriaceae فـي احتوائها على keto-3-deoxy-octonate 2 وليبيدات ، وجلوكوز ومانوز وفيكوز Fucose ، ولكن تختلف عنها في أن بكتيريا R. trifolii تحتوى على حمض الجلوكورونيك . ويعتمـد

أن وجود أشكال بنائية معينة من السكريات في تلك الانتيجينات التي تمثل الـسطح الخـارجي للرايزوبيا ، يلعب دوراً في علمية التخصص الخاصة بعدوى جذور البقوليات.

الأحياء الدقيقة اللاتكافلية المثبتة لنيتروجين الهواء

هنالك العديد من البكتريا الهتروتروفية المثبتة للنيتروجين الجوي موجودة في التربـة ومن أهمها

البكتيريا الهوائية Family: Azotobacteriaceae وفيما يلي وضعها في تقسيم Bergey (1974)

١- الخلايا كروية كبيرة تفرز مواداً لزجة خارج الخلية، سـريعة النمـو ، موجبـة لاختبار الكتاليز.

* تكون حوصلة:

نسبة الجـوانين والـسيتوسين فـي جـزيء DNA تتـراوح بـين٦٣-٦٦% (Azotobacter)

* لا تكون حوصلة

نسبة الجـوانين والـسيتوسين فـي جـزيء DNA تتـراوح بـين٥٣-٥٩% (Azomonas).

٢- الخلايا صغيرة تفرز مواد لزجة متماسكة أو صموغ بكمية كبيرة ، تحتوي علـى حبيبات دهنية بداخل الخلايا ، بطيئة النمو ، موجة أو سالبة لاختبار الكتاليز.

* حبيبات دهن عديدة في الخلية

نسبة الجوانين والسيتوسين في جزيء DNA تبلغ ٧٠% ، سالبة لأنزيم الكتاليز (Derxia).

* حبيبات الدهن في قطبي الخلية

نسبة الجوانين والسيتوسين في جزيء DNA تبلـغ٧٠% ، موجبـة لأنـزيم الكتاليز (Beijerinckia).

وضعت عائلة Azotobacteriaceae في تقـسيم (Bergy, 1984) مـن ضـمن البكتريا العادية السالبة لجرام ، فصل جنسي Derxia وBeijerinckia عـن هـذه العائلـة ووضعا ضمن الأجناس التي لم تنسب لأي عائلة.

التسميد البيولوجي

تعتبر اللقاحات البكتيريا المثبتة للنيتروجين الجـوي مـن احـدث أسـاليب التـسميد البيولوجي للمحاصيل سواء أكانت محاصيل بقوليه أو محاصيل نجيلية. يعتبر هذا النوع مـن

التسميد بديلاً عن التسميد الكيميائي حيث أن الأخير ثبت أنه يسبب أمراضاً خطيرة للإنسان و الحيوان علاوة على ارتفاع أسعارها عاماً بعد عام.

يتم التسميد البيولوجي باللقاحات البكتيرية بواسطة بكتيريا .Azorhizobium sp. وهذه البكتيريا تثبت النيتروجين الجوي في النباتات النجيلية مثل الأرز دون تكوين عقد جذرية ، وبالتالي تزيد من إنتاج المحصول كما أنها تقلل الاعتماد على الأسمدة النيتروجينية الكيميائية (Tchan and Kenndy ,1990; Davy et al., 1993; Cocking, et al.,1994 and Cocking et al., 1995 a&b)

تساعد زراعة محصول البرسيم الحجازي في تحسين خواص التربة وزيادة محتواها من النيتروجين وبالتالي تزيد من إنتاجية المحصول الذي يليه في الدورة (الفخري ، ١٩٨١). من هنا كان التفكير في زراعة محصول البرسيم الحجازي الذي يتميز بقدرته على تكوين العقد البكتيرية قبل زراعة محصول الأرز الحساوي.

وبالرغم من أن النيتروجين الجوي لا يكون متاحاً من الناحية الأيضية بصورة مباشرة للمحاصيل الزراعية ، نجد أن ذلك يكون متاحاً لبعض من الكائنات الحية الدقيقة والتي يطلق عليها (Diazotrophs) من خلال عملية التثبيت البيولوجي للنتروجين والتي يتم فيها تحويل النيتروجين إلى أمونيوم (Alexander, 1977) أو تحويله إلى ألانين (Walters et al., 1998). وبالرغم من أن الـ (Dizotrophd) التي تعيش بصورة حرة تعتبر مفيدة كمثبتات نيتروجينية فإن مساهماتها في زيادة خصوبة التربة تكون محدودة وهذا يعزي في الحقيقة إلى أنها تفضل الاستفادة من الأمونيا في التربة على تثبيت النيتروجين وبمعنى آخر ، إذا كانت الأمونيا موجودة في التربة ، فإن عملية تثبيت النيتروجين بواسطة هذه الكائنات تتوقف. وعلى العكس من ذلك فتعتبر مثبتات النيتروجين التكافلية من جنس(Rhizobium) و(Azorhizobium) هي البكتيريا الرئيسة في زيادة خصوبة التربة. حيث أنها تؤمن المصدر الرئيسي للنيتروجين والذي له تأثيراً مهماً على الزراعة. ويحدث التكافل بين البقوليات وبكتيريا تثبيت النيتروجين (Rhizobia) داخل العقد وبصورة رئيسية في الجذور وفي حالات قليلة يحدث في الساق مثل البكتيريا المقاومة للنتروجين نوع (Azorhizobium caulinodans) والتي تم عزلها من عقد ساق نبات (Sesbania rostrata) (Sabry et al., 1998 and Chen et al., 1992) . وحتى تاريخه لا تعرف أي تكافلات ميكروبية يمكن أن تنتج كميات مؤثرة من النتروجين المثبت بالإشتراك مع الحبوب الرئيسية مثل الذرة الشامية ، والقمح ، الشعير والأرز.

تعتبر الأسمدة البيولوجية مصادر غذائية رخيصة الـثمن إذا مـا قورنـت بالأسـمدة الكيميائية. وتنتج الأسمدة الحيوية من الأحياء الدقيقة ، بعد اختيار البكتيريا المطلوبة وإكثارها في مزارع ، ثم نقل البكتيريا إلى حامل مناسب ليحفظ تحت ظروف ملائمة لحـين اسـتعماله كلقاح للبذور أو بالتربة.

ومن أمثلة الأسمدة الحيوية ذات الأهمية الاقتصادية الكبيرة:

١- لقاحات الرايزوبيا للبقوليات والتي بدأ منذ سنوات طويلة تسويقها على نطاق تجاري فـي بلاد عديدة ، وأصبحت تستعمل كلقاحات للتربة أو للبذور في أغلب بلاد العالم.

٢- المنتج المسمى Azotobacterin المحتوى على Az. Chroococum ، الذي يـضاف للتربة ليمد النبات باحتياجاته من النيتروجين من خـلال تثبيتـه للنيتـروجين لا تكافليـاً (Abdel-Malek, 1971).

٣- يستخدم الأزوسبيريللام كمثبت لنيتروجين الهواء الجوي في مزارع المحاصيل النجيلية ، خاصة في الدول النامية حيث يصعب الحصول على ما يكفي من الأسمدة النيتروجينيـة (Nutman, 1976).

٤- استخدمت بالفرانكيا كمثبت للنيتروجين الجوي في غير البقوليات كلقاحات للتربة لزيادة إنتاجيتها (Akkermans et al., 1984).

٥- في الأراضي الغدقة المنزرعة أرزاً تساهم الطحالب الخضراء المزرقة المثبتة للنيتروجين والممثلة للضوء إمداد نبات الأرز بجزء كبير من احتياجاته النيتروجينية ، بالإضافة إلى ما تفرزه من مواد منشطة للنمو (Carr an Witton, 1973). لذلك فإن إنتاج لقاحـات من الطحالب الخضراء المرزقة لاستخدامها كلقاح بالترب المزروعة أرزاً ، أصبح ينـتج على نطاق تجاري كبير.

٦- الأزولا تستخدم كسماد عضوي للتربة في مزارع الأرز من حيـث تثبيـت النيتـروجين (Lumpkin and Pluckentt, 1980). وأصبحت الأزولا الآن تنمى في مزارع مائيـة مناسبة لاستخدامها كلقاح في مزارع الأرز ، كما يمكن تنميتها في مـزارع الأرز بعـد عملية الشتل.

٧- بالإضافة إلى ما ذكر سابقاً بالنسبة للتسميد الحيوي بلقاحـات الأحيـاء الدقيقـة المثبتـة للنيتروجين الجوي ، فإن التسميد الحيوي يضم أيضاً لقاحات أحياء دقيقة لها دور هام في تيسير فوسفات التربة للنبات ، وبذلك تمده باحتياجاته الفسفورية ، من هذه اللقاحات:

أ- لقاح فطريات الميكروهيزا الذي يفيد الكثير من المحاصيل خاصـة في المنـاطق الاستوائية وشبه الاستوائية التي تعاني تربتها من ارتفاع معدل تثبيت الفوسـفات

فيها ، بالإضافة إلى أن الحرارة العالية تساعد على زيادة نشاط اللقـاح الفطـري (Garrett, 1963).

ب- المنـتج المـسمى Phosphobacterin المحتـوي علـى بكتيريـا Bacillus Megatherium var. phosphaticum ذو الكفاءة العالية في إذابة الفوسـفات غير الذائبة بالتربة. ويستعمل هذا اللقاح بكثرة في الاتحاد السوفيتي وبلدان أوربـا الشرقية لزيادة تيسير الفوسفات بالتربة الزراعية.

وبالإضافة إلى اللقاحات البيولوجية تؤدي إلى زيادة الاسـتفادة مـن عمليـة تثبيـت النيتروجين وإلى تيسير الفوسفات بالتربة ، فإن هذه اللقاحات تفرز مواداً منشطة لنمو النباتات تساعد على إنبات البذور ونمو الجذور كما أنها تفرز الكثير من المضادات الفطرية.

أهمية العقد الجذرية

تقوم بكتيريا العقد الجذرية بتثبيت نيتروجين الهواء الجوي وهي مهمة للنباتات منذ بدأ حياتها إلى قرب حصادها. حيث أنها تمد النبات بما يحتاجه من نيتروجين فتعطـي النباتـات بالتالي إنتاجية عالية بدون تسميد نيتروجيني ، وكذا تمد التربة بكمية كبيرة من النيتـروجين ، والبكتيريا لا يمكنها تثبيت النيتروجين بمفردها ولكن لابد من وجود النبات (تبـادل المنفعـة) للقيام بالعملية (Veeger and Newton, 1984). ويؤدي وجود هذه البكتيريا في العقد على جذور النباتات البقولية إلى زيادة محتوى هذه النباتات من النيتروجين ، فمثلاً نرى أن ١ طن من البرسيم الحجازي يحتوي على ١٣٠ – ١٥٥ كجم بروتين ، بينما ١ طن مـن النجيليـات يحتوي على ٥٠ – ٦٥ كجم بروتين (Tinsley and Darbyshire, 1984).

لاحظ (Stewart and Callon, 1980) اختلاف في مقدار ما يثبت من نيتـروجين الهواء الجوي باختلاف نوع النبات ، حيث وجدا أن نباتات البرسيم الحجازي تثبت كمية مـن النيتروجين تفوق كثيراً ما تثبته محاصيل الحبوب البقولية الأخرى مثل الفول البلدي والبـسلة وفول الصويا. وإذا افترضنا أن البرسيم الحجازي يثبت ١٠٠ وحدة نيتروجين فيمكن ترتيـب بعض المحاصيل البقولية كالآتي:

برسيم حجازي ١٠٠ وحدة – فول الصويا ٤٢ وحدة – الفول البلـدي ٢٢ وحـدة – البسلة ١٩ وحدة. وقد وجد أن البرسيم الحجازي يثبت تحت أحسن الظروف ما مقـداره ٢٥٠ كجم من النيتروجين للهكتار سنوياً ، ولعل هذا الاختلاف في مقدار مـا تثبتـه المحاصـيل البقولية من النيتروجين يعود إلى اختلاف مدة مكثها في التربة ، كما قد يعود إلـى اخـتلاف نظام مجموعها الجذري ، فمحاصيل البذور كالفول البلدي التي لها نظام جذري محدود والذي تتكون عليه العقد الجذرية خلال فترة قصيرة من الزمن ، يثبت كمية من النيتروجين تقل عما

تثبته المحاصيل البقولية التي تبقي في التربة مدة طويلة والتي لها نظام جذري يتجـدد علـى مدار موسم النمو والذي تتكون عليه عقد جذرية باستمرار ولفترة طويلة من الزمن.

مقدار ما يتبقى بالتربة من النيتروجين المثبت بواسطة النباتات البقولية فإنـه يختلـف باختلاف الطريقة التي يعامل بها المحصول عند حصاده (Postgate, 1978) ، فإذا حـرث المحصول البقولي في التربة كسماد أخضر ، فأن التربة تستفيد من جميع النيتروجين المثبت ، أما إذا استخدم المحصول كعلف أو حول إلى سيلاج ثم أضـيف الـسماد النـاتج مـن هـذه الحيوانات إلى التربة ، فإن مقدار النيتروجين الذي يضاف إلى التربة في هذه الحالة يتـراوح ما بين ٥٠ – ٨٠ من مجموع النيتروجين المثبت. أما إذا أزيل المحصول بعيداً عن التربة فإن مقدار الاستفادة في هذه الحالة يكون بالقدر الذي تبقى من هذه المحاصيل بعد حصادها ، بمـا في ذلك الجذور وما عليها من عقد جذرية وهنا تختلف الاسـتفادة مـن محـصول لآخـر ، فالبقوليات مثل البرسيم الحجازي – التي لها مجموع جذري كبير فإن ما يتبقى منهـا عقـب الحصاد قد يحتوي على ما يقرب من ثلث ما يحتويه النبات من نيتروجين وهـذه الكميـة لا تعوض فقط ما يكون قد امتصه النبات من نيتروجين التربة ، بل تزيد من كميته فيهـا، أمـا المحاصيل الأخرى مثل فول الصويا والبسلة التي تخلع معظم جذورها عند الحصاد فـإن مـا يتبقى من مخلفاتها لا يزيد كثيراً عن سدس مجموع النيتروجين الكلي في النبات وهي بذلك قد تسلب التربة بعض ما قد يوجد بها من النيتروجين. وعموماً فقد وجد أن تكلفة التلقيح البكتيري للهكتار لا تتجاوز 5% من قيمة الأسمدة النيتروجينية التي تستخدم حالياً وذلك بخلاف العائـد الاقتصادي الناشئ عن زيادة الإنتاج من استخدام العقدين.

العوامل التي تؤثر على تثبيت النيتروجين الجوي تكافلياً

يتوقف مقدار النيتروجين الجوي الذي تثبته البكتيريا العقدية بالاشتراك مـع النباتـات البقولية على عوامل كثيرة بعضها يتعلق بالتربة وبعضها يتعلق بكل مـن النباتـات البقـولي والبكتيريا العقدية.

أما فيما يتعلق بالتربة فقد وجد أن هنالك علاقة وثيقة بين تأثير بعض العوامـل مثـل التهوية ودرجة الحرارة ونسبة الرطوبة والملوحة والأس الهيدروجيني علـى نمـو النباتـات البقولية ، ومقدار ما تثبته من النيتروجين الجوي، (Nutman, 1976) ، وبوجه عـام يمكـن القول أن العوامل التي تزيد من نمو البقوليات تساعد أيضاً على تكوين العقد الجذرية وتزيـد من مقدرتها على تثبيت النيتروجين الجوي ، فمثلاً تجود معظم النباتات البقولية عندما يكـون الأس الهيدروجيني للتربة قريباً من التعادل ، وعلى هذه الدرجة تصل نسبة النيتروجين المثبت إلى حدها الأقصى ، كما أن النباتات البقولية التي يلائم نموها الوسط الحامضي فإنـه يـصل أقصى ما تثبته من نيتروجين عند هذه الدرجة من الحموضة ، كما وجد أن العقـد البكتيريـة

حساسة للجفاف الزائد وللملوحة وللحرارة المرتفعة وللرطوبة الزائدة والغمر الذي تؤدي إلى نقص الأكسجين كما في الأراضي الغدقة (Nutman, 1976). كما أنها حساسة لبعض الآفات ويرقات الحشرات والبكتريوفاج ، ومن العوامل المشجعة لها وجود فطر الميكروهيزا (Harley, 1969) التي يساعد على توفير الفسفور لبكتيريا العقد الجذرية. وللعناصر الغذائية التي توجد في التربة أو التي قد تضاف إليها تأثير واضح على عملية تثبيت النيتروجين فقد أظهرت تجارب الحقل أن إضافة المركبات الكيميائية مثل الكالسيوم والمنجنيز والفوسفات والبوتاسيوم تنشط تكوين العقد الجذرية ، وتزيد في قدرتها على تثبيت النيتروجين الجوي ، وأن كان لم يعرف بعد حقيقة الدور الذي تلعبه في ميكانيكية عملية التثبيت (Nutman, 1976). أما الكالسيوم فإنه مطلوب – خاصة – في المراحل الأولى من العدوى بالريزوبيا، حيث يدخل في نشاط الإنزيمات المحللة للبكتين التي تساعد بكتيريا الريزوبيا على اختراق الشعيرة الجذرية.

وقد وجد أن إضافة الكالسيوم إلى الترب التي لا تحتوي على كمية مناسبة منه ، ضروري للحصول على محصول وافر وكمية كبيرة من النيتروجين المثبت (Nutman, 1976) ، ولما كان الكالسيوم يضاف إلى التربة عادة على صورة كربونات الكالسيوم ، فقد عزى البعض التأثير النافع للكالسيوم إلى أن كربوناته تجعل الوسط الذي تنمو فيه النباتات متعادلاً ، ولكن أثبتت الدراسات التي أجريت لتحديد دور الكالسيوم في عملية تثبيت النيتروجين الجوي ، أن التأثير يعود إلى عنصر الكالسيوم نفسه ، فقد أمكن الحصول على نسبة عالية من النيتروجين المثبت بواسطة نبات الفول الصويا المزروع في تربة حامضية عندما أضيف إلى التربة كمية مناسبة من الكالسيوم (Dommergues and Diem, 1982)، أما المنجنيز فقد وجد أنه يلعب دوراً هاماً في تكوين العقد الجذرية وقدرتها على تثبيت النيتروجين بواسطة نبات فول الصويا (Dommergues and Diem, 1982). وقد عزى البعض تأثيره إلى أن وجوده يساعد على الاستفادة من الكالسيوم. كما وجد أن الفوسفات تزيد من نمو المحاصيل البقولية ، وتزيد من قدرتها على تثبيت النيتروجين ، أما البوتاسيوم فيساعد على تثبيت النيتروجين عن طريق تأثيره على زيادة تكوين الكربوهيدرات في النبات ، كما لبعض العناصر النادرة تأثير واضح على مقدار ما تثبته النباتات البقولية من نيتروجين ، فقد لوحظ أن النباتات المكونة للعقد البكتيرية تحتاج إلى كمية أكبر من العناصر النادرة والفسفور والبوتاسيوم عن نفس النباتات غير المكونة للعقد (Dommergues and Diem, 1982).

لعنصر المولبيدونيوم أهمية خاصة في عملية التثبيت نفسها ، فبالإضافة إلى أنه يدخل في تركيب إنزيم النيتروجينيز ، فإنه يوجد أيضاً في إنزيم Nitrate reductase

الذي يوجد في بكتيرويد بعض العقد. وغياب هذا العنصر لا يؤثر على نمو النبات ولا يمنع تكوين العقد الجذرية ولكنه يؤثر على كفاءتها فيفقدها قدرتها على التثبيت. أما البورون فقد ظهر أن وجوده ضروري لتكوين العقد الجذرية (Dommergues and Diem, 1982).

وقد لوحظ أن عنصر الكوبالت ضروري لعملية تثبيت النيتروجين تكافلياً ، إذ أن البكتيريا العقدية تحتاج إلى هذا العنصر لدخوله في تركيب Vitamin B_{12} Co-enzyme الذي يدخل في نشاط إنزيمي Nucleotide reductase and methylmalonylmutase التي تلعب دوراً أثناء تكوين العقد وأثناء عملية التثبيت ، أما النحاس فإنه يدخل في تمثيل حمض Gama Amino Butyric acid الموجود بعقد ريزوبيا بعض أنواع البرسيم .

ويعتبر مستوى النيتروجين من العوامل الرئيسية المؤثرة على مستوى تثبيت النيتروجين تكافلياً ، فإن وجود مستوى عال من النيتروجين يؤدي إلى استفادة النبات البقولي منه مع حدوث تناقص واضح في أعداد وأحجام العقد ، ولكن وجود مستوى منخفض من الأمونيا والنترات يشجع تكوين العقد وتثبيت النيتروجين. ولقد أثبتت الدراسات باستخدام النيتروجين ^{15}N أن هناك علاقة عكسية بين معدل تثبيت النيتروجين ومستوى النيتروجين في التربة (Nutman, 1976) ، ويفترض أن النبات البقولي عندما يمتص نيتروجين جاهز من التربة فإن النمو الخضري يزداد وتتجه أغلب الكربوهيدرات إلى عملية إنتاج أنسجة خضرية جديدة فتقل الكربوهيدرات التي تصل إلى العقد فيقل حجمها ومعدلها في تثبيت النيتروجين الجوي (Veeger and Newton, 1984).

وينبغي أن نشير إلى أنه من المهم وجود كمية من النيتروجين الميسر للنبات في التربة في أوائل عمر النبات قبل أن تبدأ العقد الجذرية في تثبيت النيتروجين ، خصوصاً في حالة النباتات ذات البذور الصغيرة والتي تكون كمية الغذاء المخزنة في البذور غير كافية لإمداد البادرة باحتياجاتها من النيتروجين خلال مراحل النمو الأولى (Nutman, 1976) ، لذلك ينبغي تسميد النباتات البقولية بكمية ضئيلة من السماد النيتروجيني عند الزراعة لتغطية الفترة الأولى.

ولا تتوقف كمية ما تثبته النباتات البقولية من النيتروجين الجوي على ما سبق ذكره من عوامل طبيعية أو كيميائية فقط ، ولكن تتوقف أيضاً على عوامل حيوية تتعلق بكل من النبات والبكتيريا ومقدار استجابة كل منهما للآخر أثناء معيشتهما المشتركة ، ويرجع التفاوت في الاستجابة إلى ما يأتي:

أ- السلالة البكتيريا

السلالات المختلفة لنوع واحد من البكتيريا العقدية تختلف في مقدرتها على تثبيت النيتروجين الجوي بالاشتراك مع العائل (Veeger and Newton, 1984)، فمثلاً إذا عزلت

١٠٠ مزرعة نقية من البكتيريا التي تصيب البرسيم الحجازي من عقد جذرية لنباتات مأخوذة من حقول برسيم مختلفة ، فأن هذه السلالات البكتيرية تختلف في قدرتها على تثبيت النيتروجين الجوي عندما تدخل في معيشة مشتركة مع صنف واحد من البرسيم ، فقد وجد أن من بين كل مائة مزرعة يتم عزلها ، نحو ٢٥ مزرعة لها القدرة العالية على تثبيت النيتروجين ، ونحو ٥٠ منها متوسطة ، بينما الباقي ليس له إلا قدرة ضعيفة على تثبيت النيتروجين ، وقد أطلق على السلالات التي لا تثبت النيتروجين أو تثبته بكميات ضئيلة اسم سلالة غير فعالة Ineffective تميزاً عن السلالات الفعالة Effective.

يعتقد بعض الباحثين أن اختلاف السلالات عن بعضها في مقدرتها على تثبيت النيتروجين يرجع إلى السرعة التي تتحلل بها العقد الجذرية فالسلالات غير الفعالة تحلل عقدها بسرعة عقب تكوينها بخلال السلالات الفعالة التي تستمر عقدها فترة طويلة تثبت خلالها كمية كبيرة من النيتروجين قبل أن تتحلل ، وعلى ذلك فالفرق بين الاثنين هو فرق كمي. فإذا قامت العقد الجذرية بوظيفتها مدة طويلة من الزمن تثبت خلالها كمية كبيرة من النيتروجين اعتبرت العقد ناتجة من سلالة بكتيرية فعالة ، أما إذا تحللت العقدة في فترة قصيرة فإنه رغماً عن مقدرتها على تثبيت النيتروجين الجوي خلال فترة حياتها ، فإنها تعتبر ناشئة من سلالة غير فعالة.

ب- تخصص النبات العائل

تختلف السلالات البكتيرية لصنف واحد من البكتيريا العقدية في قدرتها على تثبيت النيتروجين في العوائل المختلفة التابعة لنفس المجموعة التبادلية (Veeger and Newton, 1984)، فإحدى السلالات قد تعطي قدرة عالية على التثبيت في أحد العوائل وقدرة أقل على عائل ثان في نفس المجموعة ، وهذه الظاهرة تلاحظ بكثرة ، فمثلاً السلالة البكتيرية Rhizobium meliloti المعزولة من البرسيم الحجازي تستطيع أن تكون عقداً جذرية مع كل من البرسيم الحجازي والحلبة التي تضعها مجموعة واحدة ، إلا أنه من الثابت أن البكتيريا التي تعزل من جذور البرسيم الحجازي ، فإنها أقدر على تثبيت كمية أكبر من النيتروجين إذا ما لقحت البرسيم مقارنة ببقية النباتات الداخلة في نفس المجموعة. كما أن للبكتيريا التي تعزل من العقد الجذرية لنبات الحلبة القدرة العالية على تثبيت النيتروجين عندما يلقح بها نبات الحلبة عما إذا لقح به البرسيم الحجازي. وقد يكون هذا التخصص أبعد مدى ، بحيث نجد أن سلالة واحدة من البكتيريا العقدية الخاصة بالبرسيم قد تكون أقدر على تثبيت النيتروجين بالاشتراك مع سلالة معينة من البرسيم من سلالة أخرى من نفس النوع.

ج- عدد البكتيريا العقدية من السلالة الملائمة في التربة

وهذه النقطة ذات أهمية كبيرة لأن عدم وجود العدد الكافي من السلالة البكتيرية يؤدي إلى نقص في عدد العقد المتكونة على النبات ، وبالتالي نقـص معـدل تثبيـت النيتـروجين (Subba Rao, 1980). ومن الملاحظ أنه بعد تلقيح التربة بالبكتيريا العقدية فـإن أعـدادها تتناقص في التربة بعد فترة ، وهذا التناقص يرتبط بعوامل كثيرة ومن هذه العوامـل وجـود البروتوزوا التي تلتهم البكتيريا ، وأيضاً البكتيريا من جنس Bdellovibvrio والتـي تتطفـل على البكتيريا العقدية وأيضاً وجود البكتيروفاج الذي يتطفل ويحال خلايا البكتيريـا العقديـة (Tinsley and Darbyshire, 1984). ولقد لـوحظ أن اسـتمرار زراعـة تربـة معينـة بمحصول بقولي واحد لمدة طويلة مثل البرسيم الحجازي أو البرسيم العادي فإن المحصول يقل والنباتات تصبـح ضعيفة ، ولقد عزي هذا إلى تأثير البكتيروفاج على البكتيريا المتخصـصة مما يؤثر على عملية تثبيت النيتروجين.

التلقيح بالبكتيريا العقدية

قد تلقح التربة ، ولكن لكي تتكاثر البكتيريا العقدية لابد من توافر العوامـل المناسـبة لنموها. وقد ثبت أن تلقيح التربة ببكتيريا العقد الجذرية للنباتات البقولية ضرورياً ، خصوصاً في الأراضي المستصلحة حديثاً التي لم تزرع بعد بالنباتات البقولية ، أو عند إدخال صـنف جديد من النباتات البقولية التي لم يسبق زراعتها ، أو حتى في الأراضي القديمة التي حـدث تدهور في محتواها من البكتيريا العقدية (Suba Rao, 1980).

توجد عدة طرق لتلقيح النباتات البقولية بواسطة البكتيريا العقديـة (Dommergues and Diem, 1982) منها:

١- استعمال التربة

وفي هذه الطريقة ينقل جزء من التربة من الطبقة السطحية (٥ –٢٠ سم) مـن حقـل سبق زراعته بنجاح بنفس المحصول البقولي المراد زراعته. وتكفي كمية ٢٠٠ كجـم تربـة لتلقيح فدان واحد تنثر هذه الكمية على سطح الحقل وتخلط جيداً بالتربة قبل زراعة البذور.

٢- استخدام العقدين في تلقيح البذور

تخلط البذور قبل زراعتها مباشرة بمزرعة نقية من بكتيريا العقد الجذرية (العقدين) ، وقد يكون العقدين سائلاً أو على آجار أو على مادة حاملة.

خطوات إعداد العقدين:

١- اختيار السلالة الفعالة من الريزوبيا للنبات العائل التي تتحمل ظروف التخزين ودرجـات الحرارة العالية.

٢- تنمية البكتيريا في مزرعة سائلة مناسبة وتركها لتنمو على درجة حرارة ٢٥°م.
٣- زراعة الريزوبيا في مخمرات مناسبة على أن تزود بفتحات لإضافة اللقاح وأخذ العينات. ومصدر الكربون المناسب هو السكروز والمانيتول والجليسرول والأرابينوز، وإن كانت الريزوبيا بطيئة النمو لا تمثل السكروز ، وتستعمل مستخلصات الخميرة عادة كمـصدر للنيتروجين وعوامل النمو.
٤- تلقح البكتيريا في بيئة سائلة مناسبة مثل بيئة مستخلص التربة ، ثم تترك لتنمو عند درجة حرارة ٢٥°م فإذا بلغ النمو أقصاه (٥ أيام) للسريعة النمو، (٧ أيـام) للبطيئـة النمـو ، يضاف السائل المحتوى على البكتيريا إلى مادة حاملة مثل السماد العـضوي الـصناعي المعقم أو الدبال أو خليط من التربة والفحم ويخلط جيداً على أن تكون درجـة الرطوبـة النهائية من ٤٠ – ٥٠% ثم يعبأ المخلوط في أكياس سيلوفان أو علب صـفيح محكمـة الإغلاق ثم توزع بالأسواق.
٥- المزارع المحضرة بهذه الطريقة تحتفظ بحيويتها لمدة طويلة ، خاصة إذا حفظـت عنـد درجة حرارة منخفضة ، ولكن ينبغي استعمال تحضيرات حديثة في كل مرة للحـصول على أفضل النتائج.
٦- وللاستعمال تؤخذ كمية مناسبة من العقدين ويضاف إليها الماء بكمية كافية لعمل معلـق ويضاف إليه البذور المراد تلقيحها ، ثم تقلب معه جيداً وتنشر لتجف قليلاً قبل زراعتها.

الحامل

ينبغي أن يكون الحامل المستخدم:

١- متوفر محلياً.
٢- رخيص الثمن.
٣- غير سام للرايزوبيا.
٤- له قدرة عالية على الامتصاص.
٥- سهل التعقيم.

ومن الحوامل التي تستعمل البيت الناعم ، الطمي ، الفحم ، قوالح الذرة المطحونـة ، مصاصة القصب ، كومبوست قشرة بذرة القطن وغيرها من المواد المماثلة ، على أن تـنعم المادة المستعملة وتزود بالرطوبة والعناصر الغذائية المناسبة.

ويتكون الحامل المثالي من الآتي:

تربة منخولة ٩٠٠ جرام ، مسحوق فحم حيواني ناعم ١٠٠ جـرام ، جيلاتـين ١٠ جرام ، مانيتول ١٠ جرام وفوسفات ثنائي البوتاسيوم ٥ جرام. كما يمكن اسـتعمال حامـل

عبارة عن خليط من تربة طميية وقش البرسيم المطحون بنسبة ٣ : ٢ ، إذ يوفر هذا الخـيط وسط متعادل ورطوبة ومواد مغذية مناسبة للبكتيريا.

يلقح الحامل بمزرعة نقية نشطة عمرها ٥ أيام من الريزوبيوم وتخلط جيداً. ويـصل عدد البكتيريا بالخليط إلى تركيز حوالي ٥٠٠ × ١٠ ٦/جم وتعيش البكتيريا بكفاءة لعدة أشهر على درجة حرارة الحجرة وتكفي العبوة ٢٥٠ جم لتلقيح الهكتار. وقد لوحظ أنه يلـزم لكـل بذرة ١٠٠ بكتيريا على الأقل لتكوين عقد ناجحة.

يعبأ العقدين في أكياس من البولي إثيلين المعقمة بأشعة جاما ، لأن التعقيم الحـراري يتلف تلك الأكياس ، وتستعمل الأكياس ذات الكثافة المنخفضة التي لا يزيد سمكها عن ٠,٠٤ مم لتسمح بتبادل الغازات ، وتعتبر هذه الأكياس أقل أنواع العبـوات فقـداً للرطوبـة أثنـاء التخزين.

وتؤثر ظروف تخزين العقدين ، خاصة درجة الحرارة والرطوبة النسبية ، كثيراً على حيوية الريزوبيا ، لذلك ينبغي قبل استعمال اللقاح أن تجرى عليه اختبارات الجودة وذلك بعـد الريزوبيا واختبار حيويتها والتأكد من قلة نسبة التلوث.

العلاقة بين الريزوبيا والأحياء الدقيقة الأخرى

ربما توجد علاقات تضاد بين الريزوبيا وبعض الكائنات الدقيقة الأخرى التي تتواجـد معها بالتربة وحول الجذور. هذا التضاد قد يكون مباشراً كما في حالـة الافتـراس بواسـطة Protozoa, Myxobacteria, Bdellovibrio أو يكون غير مباشـر بجعـل الظـروف البيئية المحيطة بالريزوبيا غير مناسبة كما في حالة تغيير الأس الهيدروجيني ، وبالتنافس على المواد الغذائية ، وإفـراز مواد سامة مضادات حيوية ..... الـخ. فقـد لـوحظ تعـرض الرايزوبيا المضافة للتربة للتنافس مع بعض أنواع البكتيريا مثل الباسلس والسيدوموناس ومن الرايزوبيا القاطنة أصلاً بالتربة وكذلك من بعض الفطريات مثل الأسـبرجلس والبنـسيليوم (Abdel-Malek, 1971).

مقارنة عملية التثبيت النيتروجيني بين الأحياء الدقيقة اللاتكافلية والأحياء الدقيقة التكافلية

رغم أن عملية التثبيت تتم بواسطة إنزيم النيتروجينيز بطريقـة متـشابهة فـي كـلا النوعين من البكتيريا إلا أنه توجد فروق واضحة فيما بينهما نلخصها فيما يلي:

طور النمو الذي يتم خلاله التثبيت

يتم التثبيت في حالة البكتيريا اللاتكافلية مثل الأزوتوباكتر في الخلايا الناميـة فـي الطور اللوغاريثمي (الذي يقدر متوسط عمر الجيل فيـه بعـدة سـاعات) ، حيـث يتحـول النيتروجين المثبت إلى بروتين خلوي ، أما الخلايا غير النامية فإن النيتروجين المثبـت بهـا يتجمع في صورة مركبات ذائبة منها أيون الأمونيا المثبط لعملية التثبيت.

وفي حالة البكتيريا التكافلية ، فإن التثبيت يتم في الخلايا غير النامية في الطور الثابت الذي يستمر حوالي شهر.

كمية النيتروجين المثبت لكل جرام خلايا

في حالة الأزوتوباكتر ، فإنها تثبت حوالي ٠,١ جم نيتروجين لكل جرام خلايا ، وهذا أقل بكثير من تلك الكمية المثبتة في حالة الريزوبيا ، التـي تثبـت حـوالي ١ – ٢,٥ جـم نيتروجين لكل جرام خلايا بكيتريويد طوال مدة حياتها.

كفاءة عملية التثبيت (مقدراً على أساس ملليجرام نيتروجين مثبـت لكـل جـرام جلوكـوز مستهلك)

تثبت الأزوتوباكتر حوالي ١٠ – ٢٠ ملليجرام ، أما الكلبـسيلا Klebsiella فتثبـت حوالي ٥ ملليجرام ، والكلوستريديا من ٥ – ١٠ ملليجرام نيتروجين لكـل جـرام جلوكـوز مستهلك. أما في حالة ريزوبيا البسلة فإنها تثبت حوالي ٢٧٠ ملليجرام نيتروجين لكل جـرام جلوكوز مستهلك. وهي كمية أكبر بكثير من المثبت في حالة اللاتكافلية.

هذا الفارق الكبير في كمية النيتروجين المثبت بين النوعين يعود إلى ظاهرتين هما:

التثبيت في حالة الأزوتوباكتر – اللاتكافلية – يكون في خلايا ناميـة تـستهلك الكثير من الكربون والطاقة لتكون الخلايا الجديدة النامية.

تحتاج الأزوتوباكتر إلى كمية كبيرة من مركبات الكربون في التـنفس الهـوائي العالي المعدل لإبعاد الأوكسجين عن إنزيم النيتروجينيز ، وبذلك فإن الكميـة المتبقية منه والتي تستخدم لتثبيت النيتروجين تصبح قليلة.

النشاط النسبي لتثبيت النيتروجين (مقدراً على أساس ملليجرام نيتروجين لكل جرام بـروتين في الساعة)

يلاحظ أن النشاط النسبي يكون أعلى بكثير في حالة الأزوتوباكتر عن حالة البكتريويد فإذا افترضنا أن عمر الجيل في مرحلة الطور اللوغاريثمي للأزتوباكتر حوالي ٢ – ٤ ساعة، وإذا افترضنا أنه في خلال هذه المدة يتكون واحد جرام بروتين من الخلايا تحتوي على ١٦٠ ملليجرام نيتروجين ، فإن الكفاءة النسبية تصبح حوالي ٤٠ – ٨٠ ملليجرام نيتـروجين لكـل

جرام بروتين خلايا/ساعة ، أما في حالة الريزوبيا ، فإن تلك الكفاءة النسبية تكون أقل ، حيث تقدر بحوالي ٢ – ٥ ملليجرام نيتروجين لكل جرام بروتين بكتيرويد في الساعة.

مصير النيتروجين المثبت

الأزوتوباكتر وباقي الأحياء الدقيقة المثبتة للنيتروجين اللاتكافلية ، تستعمل الجزء الأكبر من النيتروجين المثبت لنمو خلاياها ، بينما تفرز حوالي ٧ – ١٣% من النيتروجين المثبت خارج خلاياها ، وفي حالة الطحالب المثبتة فإن النسبة تتراوح ما بين ٢٠ – ٤٠% ، وهذا بعكس ما يحدث في حالة الرايزوبيا التي تفرز أغلب ما تثبته من نيتروجين (أكثر من ٩٠%) خارج خلاياها.

المواد والطرق المستخدمة

أخذ عينات التربة

في بداية العمل البحثي جرى جمع عينات عشوائية من التربة مـن منـاطق ومواقـع مختلفة بمنطقة الأحساء (جدول ١) لتحديد الخواص الكيميائية والفيزيائية للتربة من خلال حفر ١٠ قطاعات في كل موقع بأعماق ٠ – ٣٠ سم و ٣٠ – ٦٠ سم و ٦٠ – ٩٠ سم. جمعـت ثلاثة عينات من كل قطاع تمثل طبقاته الثلاثة بواسطة اسطوانة أخذ العينات قطـر ١٠ سـم وطول ٣٠سم. خلطت العينات من كل موقع ونقلت إلى المعمل وفردت حتى جفت هوائياً ومن ثم طحنت بحرص ونخلت بمنخل قطره ٢مم وخزنت في أكياس بلاستيكية.

إعداد عجينة التربة المشبعة

تم إعداد عجينة التربة المشبعة بوزن ٤٠٠ جم تربة جافة هوائياً ثم أضيف لها مـاء مقطر وخلطت جيداً بسكينة خاصة وجمعت العجينة من وقت لآخـر بطـرق الكـوب علـى المنضدة لضمان طرد الهواء منها وإحلال الماء محله وباستمرار إضافة الماء والخط الجيد ثم طرق الكوب على المنضدة حتى وصلت العجينة لحالة التشبع وتم تقدير ذلك من خلال ظهور لمعان في سطح العجينة نتيجة لانعكاس الضوء ، كما وأنها أيضاً تسيل بـبط علـى جوانـب الكوب عند إمالتها وكذلك انزلاق العجينة ببطء من السكين. تركت العجينة ليلة كاملة ثـم تـم التأكد مرة أخرى من علامات التشبع. استخلص المحلول باستخدام جهاز الاسـتخلاص عـن طريق الضغط السالب وقد وضع ورق ترشيح تحت عجينة التربة قبل تشغيل الجهاز. جمـع المستخلص في علبة بلاستيكية وأجريت عليه التحاليل اللازمة.

تحليل عينات التربة

أجري تحليل لعينات التربة لتقدير تركيز الأملاح الكلية والأس الهيـدروجيني (pH) وتركيزات الصوديوم والكالسيوم والماغنسيوم الذائبة. كما قدر تركيز الكلوريـد والكبريتـات والبيكربونات في محلول التربة. قدرت أيضاً النسبة المئوية لمكونات التربة من الطين والسلت والرمل لمعرفة القوام.

جدول ١. مواقع ومناطق أخذ عينات التربة التي شملتها الدراسة

رقم العينة	المنطقة	الموقع
M-1	المطيرفي	مزرعة خضر
M-2	لمطيرفي	مزرعة نخيل
M-3	لمطيرفي	مزرعة أرز حساوي
M-4	لمطيرفي	مزرعة برسيم حجازي
M-5	لمطيرفي	أرض بور
S-1	الشقيق	مزرعة نخيل
Sl-2	الشقيق	مزرعة أرز حساوي
S-3	الشقيق	مزرعة برسيم حجازي
S-4	الشقيق	مزرعة خضر
S-5	الشقيق	أرض بور
K-1	الكلابية	مزرعة أرز حساوي
K-2	لكلابية	مزرعة برسيم حجازي
K-3	لكلابية	أرض بور
K-4	لكلابية	مزرعة برسيم حجازي
K-5	لكلابية	مزرعة نخيل
B-1	البطالية	أرض بور
B-2	البطالية	مزرعة أرز حساوي
B-3	البطالية	مزرعة شعير
B-4	البطالية	مزرعة برسيم حجازي
B-5	البطالية	أرض بور تنمو فيها أشجار الطلح
G-1	جليلجة	مزرعة نخيل
G-2	جليلجة	مزرعة برسيم حجازي
G-3	جليلجة	مزرعة ذرة شامية
G-4	جليلجة	مزرعة نخيل
G-5	جليلجة	مزرعة أرز حساوي
Gr-1	القرين	أرض بور
Gr-2	القرين	مزرعة برسيم حجازي
Gr-3	القرين	مزرعة شعير
Gr-4	القرين	مزرعة نخيل
Gr-5	القرين	مزرعة أرز حساوي

تم تحليل العينات من حيث حجم الحبيبات بطريقة (Piper,1955) ومحتوى الكربون (Jackson, 1967) والكالسيوم (Page et al., 1982). والتوصيل الكهربي في مـستخلص التربة باستخدام جهاز التوصيل الكهربائي الرقمي من نوع Jenway (ثابت خليتـه ١ عنـد درجة حرارة ٢٥°م) ، ومعادلتـه بقيم EC لمـستخلص عجينـة التربـة (Sabrah et al., 1992). كما قدر الأس الهيدروجيني لمستخلص عجينة التربة المشبعة بعد استخلاصه مباشر (Cottenie,1980).

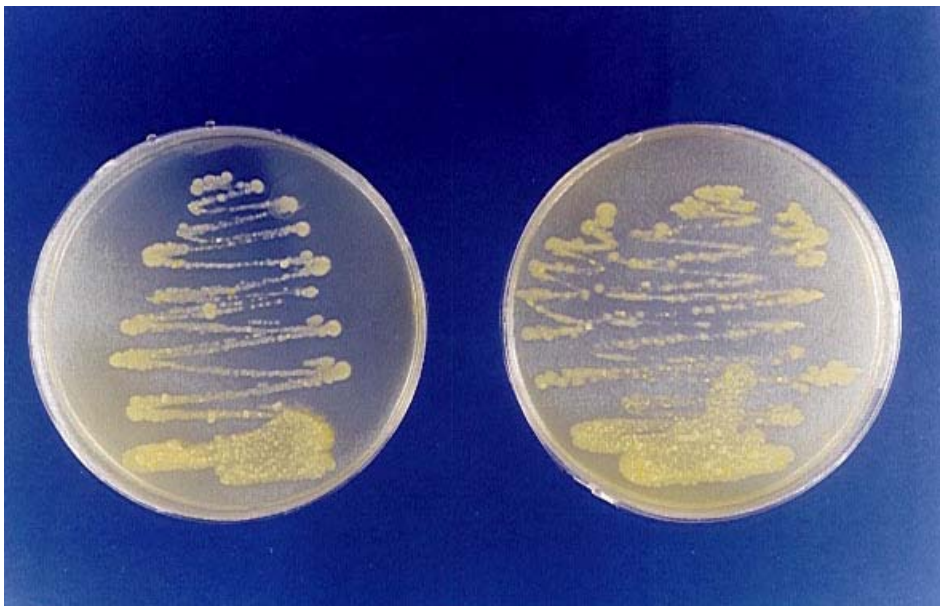
التقدير العددي للجنس رايزوبيوم (Rhizobium) في التربة

أخذت ١٠ عينات عشوائية من كل موقع باسطوانة أخذ العينات Auger ووضعت في كيس بلاستيك وخلطت جيداً ، ثم نقلت وفردت على قطعة من الورق لمدة ٩٦ سـاعة حتـى جفت تماماً. ثم مررت العينات الجافة على غربال رقم ١٠ مش. أجريت التخفيفات المطلوبـة (١:١٠ – ١:١٠٠ – ١:١٠٠٠) بإضافة ١٠ جرام من عينة التربة إلى ٩٠ من الماء المقطر ورجت جيداً لمدة نصف ساعة على جهاز رجاج ثم سحب من كل تخفيـف(١:١٠) ١٠ مـل وأضيف لها ٩٠مل من الماء المقطر المعقم في زجاجات ورجت جيداً لمدة نصف ساعة ثـم سحب من كل تخفيف (١:١٠٠) ١٠ مل وأضيف لها ٩٠ مل من الماء المقطر المعقـم فـي زجاجـات ورجت كذلك جيـداً للحصـول على التخفيف (١:١٠٠٠).

فحصت الخلايا البكتيرية بعد إجراء سلسلة التخفيفات للحصول على خلايـا مفـردة ، وضعت بواسطة ماسة ذات قمـة مستوية على سطح بيئة فنست (Vincent, 1970). تتكون بيئة فنسنت من:

هيبوفوسفات البوتاسيوم ٠,٥ جم ، كبريتات الماغنسيوم ٠,٢جم ، كلوريد الصوديوم ٠,١ جم ، مانيتول ١٠,٠جم ، مستخلص الخميرة ١٠,٠ جم ، ماء مقطر معقم ١٠٠٠ مل ، ووضعت في أوتوكلاف عند درجة حرارة ١٢١°م لمدة ١٥ دقيقة. أجري العد لمستعمرات الرايزوبيا النامية بعد ١٠ أيام وقدر عدد المستعمرات في أربع أطباق لكل عينة تربة.

عزلت المستعمرات البكتيرية ونقيت ثم زرعت أيضاً في وسـط فنـسنت وصـنفت باسـتخدام Bergey's Manual of systematic Bacteriology (1986) و Bergey's Manual of Determinative Bacteriology (1994).



طريقه تلقيح البادرات بالبكتيريا المعزولة و نمو النباتات

عقمت بذور الأرز الحساوي والبرسيم الحجازي بمعاملتها بالكحول لمدة ٣٠ ثانيـة و كلوريد الزئبقيك (١%) ولورايل كبريتات الصوديوم (١%) لمدة ١٠ دقائق ، ومن ثم تمت معاملتها بدومستس (١٠%) لمدة ١٥ دقيقة. غسلت البذور جيدا بالمـاء المقطـر. وتركـت البذور المعقمة لتنمو في الظلام لمدة ٦٠ ساعة في أوراق ترشيح مبلله بالماء عنـد درجـة ٢٤°م. لقحت جذور البادرات بتبليلها في البكتيريا الملقحة لمده ١٢ ساعة باستخدام نوع مـن

الملصقات مثل الغراء. غطست جذور البادرات الملقحة في محلول المـانيتول (٨٠%) لمـده دقيقتين. ثم نقلت البادرات للأصص التي تحتوي على تربـة معقمـة لإتمـام دوره النمـو و ملاحظة التلقيح بعد ٣ أسابيع.

تجربة الأصص

زرع محصول الأرز الحساوي في أصص (قطرهـا ٧٥ سـم) وسـمد بالـسلالات المعزولة من جنس Azorhizobium لدراسة كفاءة هذه السلالات فـي تثبيـت النيتـروجين الجوي وتأثير هذا التسميد على إنتاج الأرز وجودته. كما زرع محصول البرسيم الحجازي في أصص (قطرها ٧٥ سم) وسمد بالسلالات المعزولة من الجنس Rhizobium لدراسة كفـاءة هذه السلالات في تثبيت النيتروجين الجوي وتأثير هذا التسميد على إنتاج الأرز الحـساوي والبرسيم الحجازي.

أما بالنسبة للبرسيم الحجازي فقد قطعت النباتات في المرحـلة التي أزهـرت ١٠% من النباتات لأنها في ذلك الوقت تحتوي على أعلى نسبة من العناصر الغذائية وبعـد القطـع مباشرة وزن المحصول وأخذت عينة عشوائية للمعمل سجلت منها بيانات ارتفاع الساق ، عدد السيقان ، مساحة الورقة، محتوى الكلوروفيل ، الوزن الرطب. وجففت العينـة عنـد درجـة حرارة ٨٠°م لمدة ٢٤ ساعة ، ومن ثم قدرت إنتاجية المادة الجافة. كما أخذت عينـات مـن جذور البرسيم لتسجيل عدد العقد البكتيرية في النبات ، وزن العقد البكتيرية وكفـاءة تثبيـت النيتروجين الجوي. تم تقدير اختزال الأستيلين من جذور البرسيم الحجازي بالطريقـة التـي وصفها Hume et al. (1976)

التجربة الحقلية

أجريت تجربة حقلية لمقارنة تأثير التسميد البيولوجي والكيميائي على محصول الأرز الحساوي. زرع الأرز الحساوي والبرسيم الحجازي في دورة ثنائية. أجريت هـذه التجربـة بإحدى حقول محطة التدريب والأبحاث الزراعية. احتوت هذه التجربة على المعاملات التالية :

زراعة الأرز بعد تلقيحه بسلالة تجارية.
زراعة الأرز بعد تلقيحه بسلالة البكتيريا المنتخبة.
زراعة الأرز مع التسميد بالنيتروجين (٤٠ كيلوجرام نيتروجين/هكتار).
زراعة الأرز بدون تسميد.
زراعة الأرز في دورة مع البرسيم الحجازي.

استخدم تصميم القطاعات كاملة العشوائية في تنفيذ هذه التجربة بعدد أربعة مكررات. زرع الأرز الحساوي بالبذور مباشرة بمعدل ٨٠ كيلو جرام/هكتـار ، والبرسـيم الحجـازي بمعدل ٥٠ كيلو جرام/هكتار. تم ري المحصول بنظام الري السطحي للمحافظة على ارتفـاع أربعة سنتيمتر من المياه في القطع التجريبية للأرز. أضيف السماد النيتروجيني فـي مرحلـة تكوين الخلف. أما التسميد البيولوجي فأضيفت البكتيريا مع البذور عند الزراعة.

عند بداية اصفرار أوراق الأرز الحساوي أخذت عينة عشوائية من النباتـات تمثـل نباتات متر مربع من كل قطعة تجريبية لقياس ارتفاع الساق ، عدد الخلف ، مساحة الورقـة العلم ، محتوى الكلوروفيل ، عدد السنابل في النبات. وعندما بلغت رطوبـة الحبـوب ١٥% حصدت نباتات الأرز في جميع القطع التجريبية ودرست يدوياً للحصول على عدد الحبـوب في السنبلة ووزن المائة الحبة ، ومن ثم قدرت إنتاجية الحبوب للنبات.

أما بالنسبة للبرسيم الحجازي تم قطع النباتات في القطع التجريبيـة عنـدما أزهـرت ١٠% من النباتات وبعد القطع مباشرة وزن المحصول وأخذت عينة عشوائية وزنها ٥٠٠ جم للمعمل سجلت منها بيانات ارتفاع الساق ، عدد السيقان ، مساحة الورقة، محتوى الكلوروفيل ، الوزن الرطب. وجففت العينة عند درجة حرارة ٨٠°م لمدة ٢٤ ساعة ، ومن ثـم قـدرت إنتاجية المادة الجافة. كما أخذت عينات من جذور البرسيم لتسجيل عدد العقد البكتيريـة فـي النبات ، وزن العقد البكتيرية وكفاءة تثبيت النيتروجين الجوي. تم تقدير اختزال الأستيلين من جذور البرسيم الحجازي بالطريقة التي وصفها Hume et al. (1976).

أجري التحليل الإحصائي (SAS, 1990) حسب التـصميم المـستخدم. كمـا تمـت المقارنة بين المتوسطات باستعمال اختبار أقل فرق معنوي وبمستوى معنوية (٠,٠٥).

بعد حصاد المحاصيل أخذت عينات عشوائية من التربة لتحديد الخـواص الفيزيائيـة والكيميائية بعد الزراعة اشتملت تحاليل عينات التربة علـى الخـواص التاليـة: التوصـيل الكهربي، الأس الهيدروجيني ، المادة العضوية ، النيتروجين الكلي ورطوبة التربة.

تم تقدير المادة العضوية حسب طريقة Walky Black كما ذكرها (Nelson and Sommers, 1982). وزنت ٠,٥ .

كما تم تقدير النيتـروجين الكلـي باسـتخدام طريقـة كلـدهال (Bremmer and Mulvaney 1982).

حسبت كمية النيتروجين العضوي المثبت من قبل البرسيم الحجازي بطريقة الفـرق الممتد (Stulpnagel, 1982) حيث استخدمت المعادلة التالية:

$$F_{ixed} = L_{egume} - N_{\text{ in unfertilized rice}}$$

وبعد حصاد البرسيم الحجازي أخذت عينات التربة من العمق (صـفر و٩٠سـم) ، جمعـت النماذج الترابية وجففت هوائياً وطحنت يدوياً باستخدام الهون الخزفي ثم نخلت بمنخل ٢ ملـم لغرض التحليل الكيميائي ثم قدر محتوى نترات النيتـروجين فوتومتريـاً باسـتخدام جهـاز Autoanalyzer.

طريقة اختزال الأستيلين

بدأ استعمال هذه الطريقة منذ عام ١٩٦٦م في تقدير قدرة البكتيريا العقدية على تثبيت النيتروجين الجوي. هذه الطريقة من أكثر الطرق استخداماً لقياس نشاط إنزيم النيتروجينيـز. وتتلخص هذه الطريقة في وضع العينة النباتية في وعاء مناسب مقفول مثل زجاجة السيرم أو حقنة البلاستيك ، ثم تحقن بغاز الإسيتلين ، ثم تحضن على درجة ٢٥ - ٣٠°م لمـدة ٣٠ – ٦٠ دقيقة ، بعد ذلك تقاس كمية الإثيلين المتكونة من غاز الأستيلين بواسـطة جهـاز Gas liquid chromatography.

وحسبت كمية الإثيلين التي تكونت في الساعة $\mu moles\ C_2H_2/hr$ من المعادلة:

$$C_2H_2 \text{ sample Cu} \times \frac{\text{Vol. gas in sample container}}{\text{Vol. injected into CLC}} \times \text{assay time hr} \times k$$

$$C_2H_2 \text{ blank Cu} \times \frac{\text{Vol. gas in blank container}}{\text{Vol. injected into CLC}} \times \text{assay time hr} \times k$$

Where:

Cu = Chart units used to measure peak height.

Blank = Sample container with added C2H2 only.

K = Conversion factor obtained using a standard C2H2 gas mixer to calibrate the CLC.

ويمكن مقارنة عملتي الاختزال في حالتي النيتروجين والأسيتلين كالآتي:

$$N \equiv N + 6H^+ + 6e \rightarrow 2NH_3$$

$$3CH \equiv CH + 6H^+ + 6\,e \rightarrow 3CH_2 = CH_2$$

وبما أن تثبيت جزئ من النيتروجين يعادل اختزال ٣ جزيئات من الأسيتلين، وعليـه فقد قسمت كمية الأستيلين المختزلة على ٣ لمعرفة كمية النيتروجين المثبتة.

تقدير كفاءة تثبيت النيتروجين

تم تقدير كفاءة تثبيت النيتروجين بطريقـة اختـزال الأسـتيلين (The acetylene reduction assay) في جذور البرسيم الحجازي التي وصفها (Hume et. al., 1976).

أجري التحليل الإحـصائي باسـتخدام (GLM) The General Linear Models procedure (SAS Institute, Inc., 1990) ، كما تمت المقارنة بين المتوسطات باستخدام اختبار أقل فرق معنوي ومستوى معنوية 5%.

النتائج والمناقشة

خواص التربة

تشير النتائج المبينة في جدول ٢ إلى تشابه ترب المواقع المختلفة بمنطقتي المطيرفـي والشقيق في قوامها ، ويمكن تصنيفها حسب القوام إلى رملية طميية وتظهر جميـع المواقـع سيادة للرمل على المكونات المعدنية الأخرى. أما ترب مناطق الكلابية والبطاليـة وجليجلـة والقرين فتظهر انخفاضاً ملحوظاً في محتواها من الرمل وتتراوح بين طميية إلى طميية رملية مع ملاحظة سيادة التربة الرملية الطميية.

تبين الجداول من ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦ ، ٧ بعض الخواص الكيميائية الأولية لعينات الترب التي عزلت منها الرايزوبيا بمنطقة الأحساء.

تعتبر ترب منطقة الأحساء في المتوسط العام منخفضة في ملوحتها حيث تراوحت بين ١,١٢ و٦,٢٩ ديسمينز/م مع ارتفاع في قيم ترب القرين (جدول ٣) ، ومن الجانب الآخـر تظهر أراضي منطقة المطيرفي انخفاضاً كبيراً في الملوحة يصل إلى ١,١٢ ديسمينز ، ممـا يعني انخفاضاً كبيراً في مستوى الأملاح الذائبة. كما أوضحت نتائج التحليل الكيميائي للتربـة أن الأس الهيدروجيني لكل الترب يميل إلى القلوية الحقيقية بمتوسط ٧,٤٥ للمطيرفي و٧,٦١ للشقيق و٧,٤١ للكلابية و٧,٥٢ للبطالية و٧,٤٩ لجليجلة و٧,٥٢ للقرين .

جدول ٢. التوزيع الحجمي لحبيبات التربة في العينات المختلفة.

المنطقة	رقم العينة	قوام التربة	التوزيع الحجمي لحبيبات التربة		
			الطين	الطمي	الرملي
المطيرفي	M-1	رملية طميية	١٠,٢	٢٦,٢	٦٣,٦
	M-2	رملية طميية	١٢,٤	٢٤,١	٦٣,٥
	M-3	رملية طميية	١١,٦	٢٤,٣	٦٤,١
	M-4	رملية طميية	١٠,٦	٢٧,٤	٦٢,٠
	M-5	رملية طميية	١٢,٦	٢٤,٢	٦٣,٢
الشقيق	S-1	رملية طميية	١١,٢	٢٥,٦	٦٣,٢
	S-2	رملية طميية	١٣,٢	١٩,٦	٦٧,٢
	S-3	رملية طميية	١٠,٨	٢٩,٦	٥٩,٦
	S-4	رملية طميية	١٠,٤	٢٨,١	٦١,٥
	S-5	رملية طميية	٩,٦	٢٣,٢	٦٧,٢
الكلابية	K-1	طميية رملية	١٠,٢	٤٨,٢	٤١,٦
	K-2	طميية رملية	١٢,٦	٦٠,٢	٢٧,٢
	K-3	طميية رملية	١٠,٢	٥٠,٦	٣٩,٢
	K-4	طميية رملية	١٢,٦	٥٠,٢	٣٧,٢
	K-5	طميية رملية	١٣,١	٥٠,٦	٣٦,٣
البطالية	B-1	طميية رملية	٢٠,٦	٦١,٢	١٨,٢
	B-2	طميية	١٤,١	٧٤,٢	١١,٧
	B-3	طميية	١٩,٦	٧٧,١	٣,٤
	B-4	طميية رملية	١٠,٦	٥٩,٢	٣٠,٢
	B-5	طميية رملية	٨,٤	٦١,٦	٣٠,٠
جليلجة	G-1	طميية رملية	١٤,٢	٥٧,٦	٢٨,٢
	G-2	طميية رملية	١٤,١	٦٣,٤	٢٢,٥
	G-3	طميية رملية	١٩,٦	٦٠,٧	١٩,٧
	G-4	طميية رملية	١٤,٦	٥٢,١	٣٣,٣
	G-5	طميية	١٥,٢	٦٠,٦	٢٤,٢
القرين	Gr-1	طميية رملية	١٠,٦	٥٣,٢	٣٦,٢
	Gr-2	طميية رملية	١٤,٢	٥٣,٢	٣٢,٦
	Gr-3	طميية رملية	١٠,١	٥٤,٢	٣٥,٧
	Gr-4	طميية رملية	١٠,٢	٥٦,٢	٣٣,٦
	Gr-5	طميية رملية	١٨,٤	٤٨,٢	٣٣,٤

أشارت النتائج (جدول ٤) إلى انخفاض محتوى المادة العضوية في التربة لكل المواقع التي درست حيث كان متوسط النسب ١,٦٤% للمطيرفي ، ١,٤٧% للشقيق ، ١,٠٣% للكلابية ، ٠,٩٢% للبطالية ، ٠,٩٩% لجليجلة ، ٠,٩٣% لمواقع القرين ، وهناك درجة كبيرة من التباين يمكن ملاحظتها في ترب منطقة الأحساء. وقد تبين من قطاعات التربة في البطالية وجليجلة والقرين تدني منتظم في القيم مقارنة بالقيم التي تم الحصول عليها من ترب المطيرفي والشقيق الكلابية. وتحتوى ترب البطالية والقرين على الحد الأدنى الحرج للمادة العضوية الذي ذكره Brar and Sidhu (1984) في الدراسة التي أجريت على التسميد النيتروجيني للأرز. والعكس من ذلك فإن ترب المطيرفي أعلى من القيمة الحرجة مما يدل على أن هناك اختلاف معنوي في استجابة الأرز في المواقع المختلفة للتسميد النيتروجيني إذا كانت القيم الحرجة التي ذكرها Brar and Sidhu (1984) قابلة للتطبيق. كما أظهرت النتائج وجود ارتباط معنوي جداً بين المادة العضوية والنيتروجين الكلي للترب في المواقع المختلفة (المطيرفي r = 0.86 ، الشقيق r = 0.72 ، الكلابية r = 0.83 ، البطالية r = 0.75 ، جليجلة r = 0.84 والقرين r = 0.77). ويدل ذلك أن النيتروجين الكلي في هذه الترب موجود بنسبة عالية بالمادة العضوية (Bermner and Mulvaney, 1982). كما أن هناك ارتباط معنوي جداً بين الفسفور الذائب والمادة العضوية لترب المطيرفي والشقيق (r = 0.73) والكلابية (r = 0.71) وجليجلة (r = 0.68) والقرين (r = 0.65) وليس لترب البطالية (r = 0.31) ، مما يشير إلى أن المادة العضوية لترب المطيرفي والشقيق والكلابية وجليجلة والقرين يمكن أن تكون هي المسئولة عن تحرير جزء معنوي من الفسفور الذائب.

تراوحت نسبة النيتروجين الكلي في التربة (جدول ٤) بين ٢,٣٨% - ٣,٦٩% (المطيرفي) و١,٨٦% - ٣,٢٧% (الشقيق) و١,٠١% - ١,٤٢% (الكلابية) و٠,٥٦% – ١,١٧% (البطالية) و٠,٨٣% - ٠,٩٤% (جليلة) و٠,٨٩% - ١,١٠% (القرين). ويلاحظ ارتفاع الحد الأدنى لنسبة النيتروجين في منطقة المطيرفي ولكن القيم المتحصل عليها متقاربة في المناطق الأخرى.

تظهر نتائج تحليل التربة (جدول ٥) تركيز الفوسفور الذائب في المواقع المختلفة ، حيث تراوح في منطقة المطيرفي بين ٣,٨٧ – ٥,٢١جزء في المليون بمتوسط ٤,٦٩ جزء في المليون ، وفي منطقة الشقيق بين ٤,٦١ – ٧,١٤ جزء في المليون بمتوسط ٥,٦٨ جزء في المليون ، وفي منطقة الكلابية بين ٤,٠٢ – ٦,٢١ جزء في المليون بمتوسط ٤,٦٦ جزء في المليون ، وفي منطقة البطالية تراوح بين ٢,٣١ – ٥,٠٨ جزء في المليون بمتوسط ٣,٤٥ جزء في المليون ومناطق جليجلة بين ١,٢٧ – ٣,٨٣ جزء في المليون بمتوسط

٣,٠٩ جـزء في المليون ، كما تتراوح تركيز الفوسفور الذائب في مناطق القرين بـين ٤,٠١ – ٦,٢١ جزء في المليون بمتوسط ٥,٠٦ جزء في المليون . وبالرغم من أن نتـائج تحليـل التربة بمنطقة الشقيق أظهرت معدلاً عالي للفوسفور الذائب ، فإن ذلك لا يعني انعدام تثبيـت الفوسفور مما يؤدي إلى استجابة ملحوظة للتسميد الفوسفاتي .

تتراوح قيم البوتاسيوم الـذائب فـي منطقـة الأحـساء فـي المتوسـط مـا بـين ٠,٢٦٨ملليمكافئ/لتر لترب منطقة الكلابية كحد أدنى و ٠,٩٤٦ ملليمكافئ/لتر لترب منـاطق القرين مع الأخذ في الاعتبار أن التباين بين هذه الترب يظل متماثلاً. وعموماً فـإن تركيـز بوتاسيوم التربة في الترب التي تحتوي على نسبة من الجير قد يكون من العوامـل المحـددة للإنتاج .

كما يتبين من النتائج (جدول ٦) أن محتوى تربة منطقـة الأحـساء مـن عناصـر الماغنسيوم والصوديوم تتراوح على التوالي بين ٢,٤-١١,٨ و١١,٧-٢٣,٠ ملليمكافئ/لتـر. بينما يوضح جدول ٧ أن محتوى التربة فـي ذات المنطقـة مـن البيكربونـات والكلوريـد والكبريتات يتراوح على التوالي بين ١,٧-٨,٢ و ٧,٨-٢٨,٦ و٣,٩-١٤,٣ ملليمكافئ/لتـر ، ويعني ذلك أن معظم الملوحة المتواجدة بالتربة تعزى لأملاح الكلوريد التي يـسهل الـتخلص منها.

جدول ٣. الأس الهيدروجيني والتوصيل الكهربي للتربة في مناطق مختلفة من منطقة الاحساء (متوسط ١٠ عينات).

المنطقة	رقم العينة	الأس الهيدروجيني (pH)	التوصيل الكهربي (ديسمينز/م)
المطيرفي	M-1	٧,٣٢	١,١٢
	M-2	٧,٥٦	١,٢٣
	M-3	٧,٤١	١,٤٣
	M-4	٧,٤٦	١,٢٢
	M-5	٧,٥٢	١,٤٢
الشقيق	S-1	٧,٨٢	٣,٤١
	S-2	٧,٥١	١,٩٣
	S-3	٧,٦١	٢,٥١
	S-4	٧,٤٠	٢,٦٠
	S-5	٧,٧٣	١,٩٠
الكلابية	K-1	٧,٤٠	٢,٤٦
	K-2	٧,٥٢	١,٨٤
	K-3	٧,٧٣	٣,٤١
	K-4	٧,٤١	٢,٣٠
	K-5	٧,٣٢	١,٨١
البطالية	B-1	٧,٦١	١,٦٦
	B-2	٧,٣١	٢,١٠
	B-3	٧,٥٢	٢,٨٤
	B-4	٧,٦٠	١,٦٦
	B-5	٧,٥٥	١,٧٣
جليلجة	G-1	٧,٥٢	١,٥٢
	G-2	٧,٥٢	١,٦٨
	G-3	٧,٤٠	٢,١٠
	G-4	٧,٦١	١,٨٠
	G-5	٧,٤١	٣,٢٠
القرين	Gr-1	٧,٣١	٤,٢١
	Gr-2	٧,٥٠	٥,٣٦
	Gr-3	٧,٤٥	٦,٢٩
	Gr-4	٧,٦١	٤,٩٠
	Gr-5	٧,٧٣	٣,١١

جدول ٤. محتوى التربة في مناطق مختلفة من منطقة الاحساء من المادة العضوية والنيتروجين الكلي ونسبة الرطوبة (متوسط ١٠ عينات).

المنطقة	رقم العينة	المادة العضوية	النيتروجين الكلي	الرطوبة
		---------- % ----------		
المطيرفي	M-1	١,٨٣	٢,٣٨	٩,٦٤
	M-2	١,٦٤	٢,٧٦	٧,٦٢
	M-3	١,٤٢	٣,٣٤	٧,٢١
	M-4	١,٧٢	٣,٦١	٩,٤٨
	M-5	١,٥٨	٣,٦٩	٧,٨٧
الشقيق	S-1	١,٦٨	٣,٢٧	٦,١١
	S-2	١,٣٦	٢,٢٦	٧,١٢
	S-3	١,٤٧	٢,٩٦	٨,٤١
	S-4	١,٥٤	١,٨٦	٨,٩٧
	S-5	١,٣٢	١,٨٦	٨,٩٧
الكلابية	K-1	١,٠٢	١,١٩	٥,٢٨
	K-2	٠,٩٥	١,٠١	٦,٦٦
	K-3	١,٠٩	١,٣٣	٦,١١
	K-4	٠,٩٧	١,٠٩	٥,٦٤
	K-5	١,١٣	١,٤٢	٥,٣١
البطالية	B-1	٠,٨٥	٠,٥٦	٤,٦١
	B-2	٠,٨٩	٠,٧١	٣,٥٦
	B-3	٠,٩٥	٠,٩٢	٤,٣٦
	B-4	٠,٩٤	١,٠١	٥,٩١
	B-5	١,٠٤	١,١٧	٣,٦١
جليلجة	G-1	١,٠١	٠,٩٢	٥,٥٢
	G-2	١,٠٤	٠,٩٤	٥,٦٣
	G-3	٠,٩١	٠,٨٣	٤,٩٠
	G-4	١,٠١	٠,٩٣	٤,٨١
	G-5	٠,٩٨	٠,٨٦	٤,٩٥
القرين	Gr-1	٠,٩١	١,٠٣	٤,٢٥
	Gr-2	٠,٩٦	١,٠٥	٣,٤١
	Gr-3	٠,٨٢	٠,٨٩	٥,٢١
	Gr-4	٠,٩٨	١,١٠	٤,٦٢
	Gr-5	٠,٩٢	١,٠٤	٤,٠١

جدول 5. محتوى التربة في مناطق مختلفة من منطقة الاحساء مـن عناصـر الكالـسيوم والبوتاسيوم والفسفور (متوسط ١٠ عينات).

المنطقة	رقم العينة	الكالسيوم	البوتاسيوم	الفسفور
		ملليمكـافئ/ لتـ ـ ـر		جزء في المليون
المطيرفي	M-1	١٦,٢	٠,٣٢	٤,١٣
	M-2	١٨,٢	٠,٤٦	٥,٠٤
	M-3	١٨,٦	٠,٤١	٥,٢١
	M-4	١٥,٦	٠,٢٩	٣,٨٧
	M-5	١٩,٦	٠,٤١	٥,٢١
الشقيق	S-1	٣,٧	٠,٢٩	٤,٦٦
	S-2	١٤,٢	٠,٢٦	٦,٥١
	S-3	٤,٠	٠,٣٨	٥,٤٦
	S-4	٣,٨	٠,٤٢	٤,٦١
	S-5	٧,٢	٠,٤١	٧,١٤
الكلابية	K-1	٢٩,١	٠,٣١	٤,٦٢
	K-2	٩,١	٠,٣١	٤,١٢
	K-3	١٠,٢	٠,٢٧	٦,٢١
	K-4	٤,٦	٠,٢٤	٤,٠٢
	K-5	٥,٣	٠,٢١	٤,٣٢
البطالية	B-1	١١,٦	٠,٣٨	٣,٢١
	B-2	١٤,٢	٠,٥٣	٥,٠٨
	B-3	١٥,٦	٠,٣٦	٢,٧٦
	B-4	٩,١	٠,٢٧	٢,٣١
	B-5	٣,٨	٠,٣١	٣,٨٨
جليلجة	G-1	١٣,٦	٠,٤٢	١,٢٧
	G-2	٨,٩	٠,٣٩	٣،٧٢
	G-3	١٤,٢	٠,٢٩	٣,٤٢
	G-4	١٨,٣	٠,٣٦	٣,٢١
	G-5	١٣,١	٠,٢٧	٣,٨٣
القرين	Gr-1	٢٣,٦	١,٤٢	٤,٦١
	Gr-2	٥,٧	٠,٣٩	٦,٢١
	Gr-3	٢٣,٩	١,٢١	٥,٢١
	Gr-4	٦,٨	٠,٣٩	٥,٢٤
	Gr-5	١٩,١	١,٣٢	٤,٠١

جدول ٦. محتوى التربة في مناطق مختلفة من منطقة الاحساء من عناصـر الماغنـسيوم والصوديوم (متوسط ١٠ عينات).

المنطقة	رقم العينة	الماغنسيوم	الصوديوم
		ملليمكـ ـافئ/ لتـ ـ ـ ـ ـ ـ ـ ـر	
المطيرفي	M-1	٣,٦	١٥,٢
	M-2	٧,٥	٢٣,٠
	M-3	٧,٤	٢٢,٦
	M-4	٣,٢	١٤,٧
	M-5	٧,٨	٢١,٧
الشقيق	S-1	٨,٣	١٦,٧
	S-2	٦,٣	١٤,٦
	S-3	٤,٢	١٩,٦
	S-4	٤,٠	١٩,٠
	S-5	٤,٢	١٦,٢
الكلابية	K-1	١١,٨	١٩,٦
	K-2	٤,٨	١٩,٢
	K-3	١٠,٢	١٨,٧
	K-4	٤,٢	١٣,٦
	K-5	٣,١	١١,٧
البطالية	B-1	٣,١	١٢,٨
	B-2	٩,١	١٧,٢
	B-3	٧,٨	١٨,٢
	B-4	٢,٩	١٣,٢
	B-5	١,٧	١٥,٥
جليلجة	G-1	٣,٢	٢٠,٦
	G-2	٤,٥	١٥,٣
	G-3	٦,٢	١٥,٣
	G-4	٢,١	١٣,٢
	G-5	٦,١	١٢,٣
القرين	Gr-1	٣,٧	١٢,٦
	Gr-2	٢,٤	١٩,٢
	Gr-3	٥,٦	٢٢,٦
	Gr-4	٢,٨	١٤,٦
	Gr-5	٤,٢	١٩,٢

جدول ٧. محتوى التربة في مناطق مختلفة من منطقة الأحسـاء من البيكربونات والكلوريد والكبريتات (متوسط ١٠ عينات).

المنطقة	رقم العينة	البيكربونات	الكلوريد	الكبريتات
		ملليمكـ ـافئ/ لتـ ـ ـ ـ ـ ـ ـ ـر		
المطيرفي	M-1	٢,١	١٩,٢	٣,٩
	M-2	٢,١	٢٥,٠	٤,٣
	M-3	١,٩	٢٤,٦	٤,٤
	M-4	١,٧	٢٢,٣	٥,٧
	M-5	٢,٤	٢٥,٢	٦,١
الشقيق	S-1	٣,٩	٢٠,٢	١١,١
	S-2	٣,٦	٢٤,١	١٢,٩
	S-3	٣,٩	٢٤,٦	١٤,٣
	S-4	٣,٦	٢٠,٥	١٢,٥
	S-5	٤,٢	٢١,٢	١٣,٧
الكلابية	K-1	٥,١	١٢,٧	١٤,٣
	K-2	٤,١	١٥,٤	١٢,٧
	K-3	٤,٢	١٤,٩	١٣,١
	K-4	٤,١	١٥,٣	١١,١
	K-5	٤,٢	١٦,٢	١٢,١
البطالية	B-1	٦,٧	١٣,٨	٩,٥
	B-2	٤,٢	١٤,٣	٨,١
	B-3	٥,٤	١٥,٣	٩,٣
	B-4	٣,١	١٢,١	٨,٩
	B-5	٣,١	١٧,٥	٧,٨
جليلجة	G-1	٣,٩	١٤,٨	٦,٠
	G-2	٢,٦	١٣,٢	٥,١
	G-3	٤,٣	١٠,٢	٥,٣
	G-4	٥,٢	١٢,٨	٤,٨
	G-5	٣,٨	١٠,٢	٦,١
القرين	Gr-1	٥,٨	١٨,٢	٧,١
	Gr-2	٣,٩	١٦,٧	٥,٧
	Gr-3	٧,٢	١٥,٠	٥,٢
	Gr-4	٣,٩	١٧,٢	٧,٤
	Gr-5	٥,١	٢٠,٢	٨,٦

التقدير العددي للأجناس المثبتة للنيتروجين الجوي في ترب المواقع التي شملتها الدراسة

تبين نتائج التقدير العـددي للجنس رايزوبيوم وازورايزوبيوم في التربة (جـدول ٨) أن جميع المواقع تحتوي على هذه الأجناس المثبتة للنيتروجين بكثافة عالية وخاصة في تـرب منطقة المطيرفي ويعني ذلك توفر اللقاح اللازم لإكمال عملية تثبيت النيتروجين الجـوي فـي جميع المناطق ما عدا بعض المواقع في منطقة البطالية التي خلت تماماً من هـذه الأجنـاس. عزلت مستعمرات البكتيريا ونقيت وصنفت ونتائج ذلك التصنيف مبينة في الجدول ٩. وتقـع هذه العزلات البكتيرية في ٧ مجموعات ، أكثرها انتشاراً فـي المنـاطق المختلفـة وهـي: *Azorhizobium.* و*Rhizobium leguminosarum* و *R. meliloti* و*R. trifolii*.

جدول ٨. العدد الكلي للرايزوبيوم المعزولة من عينات التربة في المناطق المختلفة

المنطقة	رقم العينة	العـــــدد	
		المـدى	المتوسط (١٠ عينات)
		$(CFU/g) \times 10^5$	
المطيرفي	M-1	٧٠-٤٠	١,٤ ± ٥٣,٦
	M-2	٢٣-٩	٠,٨±١٦,٥
	M-3	٢٤-١٥	٢,٠±١٨,٣
	M-4	٥٢٠-١٢٠	٦,٩±٣١٧,٤
	M-5	٥٣-٢١	١,٤±٣٥,١
الشقيق	S-1	٤٥-١٩	٢,٠±٣٢,١
	S-2	٢٢-٩	٠,٦±١٤,٨
	S-3	١٠٩-٧٦	٣,٧±٨٧,٥
	S-4	٦٥-٣٢	٣,٧±٤٨,٣
	S-5	٥٣-٢٥	١,٣±٣٤,٣
الكلابية	K-1	٢٢-٨	٠,٢±١٣,٥
	K-2	٤٩٠-١٠٢	٧,٩±٢١٥
	K-3	٦٢-٣٨	١,٥±٥١,٦
	K-4	٦-٢	٠,٢±٣,٢
	K-5	٤٣-١٧	٠,٩±٢٤,٧
البطالية	B-1	صفر	صفر
	B-2	٢٠-١١	١,٧±١٣,٧
	B-3	٣٠-١٣	٢,٣±٢١,٥
	B-4	٩٠-٣٢	١,٤±٥٦,٤
	B-5	٥٠-٢٦	١,٨±٣٥,٧
جليلجة	G-1	٤٩-٢٢	١,٢±٣٠,٩
	G-2	٩٠-٣٥	٤,٨±٦٠,١
	G-3	٣٤-١٢	٢,٦±٢٢,٧
	G-4	٥٢-٢١	٣,٢±٣٨,٢
	G-5	١٨٦-٣٤	٤,٥±٩٧,٤
القرين	Gr-1	٤٨-١٦	١,٤±٣٠,٩
	Gr-2	٨٠-٣٩	٣,١±٥٢,٢
	Gr-3	صفر-١٨	٠,٩±١٠,٦
	Gr-4	٤٢-١٥	١,٢±٢٩,١
	Gr-5	٢٠,٤٨	١,٤±٣٢,١

جدول ٩. أنواع الرايزوبيا والأزورايزوبيا التي عزلت من تربة المناطق المختلفة بمنطقة الأحساء.

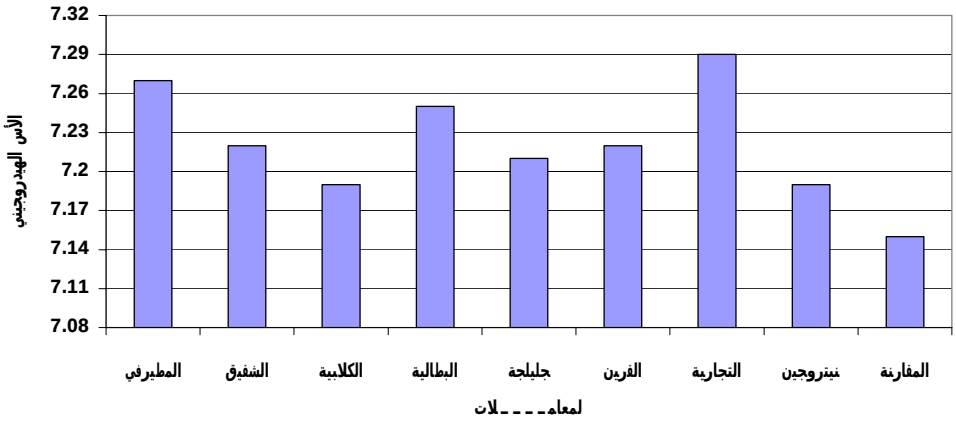
المنطقة	رقم العينة	*R. meliloti*	*R. trifolii*	*R. leguminosarum*	*R. phaseoli*	*Az. lupini*	*Az. japonicum*	*Az. sp.*
المطيرفي	M-1			+	+			+
	M-2							+
	M-3			+				+
	M-4	+	+	+			+	+
	M-5	+		+				+
الشقيق	S-1	+	+	+				
	S-2							+
	S-3	+		+				+
	S-4		+			+		
	S-5			+				
الكلابية	K-1							+
	K-2	+		+			+	
	K-3				+			+
	K-4	+	+					
	K-5	+		+				+
البطالية	B-1							
	B-2		+					
	B-3		+					
	B-4	+		+				
	B-5			+				+
جليلجة	G-1			+				+
	G-2	+	+	+				+
	G-3							+
	G-4		+	+				
	G-5	+	+	+				+
القرين	Gr-1							+
	Gr-2	+	+	+				+
	Gr-3		+					
	Gr-4	+		+				+
	Gr-5	+		+				+

تجربة الأرز

خواص التربة

الأس الهيدروجيني

يوضح الشكل ١ قيم الأس الهيدروجيني للتربة ومدى تأثير المعاملات عليه. ونلاحظ من هذا الشكل أن الأس الهيدروجيني لجميع الترب تراوح ما بين ٧,٥٥ (المقارنة) و٧,٧٢ (النيتروجين) ، ليس هناك سوى تغير غير معنوي في الأس الهيدروجيني نتيجة لتأثير التسميد البيولوجي والنيتروجيني. تؤدي الاختلافات في الأس الهيدروجيني للتربة بين المعاملات إلى تباين في توافر العناصر الغذائية لمحصول الأرز. لقد ارتفع الأس الهيدروجيني مع زيادة نسبة النيتروجين الكلي في التربة ولكن اختلاف الأس الهيدروجيني بمعدل منخفض ليس له تأثير معنوي على جهازية العناصر الغذائية في التربة.

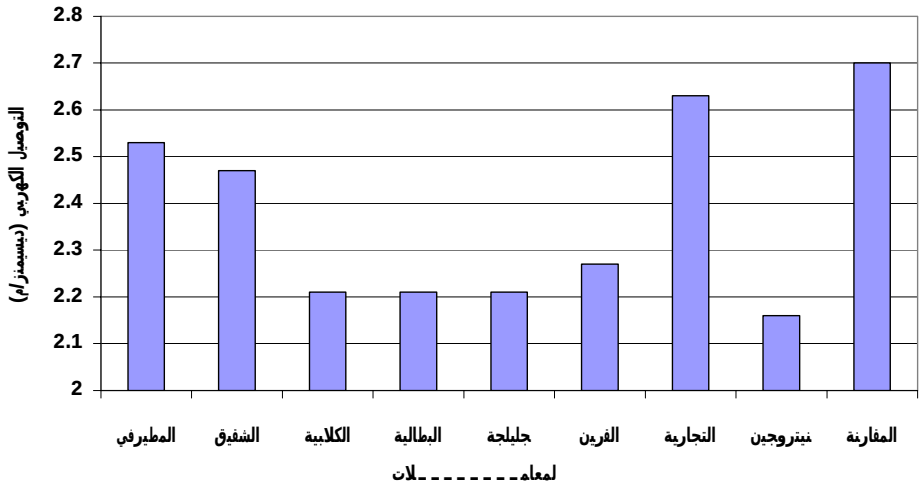


شكل ١ تأثير التسميد البيولوجي والنيتروجين على الأس الهيدروجيني للتربة بعد حصاد الأرز الحساوي

التوصيل الكهربي

يوضح الشكل ٢ وجود انخفاض ملحوظ في ملوحة التربة مع نهاية الموسم الزراعي الثاني للأرز ويعود ذلك إلى الري بمياه تتميز بانخفاض محتواها من الأملاح وتأثير ذلك على عملية غسل الأملاح وخاصة مع انخفاض درجة الحرارة داخل الصوبة والتالي انخفاض معدلات البخر – نتح.

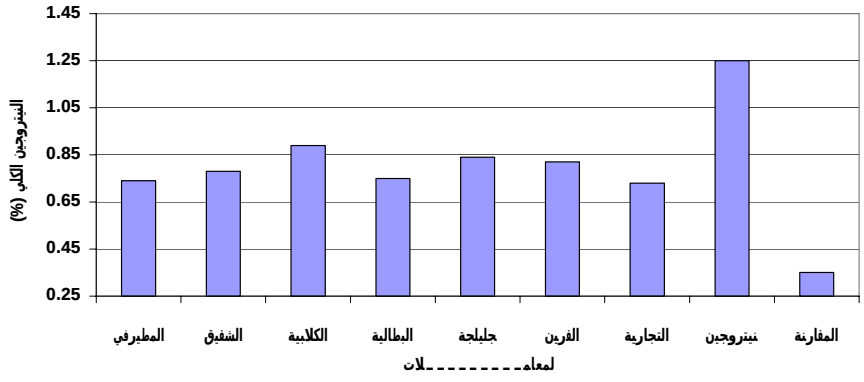
تراوحت الملوحة بين ٢,٠٩ ديسيمنز/م (النيتروجين) و٢,٤٩ ديسيمنز/م (المقارنة) وعليه تعتبر التربة منخفضة الملوحة. كما نلاحظ انخفاضاً للملوحة في جميع المعاملات مقارنة بما قبل الزراعة. اختلفت المعاملات في تأثيرها على ملوحة التربة ولكن لم تصل الفروق لمستوى المعنوية.



شكل ٢. تأثير التسميد البيولوجي والنيتروجين على التوصيل الكهربي للتربة

النيتروجين الكلي

يلاحظ من الشكل ٣ ارتفاع نسبة النيتروجين في الأصص التي تمت معاملتها بالنيتروجين وسلالات الكلابية وجليلجة والقرين حيث يضاف النيتروجين الجوي إلى التربة نتيجة تثبيته بواسطة بكتيريا Azorhizobium التي تعيش معيشة حرة بالتربة. وقد تفوقت المعاملات المذكورة على المقارنة بنسبة ١٦٧,٢% و١٢٠,٣% و١١٤,١% و١٠٩,٤% على التوالي ، كما تفوقت معاملة النيتروجين معنوياً على سلالة الكلابية بنسبة ٢١,٣% وعلى سلالة جليلجة بنسبة ٢٤,٨% والفروق بينها معنوية. يعود تفوق معاملة النيتروجين على بقية المعاملات لانخفاض كمية النيتروجين الناتج عن عملية تثبيت النيتروجين بواسطة البكتيريا والتي لا تكفي بحد ذاتها إلى تغطية احتياجات نمو وتطور المحصول.



شكل ٣. تأثير التسميد البيولوجي والنيتروجين على محتوى التربة من النيتروجين الكلي

أشارت هذه الدراسة إلى الزيادة المعنوية في نسبة النيتروجين نتيجة إلـى احتـ ـواء التربة على بكتيريا لها القدرة على تثبيت النيتروجين الجوي. كما دلت الدراسة على انخفاض معنوي في نسبة النيتروجين الكلي في التربة لدى استخدام السلالة التجارية مقارنة بالـسلالات المحلية ويعود ذلك إلى عدم تأقلمها على الخواص البيئية للتربة المستخدمة في الدراسة. تفوقت سلالة الكلابية معنوياً على السلالة التجارية بنسبة ١١,٩% في محتوى التربة من النيتروجين الكلي ، بينما تفوقت سلالتي جليلجة والقرين عليها بنسبة ٨,٧% و٦,٣% على التوالي.

صفات النمو

طول النبات

يتضح من جدول ١٠ اختلاف المعاملات معنوياً في طول نبات الأرز ، حيث تفـوق التسميد الكيميائي على بقية المعاملات ، إذ بلغ متوسـط طـول نبـات الأرز مـع التـسميد النيتروجيني ٨٦,٧ سم بزيادة قدرها ٢٠ سم عن طول نباتات الأرز في معاملة المقارنة. وقد يعزى الانخفاض الملحوظ في متوسط ارتفاع النبات في معاملة المقارنة إلى النقص الحاد فـي نيتروجين التربة. وقد تبين من خلال المتابعة أن نباتات الأرز في أخص معاملـة المقارنـة كانت باهتة اللون ولها سيقان قصيرة وانخفض ارتفاعها بنـسبة ٣٠,٦% و٢٢,٩% مقارنـة بارتفاع النبات مع سلالتي الكلابية وسلالة جليلجة على التوالي.

وأشارت البيانات في الجدول ١٠ أيضاً إلى أن إضافة النيتروجين تؤثر معنوياً علـى طول نبات الأرز ، حيث نلاحـظ أن نباتـات الأرز المزروعـة دون إضـافة النيتـروجين (المقارنة) قد سجلت أدنى معدلات الطول ، ويرجع ذلك إلى عوامـل بيئيـة تتعلـق بتـوفير عنصر النيتروجين في التربة والذي يلعب دوراً هاماً في زيادة معدل النمو الخضري للنبـات. ومن الجدير بالملاحظة أن الفروق بين طول النباتات مع استخدام سلالتي الكلابيـة وجليلجـة واستخدام التسميد الكيميائي منخفضة ولم تصل إلى مستوى المعنوية.

عدد الخلف

يبين الجدول ١٠ تأثير المعاملات على عدد الخلف في نبـات الأرز ، ويبـدو مـن الجدول أن هناك تأثير معنوي للتسميد البيولوجي والكيميائي على عدد الخلف حيث زاد عـدد الخلف نتيجة للتسميد مقارنة بعدم التسميد (المقارنة) الذي أدى إلى نقص فـي عـدد الخلـف المنتجة. وقد بلغ متوسط عدد الخلف ٨,١ عند التسميد النيتروجيني بزيادة بلغت ٩٧,٦% عن متوسط عدد الخلف في معاملة المقارنة ، بينما بلغ متوسط عدد الخلـف ٧,٦% مـع سـلالة

الكلابية و٧,٤% مع سلالة جليلجة بزيادة ٨٥,٤% و٨٠,٥% على التـوالي مقارنـة بعـدم استخدام التسميد البيولوجي (المقارنة) ، وقد يرجع السبب في زيادة عدد الخلف بعد التـسميد إلى توافر كميات مقدرة من النيتروجين في التربة لمحصول الأرز.

وقد أظهرت النتائج أيضاً التأثير المعنوي لإضافة النيتروجين لمحصول الأرز علـى عدد الخلف في النبات ، ومن الجدول ١٠ يتضح لنا أن عدد الخلف قد زاد بإضافة النيتروجين حيث أدى ذلك إلى زيادة عدد الخلف بنسبة ٦,٥٨% و٩,٤٦% و١٠,٩٦% مقارنة بالتـسميد البيولوجي باستخدام سلالات الكلابية ، جليلجة والقرين على التوالي. وقد حـصل انخفـاض ملحوظ في عدد الخلف نتيجة لعدم إضافة النيتروجين للأرز (المقارنة).

جدول ١٠. تأثير المعاملة بأنواع مختلفة من بكتيريا (Azorhizobium) على طول النبات وعدد الخلف في النبات ومساحة الورقة العلم لمحصول الأرز.

المعاملة	طول النبات (سم)	عدد الخلف في النبات	مساحة الورقة العلم (سم^2)
سلالة المطيرفي	٦٤,٣	٦,٧	٢١,٦
سلالة الشقيق	٧٠,٦	٧,١	٢١,٨
سلالة الكلابية	٧٩,٣	٧,٦	٢٣,٦
سلالة البطالية	٦٨,٤	٦,٨	٢١,٣
سلالة جليلجة	٧٥,٨	٧,٤	٢٢,٤
سلالة القرين	٧٣,٥	٧,٣	٢٢,١
السلالة التجارية	٦٤,٢	٦,٢	١٨,٦
المقارنة	٦٠,٧	٤,١	١٥,٩
النيتروجين	٨٦,٧	٨,١	٢٥,٧
أقل فرق معنوي (٠,٠٥)	٣,٢٧	٠,٤	١,٩

مساحة الورقة العلم

أشارت النتائج الخاصة بتأثير التسميد البيولوجي والكيميائي علـى متوسـط مـساحة الورقة العلم في نباتات الأرز (جدول ١٠) إلى تفوق التسميد الكيميائي في مساحة الورقة العلم والتي تزيد معنوياً من تلك التي أنتجتها نباتات الأرز عند التسميد البيولـوجي ، وقـد تفـوق

التسميد الكيميائي على التسميد البيولوجي باستخدام سلالات الكلابية والقرين والمطيرفي بنسبة ٧,٦١% و١٣,٧٩% و١٦,٠٢% على التوالي.

وبالنسبة لتأثير النيتروجين على مساحة الورقة العلم ، فإن جدول ١٠ يشير إلى التفوق المعنوي لإضافة النيتروجين بمعدل ١٠٠ كيلو جرام للهكتار على عدم إضـافة النيتـروجين (المقارنة) وقد أدت إضافة النيتروجين إلى زيادة ملحوظة بلغت ٤٩,٢٥% في مساحة الورقة العلم لنباتات الأرز مقارنة بعدم إضافته (المقارنة).

إنتاجية الأرز ومكوناتها

عدد السنابل

أظهرت النتائج في جدول ١١ أن التسميد البيولوجي والكيميائي قد أدى إلـى حـدوث فروق معنوية في عدد السنابل التي ينتجها نبات الأرز ، حيث كان هذا العدد أكبـر بالتـسميد الكيميائي عن بقية المعاملات وقد يرجع السبب في زيادة عدد السنابل في النبات كنتيجة لتأثير التسميد في رفع محتوى التربة من النيتروجين وتحسين خواص التربة الفيزيائية والكيميائيـة مما أتاح ظروف أفضل للنمو.

ولقد أظهرت هذه الدراسة تفوق التسميد النيتروجيني لنباتات الأرز في عدد الـسنابل على التسميد البيولوجي باستخدام سلالات الكلابيـة والقـرين والمطيرفـي بنـسبة ٤,٩٢% و٧,٨٩% و١٦,٣٧% على التوالي.

وقد أثرت إضافة النيتروجين معنوياً على عدد السنابل في النبات حيث أظهرت إضافة ١٠٠ كيلو جرام نيتروجين للهكتار تفوقاً ملموساً مقارنة بعدم إضافته (المقارنـة). لقـد بلـغ متوسط عدد السنابل في النبات ٣,٦٤ بدون إضافة السماد و٧,٢٥ مع إضافة ١٠٠ كيلو جرام نيتروجين للهكتار.

عدد الحبوب في السنبلة

تبين البيانات الموضحة في جدول ١١ التأثير المعنوي للتسميد البيولوجي والكيميـائي على عدد الحبوب في السنبلة. اختلفت هذه الصفة معنوياً بين المعاملات المدروسة ، حيـث تأثر عدد الحبوب في سنبلة الأرز معنوياً بالتسميد البيولوجي وكـذلك بإضـافة النيتـروجين (جدول ١١). وقد أشارت النتائج إلى زيادة عدد الحبوب فـي الـسنبلة عنـد تـسميد الأرز بالنيتروجين ، كما كان عدد الحبوب في السنبلة أعلى عند التسميد البيولوجي مقارنـة بعـدم التسميد (معاملة المقارنة). وقد زاد عدد الحبوب في السنبلة بنـسبة ٢,١٢% (علـى سـلالة

الكلابية) وبنسبة ٥,٦٥% (على سلالة القرين) وبنسبة ١٩,٣٦% (على السلالة التجاريـة). وقد يرجع السبب في هذه الزيادة إلى تأثير النيتروجين علـى خـواص التربـة الفيزيائيـة والكيميائية مما أدى إلى توفر العناصر الغذائية لنباتات الأرز. بالإضافة إلى ذلـك أظهـرت النتائج أقل عدداً للحبوب في السنبلة الواحدة في معاملة المقارنة، وقد يعزى السبب إلى ميـل نباتات الأرز لاستخدام ما يتوافر لها من نيتروجين في التربة في النمو الخضري كما تحـافظ على أقل عدد ممكن من الحبوب لضمان اكتمال نموها. كما تفوقت السلالات المحلية جميعها على السلالة التجارية في عدد الحبوب في السنبلة وقد تراوحت نسبة الزيـادة بـين ٤,٣% (مقارنة بسلالة المطيرفي) ١٦,٨٨% (مقارنة بسلالة الكلابية) ، وقد يعزى هذا التفوق إلـى تأقلم السلالات المحلية مع الظروف البيئية السائدة في ترب المنطقة.

أدت إضافة النيتروجين إلى زيادة معنوية في عدد الحبوب في السنبلة (جـدول ١١) ، حيث زاد عدد الحبوب في السنبلة مع إضافة النيتروجين بمعدل ١٠٠ كيلو جـرام للهكتـار مقارنة بعدم إضافته (معاملة المقارنة). وبلغ متوسط عدد الحبوب في الـسنبلة ١٤,٦١ فـي حالة عدم إضافة النيتروجين ٢٦,٩٤عند إضافة النيتروجين لمحصول الأرز.

وزن الألف حبة

أظهرت نتائج هذه الدراسة تبايناً واضحاً في وزن الألف حبة بين معاملات التسميد ، فقد تفوق معنوياً التسميد الكيميائي على تلك التي نالت التسميد البيولوجي (جدول ١١). يتضح من هذا الجدول أن وزن الحبة ارتفع بتسميد الأرز بالنيتروجين، حيـث أدت زراعتـه بعـد تسميده بالنيتروجين إلى زيادة وزن الحبوب بمقدار ١,٠٩% مقارنة بسلالة الكلابية وبنـسبة ١١,٨٩% مقارنة بالسلالة التجارية. وقد يعود السبب في هذه الزيادة إلى زيادة محتوى التربة من النيتروجين وتحسن خواص التربة عند التسميد الكيميائي للأرز الذي استفاد مما توافر لـه من عناصر غذائية ، كما نلاحظ من ذات الجدول عدم وجود اختلافات معنوية في وزن الألف حبة بين سلالات المطيرفي والشقيق والكلابية وجليلجـة والقـرين وكـذلك بـين سـلالات المطيرفي والشقيق والبطالية ولكنها جميعاً تفوقت معنوياً على السلالة التجارية وعدم التسميد. كما لوحظ وجود عدد من الحبوب الضامرة ، وقد يعزى ذلك إلى تكوين عدد كبير من الحبوب في السنيبلة أو لنقص في المساحة الورقية التي تقوم بعملية التمثيل الضوئي وإمـداد الحبـوب بالمواد النشوية خلال فترة امتلاء الحبة لكي تصل إلى حجمها الأقصى أو لكلا الـسببين فـي وقت واحد (Abou-Zeid et al., 1996) وقد ذكر الباحثان أن توفر النيتروجين يؤثر علـى العلاقة بين عدد الحبوب ووزن الحبة من خلال:

أ- ارتفاع القدرة على الاحتفاظ بعدد كبير من الحبوب في كل سنيبلة.

ب- تشجيع تكوين عدد كبير من الحبوب في السنيبلة وعدد من السنيبلات في السنبلة الواحدة.
ج. تشجيع تكوين عدد كبير من الخلف المنتجة في النبات الواحد.

وبهذه الطريقة ينتج عدد من المنابع التي تتنافس على المواد النشوية المنتجة في عملية التمثيل الضوئي وبالتالي ينخفض وزن الحبة.

أما بالنسبة لتأثير إضافة النيتروجين ، فقد أظهرت البيانات (جدول ١١) وجود تـأثير معنوي لإضافة النيتروجين على وزن الألف حبة ، وبناء على ذلك نجد أن إضافة النيتروجين قد تفوقت بنسبة ٥٦,٦% على عدم إضافته لمحصول الأرز.

جدول ١١. تأثير المعاملة بأنواع مختلفة من بكتيريا (Azorhizobium) على عدد السنابل في النبات وعـدد الحبوب في السنبلة ووزن الألف حبـة لمحصول الأرز.

المعاملة	عدد السنابل في النبات	عدد الحبوب في السنبلة	وزن ألف حبة (جم)
سلالة المطيرفي	٦,٢٣	٧٠,٥	٢٢,٦
سلالة الشقيق	٦,٣٨	٧٣,٢	٢٢,٨
سلالة الكلابية	٦,٩١	٧٨,٣	٢٣,٤
سلالة البطالية	٦,٣١	٧٢,٣	٢٢,٦
سلالة جليجلة	٦,٨٤	٧٦,٧	٢٣,١
سلالة القرين	٦,٧٢	٧٤,٦	٢٢,٩
السلالة التجارية	٥,٨٦	٦٨,٨	٢١,١
المقارنة	٣,٦٤	٦١,٩	١٨,٨
النيتروجين	٧,٢٥	٧٨,٩	٢٣,٦
أقل فرق معنوي (٠,٠٥)	٠,٣٦	٣,٢٥	١,٣٨

إنتاجية الحبوب

تشير النتائج المبينة في جدول ١٢ إلى أن جميع المعاملات قد أثـرت معنويـاً علـى إنتاجية الحبوب. لقد أدى التسميد النيتروجيني للأرز إلى زيادة معنوية في معـدل الإنتاجيـة مقارنة بعدم التسميد ومقارنة بالتسميد البيولوجي وقد تراوحت نسبة الزيادة بين ٧,٨٦% عنـد التسميد البيولوجي باستخدام سلالة الكلابية و٦٣,٨١ % باستخدام السلالة التجارية. كما تشير النتائج أيضاً إلى تباين معنوي بين السلالات المستخدمة في التسميد البيولوجي حيـث تفوقـت

جميع السلالات المحلية على السلالة المستوردة لتأقلمها مع الظروف البيئية المحلية. بـالرغم من الزيادة الملحوظة في إنتاجية الأرز عند التسميد بالسلالات المحلية ، إلا أن الإنتاجية عنـد التسميد بسلالات المطيرفي والبطالية كانت أقل معنوياً ، وقد يعزى ذلك إلى انخفـاض كميـة النيتروجين المثبت من هاتين السلالتين. أدت إضافة النيتروجين إلى زيادة معنوية في الإنتـاج نتيجة لارتفاع عدد السنابل في النبات وارتفاع وزن الألف حبة.

لقد أورد (Kalita and Sarmah, 1992) وجود اختلافات معنوية في إنتاجية الأرز ومكوناته نتيجة للعمليات الزراعية. وفي هذه الدراسة ، فقد استجاب الأرز الحساوي بدرجـة ملحوظة لمستوى النيتروجين في التربة سواء كـان ذلـك بإضـافة الأسـمدة الكيميائيـة أو البيولوجية. وتؤيد نتائج هذه الدراسة ما توصل إليه (Singh et al., 1983) الذين أوضـحوا استجابة الأرز لمدخلات الإنتاج وخاصة التسميد.

أوضحت النتائج أن جميع صفات النمو والإنتاجية ومكوناتها قد تفوقت عنـد تـسميد الأرز مقارنة بعدم تسميده ، ويعزى ذلك إلى تحسين خواص التربـة الفيزيائيـة والكيميائيـة (Yashida, 1981, Yanni et al., 1982, Nayak et al., 1986, Wang, 1986, Dingkuhn et al., 1987, Reddy and Kuladaivelu, 1992 and Abou-Zeid et al., 1996.

إنتاجية القش

يتضح من النتائج الواردة في جدول ١٢ ، وجود فروق معنوية عند مستوى 5% بين المعاملات في تأثيرها على إنتاجية القش. وكذلك أعطت النباتات التي سـمدت بـالنيتروجين أعلى إنتاجية مقارنة بالنباتات التي سمدت بيولوجياً. إن توافر النيتروجين في التربـة يـساعد على تكوين نباتات ذات نمو خضري وجذري جيد يساهم إلى حد كبيـر فـي زيـادة معـدل امتصاص العناصر الغذائية من التربة. لقد زادت إنتاجية القش بسبب تأثير التسميد البيولوجي مقارنة بالتسميد الكيميائي وخاصة عند استخدام السلالات الشقيق ، البطالية والمطيرفي ، حيث تفوقت هذه السلالات بنسبة ١٦,٠٨% و١٣,٧١% و١٢,٩٢% على التسميد الكيميائي ، بينما تفوقت سلالة الكلابية على السلالة التجارية بنسبة ٨,٩٥% ، كما أظهرت الدراسة اختلافـات معنوية بين السلالات المحلية في تأثيرها على إنتاجية القش حيث تفوقـت سـلالات الكلابيـة وجليجلة والقرين على بقية السلالات ويدل ذلك على ارتفاع كفاءتها في تثبيـت النيتـروجين الجوي.

ويلاحظ من ذات الجدول أن التسميد النيتروجيني قد ساعد في ارتفاع إنتاجية القـش ، حيث نجد أن النبات التي نالت تسميداً نيتروجينياً قد تفوقت في إنتاجيتها مـن القـش مقارنـة بالنباتات غير المسمدة بنسبة ٤٦,٢%.

معامل الحصاد

يتبين من جدول ١٢ أن المعاملات اختلفت معنوياً في تأثيرها على معامل الحـصاد ، حيث أعطى التسميد الكيميائي أعلى معامل للحـصاد ٠,٤٢ مقارنـة بالتـسميد البيولـوجي والمقارنة. لقد تفوق التسميد النيتروجيني في هذه الصفة بنسبة ٥% علـى سـلالة الكلابيـة وبنسبة ٤٤,٨٣% السلالة التجارية وربما يرجع ذلك إلى أن التسـميد النيتروجينـي يـوفر الكمية التي يحتاجها نبات الأرز في نموه وتطوره بينما لم يوفر التسميد البيولوجي سوى قـدر يسير من تلك الاحتياجات. تفوقت معنوياً جميع السلالات المحلية علـى الـسلالة التجاريـة ، وأعطت سلالة الكلابية معاملٍ أعلى من تلك التي أعطتها النباتات التـي سـمدت بيولوجيـاً بالسلالات الأخرى. وتفوقت سلالة الكلابية على السلالة التجارية بنـسبة ٣٧,٩٣% وعلـى سلالة المطيرفي بنسبة ٢٩,٠٣% وعلى سلالة الشقيق بنسبة ٢١,٢% وعلى سلالة البطاليـة بنسبة ٢٥% وعلى سلالة جليجلة بنسبة ٨,١١% وعلـى سـلالة القـرين بنـسبة ١١,١% ، ويعكس ذلك اختلاف السلالات فيما بينها في كفاءة تثبين النيتروجين.

كما يتبين من نفس الجدول أن السماد النيتروجيني بمعدل ١٠٠ كيلو جرام نيتـروجين للهكتار أدى إلى زيادة قدرها ١١٠% في معامل الحصاد مقارنة بعدم إضـافته. كمـا تفـوق التسميد البيولوجي على عدم استخدام التسميد بنسبة ١٠٠% (سلالة الكلابيـة) وبنـسبة ٥٥% (سلالة المطيرفي) وبنسبة ٦٥% (سلالة الشقيق) وبنسبة ٦٠% (سلالة البطالية) وبنسبة ٨٥% (سلالة جليجلة) وبنسبة ٨٠% (سلالة القرين) وأخيراً بنسبة ٤٥% (السلالة التجارية). ويعود السبب في ذلك إلى أن التسميد بنوعيه قد أدى إلى زيادة معـدلات نمـو الأرز وامتـصاصه للعناصر الغذائية.

جدول ١٢. تأثير المعاملة أنواع مختلفة من بكتيريا (Azorhizobium) على محصول الحبوب والقش ومعامل الحصاد لمحصول الأرز.

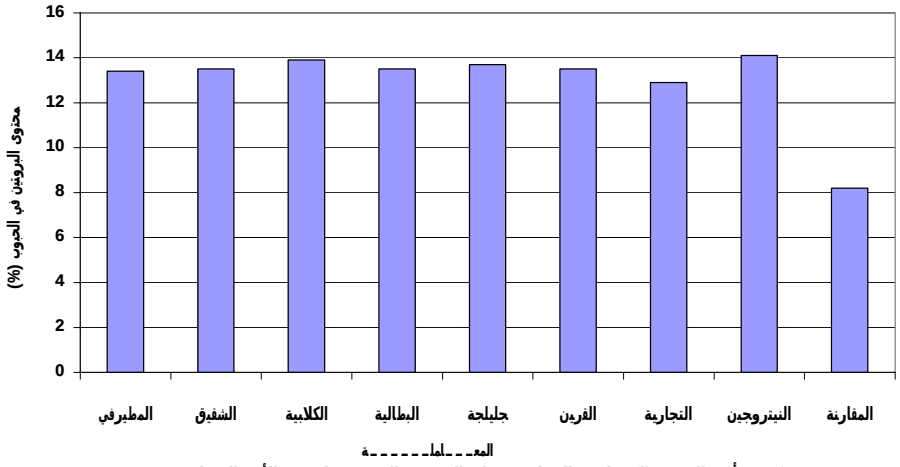
المعاملة	محصول الحبوب	القش	معامل الحصاد
	----- جم/نبات -----		
سلالة المطيرفي	٦,٤٤	١٤,٣٣	٠,٣١
سلالة الشقيق	٧,٢٦	١٤,٧٤	٠,٣٣
سلالة الكلابية	٨,٥٢	١٢,٧٨	٠,٤٠
سلالة البطالية	٦,٧٩	١٤,٤٣	٠,٣٢
سلالة جليجلة	٨,٣٠	١٤,١٣	٠,٣٧
سلالة القرين	٧,٨٦	١٣,٩٧	٠,٣٦
السلالة التجارية	٤,٦١	١١,٧٣	٠,٢٩
المقارنة	٢,١٧	٨,٦٨	٠,٢٠
النيتروجين	٩,١٩	١٢,٦٩	٠,٤٢
أقل فرق معنوي (٠,٠٥)	٠,٤٢	١,٨٢	٠,٠٨

المحتوى البروتيني والرطوبي لحبوب الأرز

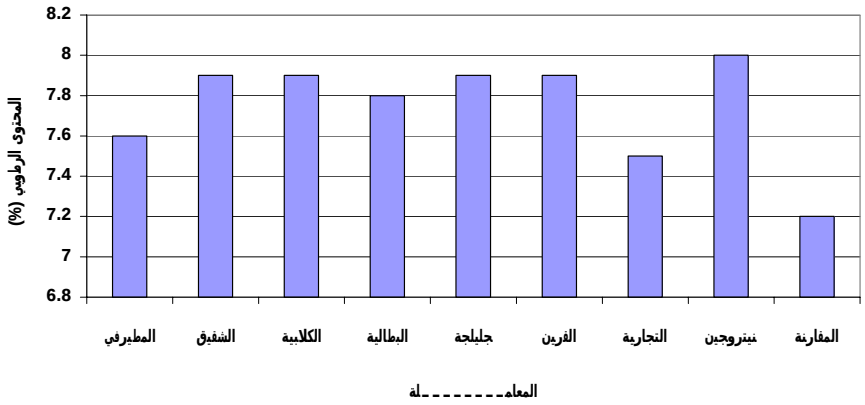
يتضح من الشكل ٤ وجود فروق معنوية في المحتوى البروتيني لحبوب الأرز ، حيث أوضحت النتائج أن أعلى نسبة بروتين كانت في حبوب الأرز المسمد بالنيتروجين والأرز المسمد بيولوجياً ، وأقل نسبة بروتين كانت في حبوب الأرز غير المسمد (المقارنة). ويدل ذلك على أن الأرز يستجيب إلى التسميد ويظهر ذلك في محتوى الحبوب من البروتين حيث ارتفعت نسبة البروتين في الحبوب من ٦,٩% في الأرز غير المسمد إلى ١٦,٨% في حبوب الأرز المسمد بالنيتروجين. أما من ناحية التسميد البيولوجي فالأرز المعامل بسلالة الكلابية كانت كمية البروتين به عالية (١٦,٤%) وكذلك الأرز المعامل بسلالة جليجلة (١٥,٨%). وهذا يعني أن الأرز يستفيد من النيتروجين المثبت بالتربة لزيادة محتواه من البروتين.

أما المحتوى الرطوبي فيتضح من الشكل ٥ عدم وجود فروق معنوية في رطوبة الحبوب حيث أوضحت النتائج أن رطوبة حبوب الأرز عامة تتراوح بين ٦,١٤% و ٧,٩٥% الأولى للأرز بدون تسميد والثانية لحبوب الأرز المسمد بالنيتروجين. وعلى العموم فإن نسبة الرطوبة متقاربة في الأقماح ولكن هناك ظاهرة وهي أن الأرز المسمد سواء كيميائياً أو بيولوجياً له محتوى رطوبي أعلى من الأرز غير المسمد. وقد يكون ارتفاع نسبة رطوبة

حبوب الأرز المسمد مقارنة بحبوب الأرز غير المسمد بسبب ارتفاع معدل امتصاص النباتات المسمدة لماء التربة.



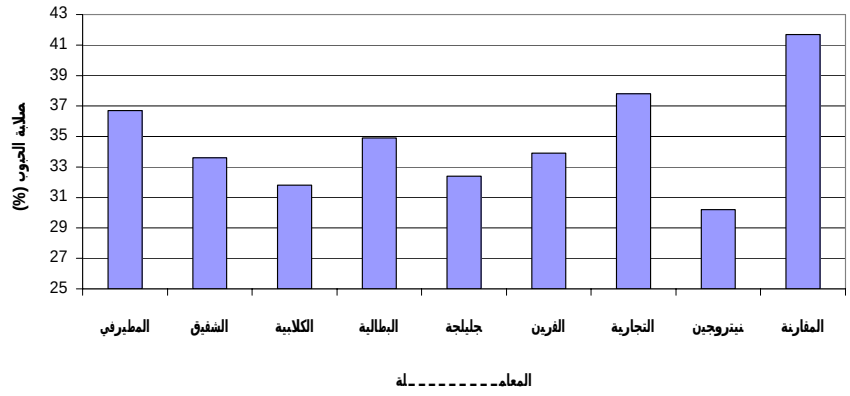
شكل ٤ تأثير التسميد الكيميائي والبيولوجي على المحتوي البروتيني لحبوب الأرز الحساوي



شكل ٥. تأثير التسميد النيتروجيني والبيولوجي على المحتوى الرطوبي للقمح

صلابة حبوب الأرز

أشارت النتائج المبينة في شكل ٦ إلى تأثير التسميد على صلابة حبوب الأرز ، ويتبين أن أقل الحبوب صلابة هي حبوب الأرز المسمد بالنيتروجين وتليها تلك المسمدة بيولوجياً باستخدام سلالتي الكلابية وجليجلة. انخفضت معنوياً صلابة حبوب الأرز المسمد بيولوجياً بالسلالات المحلية فيما عدا سلالة المطيرفي مقارنة بالسلالة التجارية. كما نلاحظ من نفس الشكل أن حبوب الأرز الأكثر صلابة هي حبوب الأرز غير المسمد (المقارنة) وقد يعود السبب في ذلك لصغر حجم حبوب الأرز غير المسمد حيث أن الحبوب الكبيرة مليئة بالأندوسبيرم وتكون صلابتها أقل.



شكل ٦ تأثير التسميد النيتروجيني والبيولوجي على صلابة حبوب الأرز الحساوي

تجربة البرسيم

طول النبات

تشير النتائج المبينة في جدول ١٣ إلى تأثير التسميد البيولوجي والكيميائي على النمو الخضري لمحصول البرسيم ، ولقد أثر التسميد البيولوجي وكذلك التسميد الكيميائي تأثيراً معنوياً على طول نبات البرسيم الحجازي. وأوضحت النتائج تفوق معنوياً للتسميد الكيميائي على التسميد البيولوجي. كما أوضحت النتائج اختلاف السلالات الكبتيرية المثبتة للنيتروجين معنوياً في تأثيرها على طول النبات ، فقد تفوقت سلالة القرين معنوياً على بقية السلالات ، ثم جاء بعدها في الترتيب على التوالي سلالات الشقيق والمطيرفي والكلابية وكانت الفروق بينها غير معنوية. ويعود تميز هذه السلالات إلى ارتفاع كفاءتها في تثبت النيتروجين الجوي والذي استفادت منه نباتات البرسيم في نموها وتطورها.

جدول ١٣. تأثير المعاملة أنواع مختلفة من بكتيريا (*Rhizobium meliloti*) على صفات وإنتاجية محصول البرسيم الحجازي.

المعاملـــة	طول النبات (سم)	الوزن الرطب	الوزن الجاف
		------ جم/أص ------	
سلالة المطيرفي	١٦٥,٣	١٧٢,٣	٣٤,٤
سلالة الشقيق	١٥٩,٢	١٥٨,٢	٣٢,٤
سلالة الكلابية	١٥٤,٨	١٥٦,٧	٣١,٣
سلالة البطالية	١٥٤,٣	١٤٨,٦	٢٩,٧
سلالة جليلجة	١٤٧,٩	١٣٥,٠	٢٧,٩
سلالة القرين	١٤٧,١	١٣٥,٣	٢٧,٨
السلالة التجارية	١٤٣,٥	١٣١,١	٢٦,٢
المقارنة	١٤٢,٨	١٢٨,٨	٢٥,٨
النيتروجين	١٩٧,٨	١٨٢,٨	٣٧,٨
أقل فرق معنوي (٠,٠٥)	٤,٣	١,٤٣	١,٥٠

الوزن الرطب

لقد أثر التسميد بنوعية الكيميائي والبيولوجي معنوياً على الوزن الرطـب للمجمـوع الخضري للبرسيم الحجازي (جدول ١٣). ونلاحظ من الجدول أن الوزن الرطب كان عاليـاً عند تسميد البرسيم بنسبة تتراوح بين ٣٢,٩% (النيتروجين) و٧٧,٨% (سلالة القرين) مقارنة بالمعاملة القياسية التي لم تسمد فيها النباتات كيميائياً أو بيولوجياً.

تفوق التسميد البيولوجي بسلالات القرين والشقيق والمطيرفي والكلابية معنوياً علـى التسميد بالسلالة التجارية ، وتراوحت نسبة الزيادة بين ١٠,١% (سلالة الكلابيـة) و٢٧,٦% (سلالة القرين) ويعود ذلك لتأقلم السلالات المحلية مع الظروف البيئية السائدة بالمملكـة ممـا رفع من كفاءتها في تثبيت النيتروجين الجوي الذي أصبح ميسراً للبرسـيم الحجـازي وأدى بالتالي إلى رفع معدل النمو الخضري للمحصول.

الوزن الجاف

أوضحت النتائج المبينة في جدول ١٣ التأثير المعنوي للتسميد الكيميائي والبيولـوجي على الوزن الجاف للمجموع الخضري للبرسيم الحجازي ، ولقد أثر كل من التسميد البيولوجي والتسميد الكيميائي تأثيراً معنوياً على الوزن الجاف. تراوحت نسبة الزيادة مقارنة بالمعاملـة القياسية بين ٥٠٦% لسلالة البطالية و١١٧,٢% لمعاملة النيتروجين. كما تظهر النتائج تفوقـاً معنوياً للتسميد الكيميائي بمعدل ١٠٠ كيلو جرام نيتروجين للهكتار على التـسميد البيولـوجي وذلك بنسبة تراوحت ٩,٨٨% (سلالة القرين) و٤٤,٢٧% (سلالة البطالية). ويدل ذلك علـى مدى كفاءة هاتين السلالتين في تثبيت النيتروجين الجوي ، فقد أنتجت سلالة القرين كمية مـن النيتروجين تفوق الكمية التي استفادت منها نباتات البرسيم الحجازي من التـسميد البيولـوجي للسلالات الأخرى. كما حدثت زيادة غير معنوية في الوزن الجاف عند استخدام سلالة الشقيق بلغت ٣,٥١% مقارنة بسلالة المطيرفي. انخفض الوزن الجاف عند التسميد بيولوجياً بـسلالة الكلابية والسلالة التجارية وسلالة جليلجة. وكان هذا الانخفـاض معنويـاً مقارنـة بالتـسميد النيتروجيني والتسميد بسلالات القرين والشقيق والمطيرفي. بلغت نسبة الانخفـاض مقارنـة بسلالة المطيرفي ٥,٤% ، ١٢,٢% و١٢,٦% لسلالات الكلابية والسلالة التجارية وسـلالة جليلجة على التوالي ، ويعني ذلك انخفاض كفاءة هذه السلالات في تثبيتها للنيتروجين الجوي، مما نتج عنه عدم توافر القدر المناسب من النيتروجين في التربة لمقابلة احتياجات نمو وتطور البرسيم الحجازي.

المادة الجافة

يتبين من جدول ١٤ أن إنتاجية المادة الجافة كانت مرتفعة بصورة معنوية عند تسميد البرسيم الحجازي كيميائياً مقارنة بالتسميد البيولوجي ، حيث بلغت نسبة المـادة الجافـة فـي النبات ٩٦,٣% عند إضافة النيتروجين بمعدل ١٠٠ كيلو جرام نيتروجين للهكتار.

وبالنسبة للنتائج التي تم الحصول عليها والخاصة بتأثير السلالات البكتيرية المختلفـة على إنتاجية المادة الجافة ، فقد وجدت فروق معنوية بين السلالات (جدول ٥) ، حيث أظهرت سلالات القرين والشقيق والمطيرفي تفوقاً معنوياً في الإنتاج الذي بلـغ ٩٣,٨% ، ٩٣,٢% و٩٢,١% على التوالي وهو الأعلى معنوياً مقارنة ببقية السلالات. ويعود ذلك أساساً للزيـادة الملحوظة في مصادر إنتاج المادة الجافة.

جدول ١٤. تأثير المعاملة أنواع مختلفة من بكتيريا (*Rhizobium meliloti*) على صفات وإنتاجية محصول البرسيم الحجازي.

المعاملـــة	المادة الجافة	البروتين الخام	نسبة النيتروجين
	------ % ------		
سلالة المطيرفي	٩٣,٨	٢٣,١	٦,٢٤
سلالة الشقيق	٩٣,٢	٢٢,٩	٦,١٢
سلالة الكلابية	٩٢,١	١٩,٥	٦,٠٨
سلالة البطالية	٨٩,٣	١٩,٠	٥,٨٤
سلالة جليلجة	٨٩,٢	١٨,٩	٥,٧٦
سلالة القرين	٨٨,٢	١٨,٤	٥,٣٠
السلالة التجارية	٨٧,٣	١٧,٩	٥,٢٧
المقارنة	٨٦,٣	١٩,٩	٥,٦٥
النيتروجين	٩٦,٣	٢٤,٦	٦,٦٥
أقل فرق معنوي (٠,٠٥)	١,٦٤	٢,٩٢	٠,١٠

البروتين الخام

تظهر النتائج الموضحة في جدول ١٤ اختلاف معاملات التسميد معنوياً في تأثيرهـا على محتوى المجموع الخضري من البروتين الخام. ونلاحظ من الجدول أن نسبة البـروتين الخام في النبات كانت عالية عند التسميد الكيميائي والتسميد البيولـوجي بـسلالاتي القـرين والشقيق ، ويعزى تفوق نباتات البرسيم الحجازي المسمدة بهذه السلالات لكفاءتها العالية فـي تثبيت النيتروجين والذي استغلته النباتات في تكوين البروتين.

أدت إضافة النيتروجين إلى زيادة نسبة البروتين الخام مقارنة بالمعاملة القياسية (بدون تسميد) حيث زادت نسبة البروتين الخام في النبات بمقدار ١٥١%. وربما يرجع السبب فـي ذلك إلى انخفاض محتوى التربة من النيتروجين.

نسبة النيتروجين في النبات

من جدول ١٤ نجد أن التسميد البيولوجي والكيميائي لهما تأثير معنوي على محتـوى على النبات من النيتروجين ، وربما يرجع السبب في ذلك لنقص هذا العنصر بالتربة. ومـن

ذات الجدول نجد أن التسميد الكيميائي قد تفوق معنوياً على التسميد البيولوجي وكانت الفروق بينهما معنوية. كما أوضحت النتائج اختلاف السلالات البكتيرية في تأثيرها على محتوى النيتروجين في أجزاء النبات ، حيث تفوقت سلالة القرين معنوياً على بقية السلالات ، ثم جاءت بعدها سلالة الشقيق والتي لم تختلف معنوياً على سلالة المطيرفي. ويعود ذلك إلى اختلاف مقدرة السلالات المختلفة على تثبيت النيتروجين الجوي.

كفاءة تثبيت النيتروجين

نتيجة لانخفاض محتوى التربة من النيتروجين في الموقع الذي أخذت منه عينات التجربة ، فإن استجابة البرسيم الحجازي للتسميد البيولوجي والكيميائي كانت متوقعة. لقد كان هناك تباين واضح في عدد العقد البكتيرية في نبات البرسيم الحجازي (جدول ١٥) ، كما كانت هناك اختلافات معنوية بين السلالات البكتيرية المختلفة في الوزن الجاف للعقد الجذرية وكفاءتها في تثبيت النيتروجين الجوي (جدول ١٥). تميز البرسيم الحجازي في محتواه من النيتروجين نتيجة للكفاءة العالية في تثبيت النيتروجين التي تميزت بها سلالات القرين (٤,٨ µ mole C_2H_2/plant) والشقيق (٤,٦ µ mole C_2H_2/plant) والمطيرفي (٤,٥ µ mole C_2H_2/plant) والكلابية (٤,٥ µ mole C_2H_2/plant) مقارنة بالسلالة التجارية (٤,١ µ mole C_2H_2/plant). أما سلالتي جليلجة والبطالية_ فكانت أقل كفاءة من السلالة التجارية بالرغم من أن سلالة جليلجة لم تختلف معنوياً عن السلالة التجارية.

لقد أثرت إضافة النيتروجين بمعدل ١٠٠كجم/هـ على تكوين العقد البكتيرية في محصول البرسيم الحجازي ، حيث انخفض عدد العقد البكتيرية ووزنها وكفاءتها بإضافة النيتروجين ، ولكن سجلات معاملة الكنترول أقل القيم. قام (Nutman, 1985) بدراسة العوامل البيئية التي تؤثر على تكوين العقد البكتيرية في جذور النباتات البقولية وبين أثر وجود النيتروجين في التربة عليها ، وتتفق نتائج هذه الدراسة مع ما توصل إليه هذا الباحث. إن نباتات البرسيم الحجازي في القطع التجريبية التي لم تسمد ، كونت عدداً أقل من العقد البكتيرية ذات الوزن الجاف الأقل (جدول ١٥).

جدول ١٥. تأثير المعاملة أنواع مختلفة من بكتيريا (*Rhizobium meliloti*) على صفات وإنتاجية محصول البرسيم الحجازي.

المعاملـــة	عدد العقد البكتيرية في النبات	الوزن الجاف للعقد البكتيرية في النبات (جم)	كفاءة تثبيت النيتروجين *
	------ % ------		
سلالة المطيرفي	٧٥	١,٣٩	٤,٨
سلالة الشقيق	٧٢	١,٢١	٤,٦
سلالة الكلابية	٧٠	١,١٦	٤,٥
سلالة البطالية	٦٦	١,٠٩	٤,٥
سلالة جليلجة	٦٣	١,٠٥	٤,١
سلالة القرين	٦٢	٠,٩٦	٣,٩
السلالة التجارية	٥٤	٠,٧٤	٣,٤
المقارنة	٥٢	٠,٦٨	٢,٦
النيتروجين	١٢	٠,٣٤	٢,٥
أقل فرق معنوي (٠,٠٥)	٠,٢٧	٠,٢٧	٠,٣١

* μ mole C_2H_2/plant

المراجـــع

التكريتي ، رمضان أحمد ، توكل رزق وحكمت الرومي. ١٩٨١م. محاصيل العلف الأخضر ، جامعة الموصل ، ص ٧٧-٨٠.

الفخري ، عبد الله قاسم. ١٩٨١م. الزراعة الجافة ، أسسها وعناصر استثمارها ، وزارة العالي والبحث العلمي بغداد.

Abou-Zeid. S. T., A. Abdel-Monem and Y. A. Abd El-Aal. 1996. Interaction between Azolla and N fertilizers under flooded systems green house study. J. Agric. Sci. Mansoura Univ., 21: 1203-1209.

Alexander, M. 1997. Introduction to Soil Microbiology. Second ed., Wiley, J. and Sons, Inc. 605 Third Avenue. New York 100160.

Bergey's manual of determinative bacteriology. 1994. 8th ed. Breed, R. S., E.D.S. Murry and N. R. Smith (eds). Williams and Wilkins, Baltimore, U. S. A.

Bergey's manual of systematic bacteriology. 1986. Williams and Wilkins, Baltimore, U. S. A.[vol. 1. Krieg, N. R. (ed.). Ordinary gram negative bacteria, vol. 2. Sneath, P. H. A. (ed). Ordinary gram positive bacteria, vol. 3. Staley, J. T. (ed). Bacteria with unusual properties, vol. 4. Williams, S. T. (ed). Gram positive filamentous bacteria of complex morphology.

Brar, F. C. and H. B. Sidhu. 1984. Response of four winter wheat varieties to nitrogen fertilization. Agron. J. 56: 470-472.

Bremmer, R. K. and B. B. Mulvaney. 1982. Dryl and wheat yield as affected by soil application of fertilizer nitrogen and farmyard manure and foliar application of kaoline and ccc. Indian J. Agron. 16: 410-412.

Bremner, J. M. 1982. Total nitrogen. In. Black, C. A. (ed) Methods of soil analysis, part 2, Agronomy 9, 1149. Madison, Wisconsin, Am. Soc. Agronomy.

Bremner, R. K. and B. B. Mulvaney. 1982. Dry land wheat yield as affected by soil application of kaoline and ccc. Indian J. Agron. 16: 410-412.

Chen, T. W., S. Scherer and P. Boger. 1992. Nitrogen of *Azorhizobium* in artificially induced root para-nodules in wheat. Curr-Plant Sci-Biotecnolo-Agri. V 14 p. 593.

Cocking E. C., S. L. Kothari, C. A. Batchelor, S. Jain, G. Webster, J. Jones, J. Jotham and M. R. Davey. 1995a. Interaction of Rhizobium with Non-legume Crops for Symbiotic Nitrogen Fixation. In: Fendrik I, del Gallo M, Vanderleyden J, de Zamaroczy M, eds. NATO ASI series, vol. G37. Azospirillum VI and Related Microorganism. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 197-205.

Cocking, E. C., G. Webster, C. A. Batchelor and M. R. Davey. 1994. Agro-Food-Ind Hi-Tech, 1 (1994)21.

Cocking, E. C., R. S. Sabry, S. A. Saleh, S. L. Kothari, C. A. Batchelor, S. Jain, G. Webster, J. Jotham and M. R. Davey. 1995 b. Symbiotic nitrogen Fixation in Cereals. International Workshop on Associative Interaction of Nitrogen-Fixing Bacteria with Plants. Saratov, Russia, June 5-8, 1995.

Conttenie, A. 1980. Expert consultation, F. A. O. Rome.

Cottenie, A. 1980. In: Soil and Plant Testing and Analysis. Report an expert consultation, FAO, Rome.

Dale, E. B. and H. S. Norman. 1982. Atomic absorption and flame emission spectrometry. In: method of soil analysis, part 2, American Society of Agronomy. Madison, WI., U. S. A.

Dingkuhn, M., H. F. Schnier, S. K. De Datta, K. J. Dorffling, C. Javaellana and J. E. Wijangco. 1987. Crop photosynthesis, crop antogeny and yield in relation to planting technique and input timing in low land rice, p 39. Agronomy abstract Madison, Wisconsin.

Dobereiner, J. 1992. Recent changes in concepts of plant bacteria interactions: Endophytic nitrogen fixing bacteria. J.Braz. Assoc. Adv. Sci. 44: 310-313.

Dobereiner, J. and J. M. Day. 1976. Associative symbioses and free-living systems. In: Proceeding of the first International Symposium on Nitrogen. Fixation Wash. St. Univ. Press, Washington, 518 – 538.

Hardly, R. W. and W.S. Silver. 1977. A treatise on nitrogen fixation. John Wiely and Sons Inc., New York.

Hume, D. J., Griswell, J. G. and Stevenson, K. T. 1976. Effects of soil moisture around nodules on nitrogen fixation by well watered soybean Can. J. Plant Sci. 56: 811-815.

Jackson, M. L. 1967. Soil chemical analysis. Prentice-Hall Inc. London.

Jeyaraman, S. and A. Purushothaman. 1988. Biofertilizer efficiency in lowland rice. International Rice Research News Letter, 13: 24-26.

Kalita, M. C. and N. N. Sarmah. 1991. Effect of nitrogen level and mulch on yield and yield attributing characters of summer rice (*Oryza sativa*) under the rainfed condition. Assam Agric. Univ. Johart 785013.

Kapulnik, Y. R. Ganfny and Y. Okon. 1985b. Effect of Azospirillum spp. inoculation on root development and NO_2 uptake in wheat (Triticum aesstivum cv. Miriam) in hydroponic systems. Can J. Bot. 63: 627-631.

Kapulnik, Y. R., Y. Okon and Y. Henis 1985 a. Changes in root morphology of wheat caused by Azospirillum inoculation.Can.J. Microbiol. 31: 881-887.

Kataputiya S., P .B. New, C. Elmerich and I.R. Kennedy. 1995. Improved N, fixation in 2,4-D treated wheat roots associated with *Azospirillum Lipoferum* :Studies of colonization using reporter genes. Soil Biology and Biochemistry 27, 447 – 452. (Click for abstract).

Khadr, M. S., M. N. Baker and A. M. El-Sayed. 1985. Evaluation of some local isolates of BGA as nitrogen source for rice. Agric. Res. 63: 209 – 213.

Lin, W., Y. Okan and R.W. Hardy. 1983. Enhanced Mineral Uptake bye Zea mays and Sorghum bicolor Roots Inoculated with *Azospirillum brasilense.* Appl. Environ. Microbol. 45: 1775-1779.

Mather, S., S. Krishnamoorthy and P. Anavaraham. 1981. Azolla influenced on rice yield. International Rice Research News Letter, 6: 23.

Nayk, D. K., J. K. Ladha and J. Watanabe. 1986. The fate of marker Azospirillum lipoferum inoculated into rice and its effect on growth yield and nitrogen fixation of plants studied by acetylene reduction N^{15} feeding and N^{15} dilution technique. Biology and fertility of soils 2: 7 – 14.

Nelson, P. N. and A. P. Sommers. 1982. A new test for simultaneous extraction of macro and micro nutrients in alkaline soils. Soci.- and Plant Analysis 8: 195.

Olsen, S. R., C. V. Cole, F. S. Watanable and L. A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorus in Soily extraction with sodium bicarbonate. U. S. Dept. Agric., Circ. No. 939.

Page, A. L., R. H. Miller and Keeney. 1982. Methods of soil analysis part 2. Agronomy Monograph No. 9 SSSA, Madison, Wisconsin, U.S.A.

Piper, C. S. 1955. Soil and Plant analysis. Inter-science Publishers, New York. U. S. A.

Reddy, T. Y. and R. Kuladaivelu. 1991. Root growth of rice (*Oryza sativa*) as influenced by soil-moisture regime and nitrogen. Department of Agronomy, Tamil Nadu Agric. Univ. Coimatore.

Rhoades, H. D. 1982. Methods of Analysis for soils, plants and water. University of California.

Sabrah, R. E., A. M. Abdel-Hady, S. I. Abdel-Aal and R. K. Rabie. 1992. Relationship in soil extracts. Egypt. J. Appl. Sci. 7: 365-382

SAS, Institute. 1990. SAS/STAT Guide: for personal computer. Version 6 ed. SAS Institute., Cary, NC.

Singh, T. N. G. Singh and H. P. Singh. 1983. Nitrogen fertilization spreading to maximize upland rice yields. International Rice Research Institute Newsletter 8: 27.

Strzelczyk, E., M. Kampert, and C.Y. Li. 1994. Cytokinin-like substances and ethylene production by *Azospirillum* in media with different carbon. Sources. Microbiol, Res.149:1-6.

Stulpnagel, R. 1982. Schatzung der von Ackerbohnen symbiontisch fixierten Stickstoffmenge imfeldversuch mit der erweiterten Differenzmethode. Z. Acker-und Pflanzenbua 151: 446-458.

Tien , T .M., H.Gaskins, and D. H. Hubbell. 1979. Plant growth substances produced by *Azospirillum* brasilense and their effect on the growth of the pear ;millet. Appl. Environ. Microbiol. 37: 1016 –1024.

U. S. Salinity Lab. 1954. Saline and alkaline soils. Handbook No. 60, Riverside, California, U. S. A.

Vincent, J. M. 1970. The cultivation, isolation and maintenance of rihizobia. P. 1-13. A manual for the practical study of root nodule bacteria (ed. J. M. Vincent), Blackwell Scientific publication, Oxford and Edinburgh.

Wang, Z. H. 1986. Rice yield increased effects of Azolla a culture in winter and spring Zhegiang Agriculture, 4: 155-157.

Yanni, Y. G., M. L. Zidan and S. N. Shalan. 1982. Effect of inoculation with blue-green algae, source and rates of combined nitrogen growth, yield and nitrogen content of rice Giza 172. The first OAU/STRC. African Conference on biofertilizers, Cairo.

Yoshida, S. 1981. Fundamentals of rice crop science, pp. 30 – 39. International Rice Research Institute, Los Banos, The Philippines.

ملحق (١)

تصنيف البكتيريا المثبتة للنيتروجين الجوي

A. free-living Diazotrophs

	Heterotrophs	**Phototrophs**
1. Aerobic.	Azotobacteriaceae	A. Oxygenic, Blue-green algae
	1. Azotobacter	a. Unicellular.
	2. Azomonas	1. Gloeocapsa
	3. Azotococcus	2. Synechococcus
	4. Beijerinckia	3. Myxosarcina
	5. Derxia	b. Filamentous, non-heterocystous.
	6. Xanthobacter	1. Spirulina
2. Microaerobic.	a. Spirillaceae.	2. Oscillatoria
	1. Azospirillum	3. Pseudounabaena
	2. Aquaspirillum	4. Lyngbya
	3. Campylobacter	5. Plectonema
	b. Rhizobiaceae	6. Phormidium
	1. Rhizobium	c. Filamentous and heterocystous.
		1. Anabaena
3. Facultative.	a. Bacillaceae	2. Nostoc
	1. Bacillus	3. Aulosira
	b. Enterobacteriaceae.	4. Calothrix
	1. Klebsiella	5. Tolypothrix
	2. Enterobacter	6. Scytonema
	3. Erwinia	7. Fischerella
	4. Citrobacter	8. Westiellopsis
	5. Escherichia	B.anoxygenic.
4. Anaerobic.	Bacillaceae.	a. Rhodospirillaceae.
	1. Clostridium	1. Rhodospirillum
	2. Desulrovibrio	2. Rhodopseudomonas
	3. Desulfotomaculum	3. Rhodomicrobium
		4. Ectothiorhodospira
		b. Chromatiaceae.
		1. Chromatium
		2. Thiocystia
		3. Thiocapsa
		4. Amoebabacter
		c. Chlorobiaceae.
		1. Chlorobium
		II. Chemosynthetic bacteria.
		Thiobacteriaceae.
		I. Thiobacillus

B.Symbiotic Diazotrophs

1. Rhizobium (nodules on legumes)
2. Frankia (nodules on non-legumes)