الجمهورية التونسية

وزارة الفلاحة والموارد المائية والصيد البحري

INGC

المعهد الوطني للزراعات الكبرى

Institut National des Grandes Cultures

إستعمال الرّايزوبيا في تسميد الزراعات الكبرى

المعهد الوطني للبحوث الزراعية بتونس

INRAT

Fondé en 1913

المعهد الوطني للزراعات الكبرى

ص ب 120 بوسالم 8170

الهاتف: 490 011 70 216 - 498 011 70 216 الفاكس: 966 602 78 216

البريد الإلكتروني: ingc@ingc.tn

إستعمال الرّايزوبيا في التّسميد للتّقليص من الأسمدة الكيميائيّة في الزراعات الكبرى

إعداد المحتوى الفني

درصاف هلال ـ المعهد الوطني للزراعات الكبرى بوسالم

إيمان هميسي ـ المعهد الوطني للبحوث الزراعية بتونس

أميرة حشانة ـ المعهد الوطني للبحوث الزراعية بتونس

المراجعة الفنية

مسعد الخمّاسي ـ المعهد الوطني للزّراعات الكبرى بوسالم

حياة المعروفي ـ المعهد الوطني للزّراعات الكبرى بوسالم

بوعزيز الصيفي ـ المعهد الوطني للبحوث الزراعية بتونس

الفريق التّقني

فوزي الخزامي ـ المعهد الوطني للزراعات الكبرى بوسالم

ثامر القرفي ـ المعهد الوطني للزراعات الكبرى بوسالم

حنان عرفاوي ـ المعهد الوطني للبحوث الزراعية بتونس

تم انجاز هذه المطويّة في إطار اتفاقية بحوث تطبيقيّة بين

INGC
المعهد الوطني للزراعات الكبرى
Institut National des Grandes Cultures

المعهد الوطني للبحوث الزراعية بتونس
INRAT
Fondé en 1913

الفهرس

الإطار العام للإتفاقية..... 1

1 ـ المقدمة..... 2

2 ـ مكوّنات الأسمدة الحيوية وطرق تأثيرها..... 2

3 ـ تعريف الرّايزوبيا..... 3

4 ـ طريقة عزل بكتيريا العقد الجذرية (الرّايزوبيا) من البقوليّات..... 3

5 ـ إستعمال الرّايزوبيا في تونس..... 5

6 ـ نتائج التجارب الحقليّة لاستعمال الرّايزوبيا..... 6

7 ـ النتائج المتحصل عليها خلال الاتفاقية الممضاة 2015-2018..... 8

الخلاصة..... 11

المراجع الفنيّة..... 12

بعض المخرجات العلميّة..... 14

الإطار العام للإتفاقية

اتفاقية بحث تطبيقي ممضاة بين المعهد الوطني للزراعات الكبرى والمعهد الوطني للبحوث الزراعيَة بتونس (مخبر العلوم والتقنيات الزراعية) على إمتداد ثلاث (3) سنوات (2018/17 - 2016/15)

• الإشكاليَات المطروحة

إنَ السَعي إلى تحقيق إنتاج أوفر للمحاصيل، بما يعود بالنَفع المادَي على الفلاَح قد أدَى إلى تكثيف الزَراعات وعدم احترام التداول الزَراعي والإستعمال المفرط للأسمدة الكيميائيَة. هذا التَوجَه ساهم في ظهور العديد من الإشكاليات منها ارتفاع كلفة الإنتاج (د/هك) وتلوث البيئة وضعف خصوبة التربة (% المواد العضويَة).

• الهدف

• تطوير إستعمال الرَايزوبيا ضمن حزمة فنية تستجيب لخصائص الفلاحة المستدامة والمحافظة على الموارد الطَبيعيَة (خصوبة التربة) مع ضمان إنتاج ذو كميَة ونوعيَة.

تطوير الزَراعات ذات المدخلات المحدودة بتثمين الكائنات الحيَة الدَقيقة المتواجدة بالتربة(بكتيريا العقد الجذريَة) ممَا يسمح بتحقيق الإنتاج المنشود والمحافظة على البيئة والتحسين من خصوبة التربة.

1 ـ المقدمة

تعرف الأسمدة الحيوية على أنها إضافات ذات أصل حيوي تمدّ النباتات في طور النموّ باحتياجاتها الغذائية، ممّا يساعد النبتة على نموّ جيّد. و هي عبارة عن تحضيرات متكونة من كائنات حيّة دقيقة، يؤدي استخدامها إلى تعديل الحياة الميكروبية في التربة حول جذور النباتات (Rhizosphère)، مما ينجرّ عنه تأثيرات إيجابية على نموها وعلى إنتاجية المحاصيل. وتحتوي هذه النّوعيّة من الأسمدة على أعداد كافية من السلالات الفعّالة من البكتيريا التي تلعب دورا هاما في منطقة (Rhizosphère) فيما يتعلق بنمو النبات بالإضافة إلى كونها ذات فاعليّة عالية في المكافحة البيولوجية لمسببات الأمراض المحمولة على طريق التربة.

2 ـ مكوّنات الأسمدة الحيوية وطرق تأثيرها

تتكون الأسمدة الحيوية من الكائنات الدقيقة الموجودة في منطقة (Rhizosphère) والتي تسبب زيادة في نمو النبات، لذلك يطلق عليها إسم البكتيريا المشجعة لنمو النّبتة (Plant Growth Promoting Rhizobacteria: PGPR). و تعتبر بكتيريا الرّايزوبيا من أهم هذه الكائنات حيث يكون تأثيرها على النّبتة كما يلي:

- تثبيت النيتروجين الجوي: ويقصد به تحويل النيتروجين الغازي الموجود في الجو (N_2)، والذي تصل نسبته إلى 70٪ من الهواء الجوي، إلى مركبات نيتروجينية (NH_4^+) في التربة، متاحة ومستغلّة مباشرة من النبتة بما يغطّي احتياجاتها من عنصر الآزوت (N) .
- إنتاج الأحماض العضوية التي تؤدّي إلي زيادة ذوبان عديد العناصر الغذائية و خصوصا عنصر الفوسفور (P) الغير ذائب ليصبح في متناول النبتة.
- زيادة امتصاص النباتات للعناصر الغذائية اللاّزمة لنموّها وذلك نتيجة لتعديل نسبة الحموضة (pH) في التربة.
- إفراز هرمونات نمو مثل الأكسين ((Auxines AIA) وحمض الجبريليك (GA).
- زيادة المادة العضوية في التربة ممّا يساهم في تحسين خاصّيتها، حيث تعمل المادة العضوية على تجميع حبيبات التربة، تحسين تهوئتها وزيادة قدرتها على تخزين الماء.

التأثيرات المباشرة

- التثبيت التعايشي للآزوت الجوي (N_2)
- إنتاج الهرمونات النباتية
- إذابة الفسفور الغير ذائب

التأثيرات الغير مباشرة

- إنتاج الأنزيمات
- الحد من مخاطر بعض الآفات الضّارة

3 ـ تعريف الرَايزوبيا

- الرَايزوبيا هي بكتيريا في التربة تقوم بتثبيت النيتروجين الجوي بعد أن تستقر في العقد الجذرية للبقوليات وتساهم في رفع خصوبة التربة وتحسين إنتاجية الزراعة الموالية.

- تعيش هذه البكتيريا في علاقة تكافلية (Symbiose) مع البقوليَات؛ فالنبات يوفّر للبكتيريا إحتياجاتها الغذائيَة، بينما تزود الأحياء الدقيقة (الرَايزوبيا) النبتة بالنيتروجين المستساغ (NH_4^+، No_3^-).

4 ـ طريقة عزل بكتيريا العقد الجذرية (الرَايزوبيا) من البقوليَات

أ. خلال مرحلة الإزهار، تجمع نباتات البقوليات (نبتة سليمة وذات نموّ خضري هام) والتي تحتوي في جذورها على عقيدات ذات لون أحمر أو بني داكن .

ب. يتم عزل العقيدات من جذور النبتة ويتمّ تعقيمها.

ج.تسحق العقيدات في إناء معقّم لاستخراج الرَايزوبيا.

دتزرع الرَايزوبيا في بيئة خاصة (YEMA) لتتكاثر ومن ثمّ يتم تنقيت الرَايزوبيا (Purification) للحصول على عزلة واحدة نقيَة.

ه. إنتاج الزَرق (Inoculum) واستخدامه عند البذر.

أ

ب

ج

د

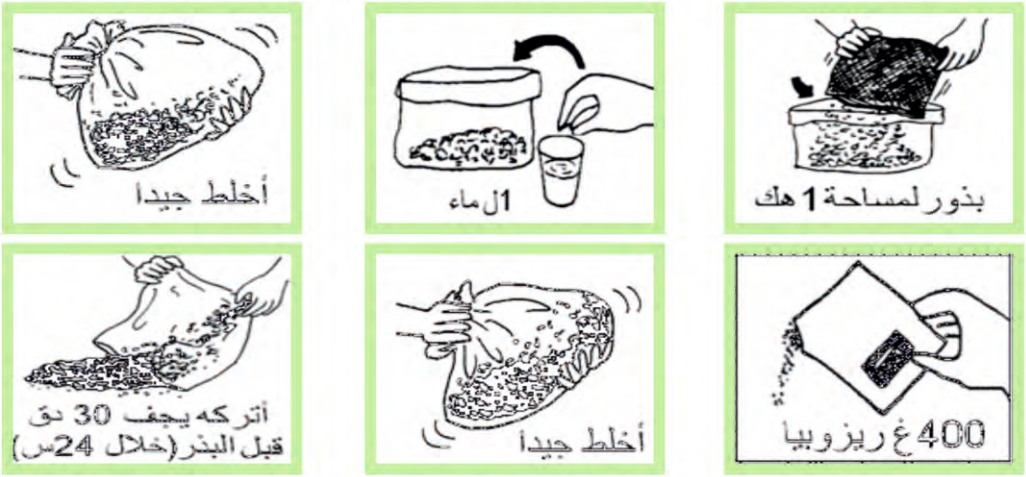
ه

سماد رايزوبيا سائل

سماد رايزوبيا غيرسائل

- بعد عزل سـلالات الرّايزوبيا المنتقاة والفعالة في المخبر تحت ظروف ملائمة لإكثارها، تتم تجربتها تحت ظروف مراقبة (chambre de culture) وفي الميدان (التجارب التطبيقيّة) وذلك بتلقيح البذور(سماد غير سائل) أو الجذور (سماد سائل).
- يتم إضافة السماد الحيوي إمّا إلى البذور أو إلى التربة:

❖ تلقيح البذور: تستعمل للتسميد البيولوجي على مساحات شاسعة (حقول الفلاّحين)



تلقيح البذور

❖ تلقيح التربة: تستعمل في التّجارب التّطبيقيّة والبحوث المخبريّة

تلقيح التربة

5 ـ إستعمال الرَايزوبيا في تونس

في تونس، لا يزال استعمال الرَايزوبيا كتقنية تسـميد بيولوجي لزراعة البقوليَات محدودا، ليكون موضوع بحوث تطبيقيَة ضمن اتفاقيات عمل أو مشـاريع. لكن وبطلب من بعض الفلاَحين بالعديد من المناطق، وفَر المعهد الوطني للبحوث الزراعية بتونس سماد الرايزوبيا الخاصَ بأغلب البقوليَات الزراعيَة (الجدول عدد1)

جدول عدد1: قائمة استعمال الرَايرزوبيا في تونس

الولاية ـ المنطقة	المساحة (هك)	الزَراعة
باجة	15	حمص
	10	فول
	10	السلة
بنزرت ـ ماطر	10	السلة / الحلبة
	50	السلة / الفول
	40	السلة
زغوان	30	السلة / الحلبة
سليانة	02	حمص
منوبة	20	السلة

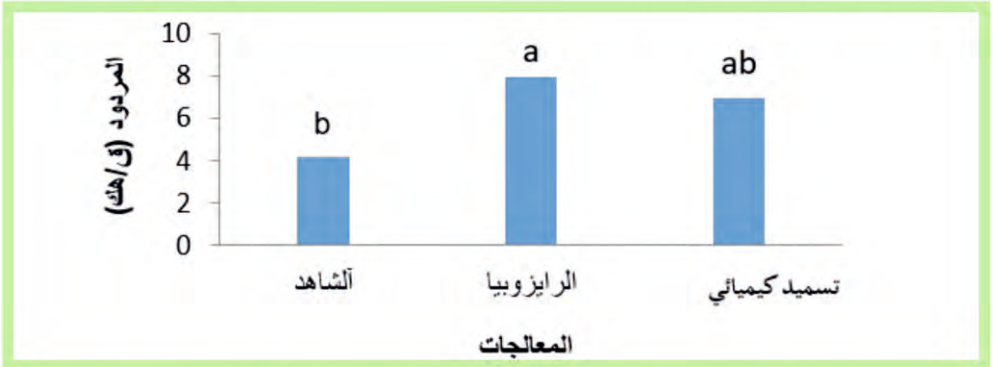
لازال يوفَر (مخبر العلوم والتقنيات الزَراعية) بالمعهد الوطني للبحوث الزَراعيَة كميَات من سماد الرَايزوبيا حسب طلب الفلاَحين.

6 ـ نتائج التجارب الحقليَة لاستعمال الرَايزوبيا

- **التثبيت التعايشي للآزوت الجوي (N_2)**

الهدف: دراسة تأثير السماد الحيوي المثبت للنيتروجين الجوي على النمو الخضري والمردود الحبّي لنبتة اللّوبيا .

التّسميد الكيميائي — الرَايزوبيا



نتائج معالجة زراعة اللّوبيا بعزلة الرَايزوبيا المنتقاة *(Ar02) بمنطقة وادي مليز خلال الموسم 2013/12

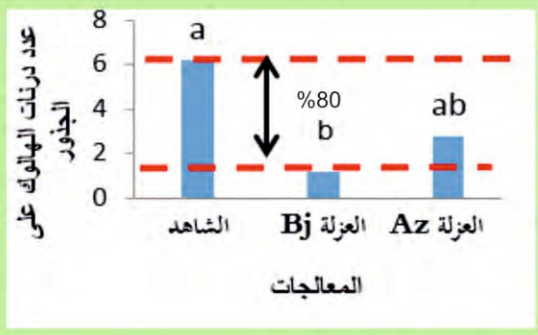
- **النتائج:**

❖ أثبتت النتائج المتحصل عليها تحسنا في النمو الخضري للنبتة حيث تضاعف المردود النهائي لزراعة اللوبيا المعالجة بالرايزوبيا (8ق/هك) مقارنة بالشاهد (4ق/هك). في حين سجّلت الزراعة المعالجة بالرَايزوبيا *(Ar02) مردودا مقاربا للزراعة المعالجة بالتسميد الكيميائي (70 وحدة فسفور + 60 وحدة ازوت في الهكتار).

*(Ar02): عزلة أريانة (02) منتقاة من تربة بمنطقة أريانة خاصّة بزراعة اللّوبيا.

• استعمال الرّايزوبيا في مقاومة عشبة الهالوك *Orobenchi feotida* وفطر الريزكتونيا على زراعة الحمص

1- الهدف: دراسة تأثير الرّايزوبيا على مقاومة عشبة الهالوك



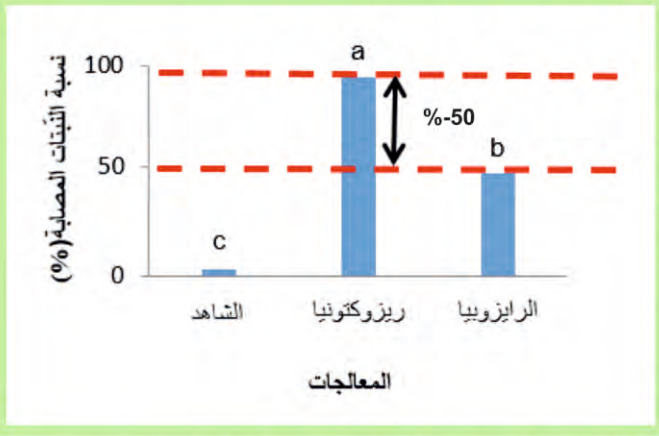
نتائج تجارب حقلية في منطقة وادي باجة خلال الموسم 2013/12

• النتائج:

❖ مكنت معالجة نبتة الحمص بالرّايزوبيا *(Bj) من تقليص عدد درنات الهالوك بالجذور بنسبة 80% مقارنة بالشاهد وبالتالي التحسّين من المردود النهائي للزراعة.

*(Az): عزلة أزمور منتقاة من تربة بمنطقة نابل خاصة بزراعة الحمص / *(Bj): عزلة باجة منتقاة من تربة بمنطقة باجة خاصة بزراعة الحمص

2- الهدف: تأثير إستعمال الرّايزوبيا في مقاومة فطر الريزكتونيا



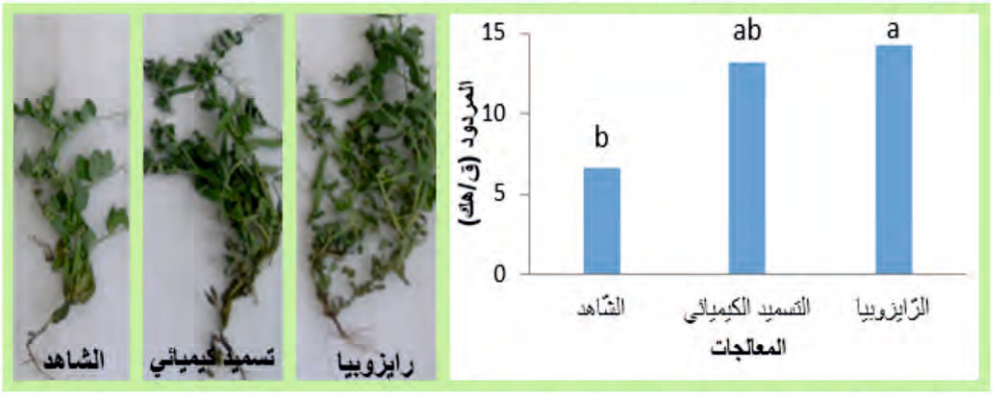
نتائج تجارب حقلية في منطقة وادي باجة خلال الموسم 2013/12

• النتائج:

❖ مكنت معالجة نبتة الحمص بالرّايزوبيا المنتقاة من التقليص في عدد النباتات المصابة بفطر الريزكتونيا بنسبة 50% مقارنة بالنباتات الغير معالجة بالرّايزوبيا.

7 ـ النتائج المتحصل عليها خلال الاتفاقية الممضاة 2015-2018

1- الهدف: دراسة مدى تأثير الزرق بالرايزوبيا على إنتاج زراعة الجلبانة



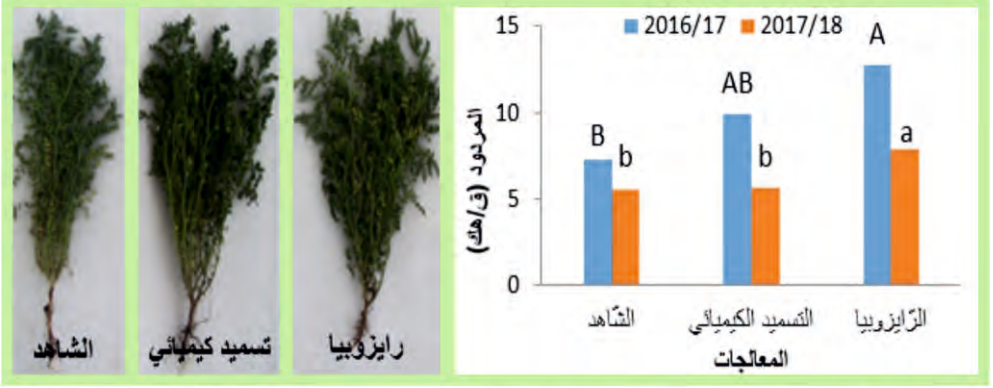
نتائج تجارب حقلية بمحطّة المرجى ـ بوسالم خلال الموسمين 2017/16 - 2018/17

- **النتائج:**

❖ معالجة زراعة الجلبانة بالـزرق البيولوجـي (Bs15*) أدّى إلى زيادة في المـردود النّهائـي بمعدل 8 ق/هك مقارنة بالشاهد ودون تسجيل فارق إحصائي مع المعالجة بالتسميد الكيميائي.

*(Bs15): عزلة بوسالم (15) منتقاة من تربة بمنطقة بوسالم خاصة بزراعة الجلبانة

2- الهدف: دراسة تأثير الزرق بالرايزوبيا على إنتاج زراعة الحمص الشّتوي



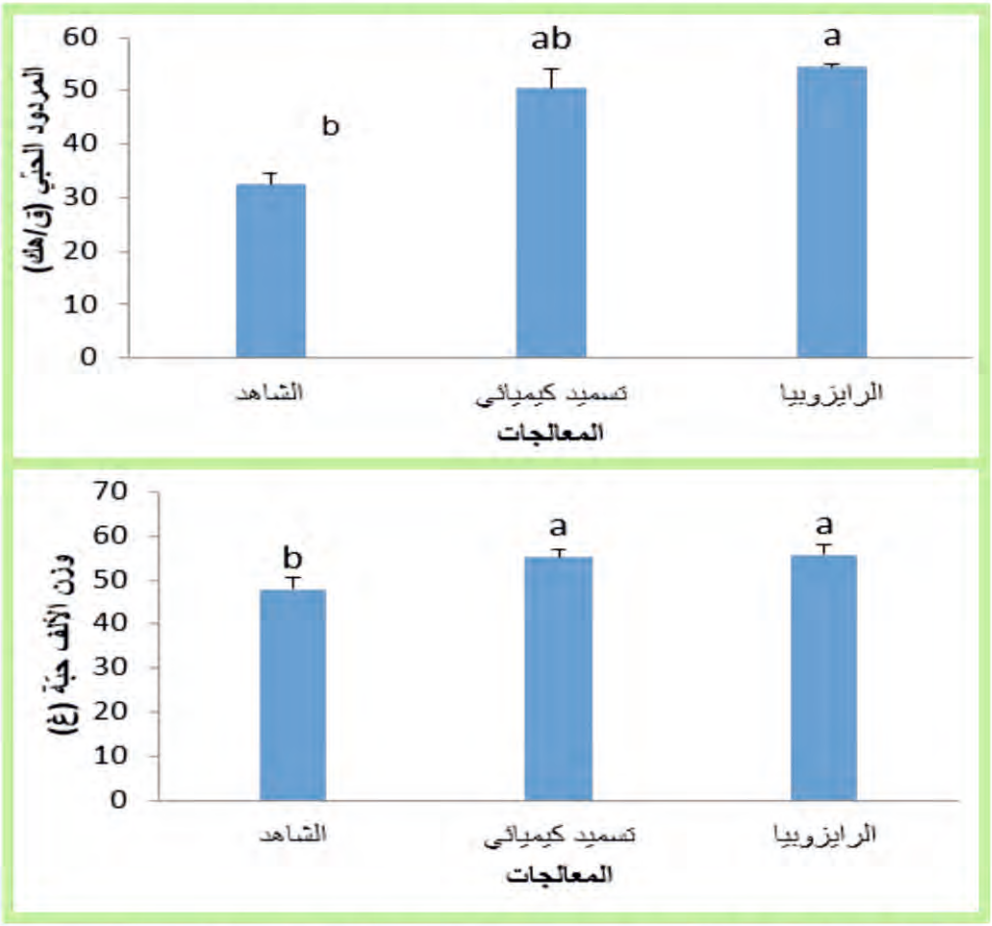
نتائج تجارب حقلية بمحطّة المرجى ـ بوسالم خلال الموسمين 2017/16 - 2018/17

- **النتائج:**

❖ أثبتت نتائج التجارب الحقلية أنّ زراعة الحمص الشّتوي صـــنف "باجة1 " المعالجة بالزّرق البيولوجي (Bj*) قد سجّلت زيادة في المردود النّهائي للحمص بمعدل 3ق/هك مقارنة بالتسميد الكيميائي و9 ق/هك مقارنة بالشاهد.

*(Bj): عزلة باجة منتقاة من تربة بمنطقة باجة خاصة بزراعة الحمص

3- **الهدف**: دراسة مدى تأثير الزرق بالرايزوبيا على إنتاج زراعة القمح الصلب "صنف كريم"



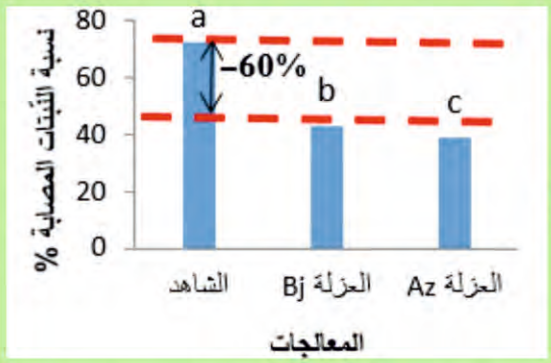
نتائج تجارب حقلية بمحطة المرجي - بوسالم خلال الموسمين 2017/16 - 2018/17

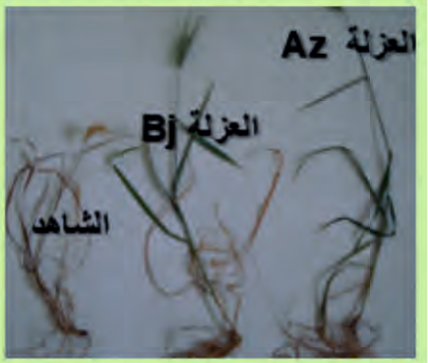
- **النتائج:**

❖ **معالجة زراعة القمح الصلب بالزرق البيولوجي *(Az)، أدى إلى زيادة في المردود الحبي النهائي بمعدل 4ق/هك مقارنة بالتسميد الكيميائي الكلاسيكي (التسميد الأساسي حسب نتائج تحليل التربة والتسميد الآزوتي حسب هدف الإنتاج) وفي حدود 22ق/هك مقارنة بالشاهد. وتفسر زيادة المردود الحبي بالزيادة المسجلة لمكون الإنتاج وزن الألف حبة(PMG).**

*(Az): عزلة أزمور منتقاة من تربة بمنطقة نابل خاصة بزراعة الحمص

4- الهدف: دراسة مدى تأثير الزّرق بالرّايزوبيا على مقاومة فطر الفيزاريوم في زراعة القمح الصّلب "صنف كريم"





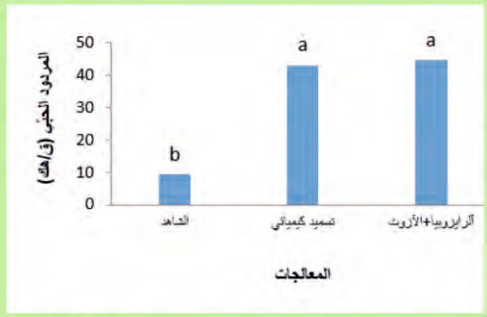
نتائج تجارب حقلية بمحطّة المرجى - بوسالم خلال الموسمين 2017/16 - 2018/17

- **النتائج:**

❖ معالجة القمح الصّلب بالزّرق البيولوجي *Az و Bj، أدّى إلى التقليص من عدد النباتات المصابة بفطر الفوزاريوم بنسبة تقارب 60% مقارنة بالشّاهد.

*(Az): عزلة أزمور منتقاة من تربة بمنطقة نابل خاصة بزراعة الحمص / *(Bj): عزلة باجة منتقاة من تربة بمنطقة باجة خاصة بزراعة الحمص

5- الهدف: دراسة مدى تأثير الزّرق بالرّايزوبيا المذيبة للفوسفور المعدني على إنتاج زراعة القمح الصّلب "صنف كريم"



نتائج تجارب حقلية بمحطّة المرجى - بوسالم خلال الموسمين 2017/16 - 2018/17

- **النتائج:**

❖ معالجة زراعة القمح الصّلب "صنف كريم" بالزّرق البيولوجي *(Bs 96) المنتقاة من نبتة الفول وذات قابلية لإذابة عنصر الفوسفور في التّربة، أدّى إلى زيادة في المردود الحبّي النّهائي للقمح بمعدل 35ق/هك مقارنة بالشاهد ودون تسجيل فارق إحصائي مع المعالجة الكلاسيكيّة للتسميد الكيميائي لزراعة القمح.

*(Bs96): عزلة بوسالم (96) منتقاة من تربة بمنطقة بوسالم خاصة بزراعة الفول

• الخلاصة

دعمت نتائج التجارب التطبيقية التي تم إرساءها طيلة الثلاث مواسم 2018 - 2015 ضمن برنامج الاتفاقية، النتائج المتحصل عليها على المستوى المخبري ومنذ سنوات من قبل باحثين تونسيين بما يدعم ضرورة إدراج استعمالات الزرق البيولوجي ضمن الحلول المقترحة لتطوير الزراعات ذات المدخلات المحدودة صلب منظومة الفلاحة المستدامة.

بينت جملة النتائج أن الزرق البيولوجي لزراعة البقوليات و بفضل قدرته على التثبيت التعايشي للآزوت الجوي (N_2) قد ساهم في الترفيع من المردود النهائي لزراعتي (الجلبانة والحمص الشتوي) . كما بينت النتائج أن الزرق البيولوجي لزراعة القمح قادر على تحقيق معدل مردود حبي يفوق بنسبة (8%) المردود المسجل لزراعة الحبوب ذات المدخلات الكيميائية الهامة. وفي ظل تفاقم الآفات الزراعية، أثبت الزرق البيولوجي لزراعة القمح الصلب فاعليته كتقنية تحد من عدد الإصابات بفطر الفوزاريوم و بالتالي الرفع من مردود الزراعة. كما يندرج الزرق البيولوجي ضمن الحلول الواعدة لتحلل وذوبان عنصر الفوسفور (P_2O_5) في التربة القلوية (pH>7) مما يجعله متاحا في صيغة قابلة للامتصاص من النبتة .

نهاية أشغال اتفاقية البحوث التطبيقية ما هي إلا مرحلة تهيئ لفتح باب تفعيل التوجه نحو نشر ودعم هاته النتائج الأولية المتحصل عليها ضمن برمجة حقول مشاهدة وأيام حقلية لدى الفلاحين تعمل على تشجيع استعمال الزرق البيولوجي على صعيد أوسع وأنجع ومدعومة بدراسة للمردودية الاقتصادية بما يشجع تبنيها من طرف الفلاحين.

المراجع الفنية•

- **Hemissi Imen, Abdi Neila, Hachana Amira, Arfaoui Hanen et Sifi Bouaziz. 2018.** Effet de la déficience en phosphore sur la symbiose légumineuses- *Rhizobium*. Journée scientifique internationale « Gestion durable des ressources naturelles » de l'ESA de Mograne; le 21 Novembre 2018, Mograne, Tunisie.

- **Imen Hemissi, Dorsaf Hlel, Neila Abdi, Amira Hachana, Bouaziz Sifi. 2017**. Fertilizer-dependent efficiency of *Mesorhizobium* for improving growth, potassium uptake and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). International Potassium Conference (IPNI). 25-28 Janvier 2017. Rome, Italie.

- **Hemissi I, Gargouri S, Hlel D, Hachana A, Abdi N et Sifi B. 2017.** Impact of nitrogen fertilization on Fusarium foot and root rot and on yields of durum wheat.(in press). Tunisian Journal of Plant Pathology.

- **Imen Hemissi, Samia Gargouri, Dorsaf Hlel, Amira Hachan, Neila Abdi et Bouaziz Sifi 2017.** Effet de la fertilisation azotée sur la résistance du blé dur à *Fusarium culmorum*. Premier Symposium Maghrébin sur la protection intégrée des plantes. 30 Octobre au 1er Novembre 2017. Sousse. Tunisie.

- **Hachana A., Hemissi I., Cherif H., Hlel D., Bouraoui M., Adbi N., Maazaoui H., Cherif A., Sifi B. 2017.** Diagnosis of biodiversity of Rhizobium leguminosarum nodulating pea (Pisum sativum L.) in different soils of Tunisia. Recent Advances in Environmental Science from the Euro-Mediterranean and Surrounding Regions. Kallel et al. (eds.). Technology & innovation: 1255-1256.

- **Hemissi Imen, Abdi Neila, Bargaz Adnane, Bouraoui Manel, Yassine Mabrouk, Mouldi Saidi and SIFI Bouaziz. 2015**. North Tunisian phosphate solubilising *Mesorhizobium* strains increase growth, P uptake and acid phosphatase in chickpea plants (*Cicer aritenium* L.). Journal of Plant Nutrition.38:1656-1671.

- **Imen Hemissi**. Biochemical mechanisms of induced resistance in chickpea against *Rhizoctonia solani* AG3 by some Rhizobium strains. **2017**. First International Congress of Biochemistry & Microbiology Applied Technologies. Les 3, 4 et 5 Novembre 2017, Hammamet – Tunisie.

- **Hemissi Imen., Abdi N., Hachana A., Sifi B.** Bio protection du blé par des souches de Rhizobium contre Fusarium culmorum agent de la pourriture racinaire du blé. **2017.** Vème congrès International de Biotechnologie et valorisation des Bio-ressources.22-25 Mars 2017. Tabarka. Tunisie

- **Hemissi, N. Abdi, M.Bouraoui et B.Sifi. 2016.** Rôle des isoflavonoides dans les mécanismes de défense du pois chiche infecté par Rhizoctonia solani AG3 et prétraité par des isolats de Rhizobium. Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology IABC (1) : 2286-5314.

- **Imen Hemissi, Yassine Mabrouk, Abdi Neila, Mouldi Saidi and Bouaziz Sifi. 2013**. The potential of *Rhizobium* strains for biological control of *Orobanche foetida*. African Journal of Biotechnology Vol. 12(12), pp. 1371-1377, 20 March, 2013.

•بعض المخرجات العلمية

Effet de la fertilisation azotée sur la résistance du blé dur à *Fusarium culmorum*

Faten Hammami*, Samia Ezzeroueri*, Dorsaf Hlel*, Amina Hachana, Nejla Abdi et Bouaziz Sifi

I. Introduction

La fusariose des racines et du collet affecte la plus part des cultures céréalières en particulier le blé dur et peut entrainer des pertes de rendement en Tunisie pouvant atteindre les 25% durant les années sèches (Djebali et al.,2014). Elle est causée par un complexe de champignons dont les plus importants sont *Fusarium culmorum* et *F. pseudograminearum*. *F. culmorum* constitue le principal pathogène impliqué dans cette maladie en Tunisie (Gargouri et al., 2010). La lutte contre cette maladie réside essentiellement dans l'adoption de techniques culturales appropriées. Le présent travail est une étude de l'effet de la fertilisation azotée sur l'incidence de ce champignon sur les racines et le collet du blé dur, la sévérité de la maladie, le rendement et le poids de 1000 grains durant la campagne agricole 2016-2017 dans un essai installé à Beausalem (Jendouba).

II. Matériel et Méthodes

1- Matériel végétal

La variété Karim de blé dur (*Triticum durum* L.) a été utilisée au cours de ce travail.

2- Matériel fongique

Une souche de *Fusarium culmorum* isolée à partir du blé au nord de la Tunisie a été utilisée dans ce travail. La culture de ce champignon a été faite sur milieu PDA (Potato Dextrose Agar, CDH) à 25°C et à l'obscurité. L'inoculation fongique a été appliquée à la main à raison de 3.5 g/m de ligne.

3- Fertilisation azotée

L'essai du champ comporte 4 traitements azotés: T0:0%, T1:25%, T2:50%, T3:75% et T4:100% de la dose d'azote recommandée pour le blé. L'essai comporte 8 traitements répétés quatre fois en blocs aléatoires complets. Le premier groupe de traitements est constitué de plantes non inoculées par *F. culmorum* et ayant reçu différentes doses d'azote. Le second regroupe les plantes infestées artificiellement par *F. culmorum* et ayant reçu différentes doses d'azote.

4- Analyse statistique

Le logiciel de Statistique (SPSS, 20) a été utilisé. L'analyse de variance et la déviation standard des moyennes sont utilisées pour déterminer la signification (P = 0.05) des différences entre les différents traitements.

III. Résultats et discussion

1- Effet de la fertilisation azotée sur l'indice de sévérité

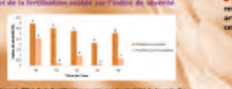


Figure1. Effet de la fertilisation azotée sur la sévérité de la maladie .

- La maladie a été détectée dans les parcelles non inoculées artificiellement par *F.culmorum*, ceci peut être dû à l'infestation naturelle des parcelle par le pathogène.
- L'azote a augmenté significativement l'indice de sévérité.

Ces résultats sont similaires à ceux de Kinyaja et al. (2015).

Figure2: Essai installé à la station expérimentale El Marja (Beausalem) durant la campagne 2016-2017.

Figure3: Effet de la fertilisation azotée sur le taux d'infestation (le pourcentage de plantes malades).

- Les apports d'azote les plus élevés ont augmenté significativement le pourcentage des plantes infestées.

Figure4: Effet de la fertilisation azotée sur le rendement.

- Les apports d'azote les plus élevés ont amélioré le rendement des plantes de blé dans les parcelles inoculées artificiellement par le champignon *F. culmorum* ainsi que dans celles non inoculées.

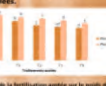


Figure5: Effet de la fertilisation azotée sur le poids de 1000 grains .

- Les apports d'azote ont amélioré significativement le PMG des plantes de blé inoculées et non inoculées artificiellement par *F.culmorum*.

EFFET DE L'INOCULATION PAR RIZOBIUM SP. SUR LA FIXATION SYMBIOTIQUE DE L'AZOTE, LA CROISSANCE ET LA PRODUCTION DU POIS (PISUM SATIVUM) ET DU POIS CHICHE (CICER ARIETINUM) EN RÉGION SEMI-ARIDE

Amira Hachana[1], Imen Hémissi[1], Dorsaf Hlel[1], Hanen Arfaoui[1] et Bouaziz Sifi[1]

(1) Laboratoire des Sciences et Techniques Agricoles, Institut National de Recherche Agronomique de Tunis, Université de Carthage.
(2) Unité de Fertilisation, Institut National des Grandes cultures.

Introduction

Dans le cadre du développement raisonné d'une agriculture durable, la fixation de l'azote atmosphérique chez les associations légumineuses-bactéries symbiotiques de la famille des Rhizobiaceae contribue en partie à combler les besoins en azote minéral. Tout en réduisant les risques de perturbation de l'environnement. Dans ce contexte, un cloit intéressé à la symbiose pois /rhizobium et pois chiche /rhizobium. L'objectif de ce travail consiste à étudier l'effet de la fertilisation azotée et de l'inoculation par des bactéries symbiotiques sur la production de la biomasse, la quantité d'azote accumulée et le rendement du pois et pois chiche. De ce fait, des essais ont été menés au champ dans la station El Marja de l'INRAT (latitude 36°31'52.13", longitude 8°57'23.20") au gouvernorat de Jendouba durant la campagne agricole 2015-2016.

Matériel et Méthodes

Matériel végétal: variété de pois = Lincoln = et variété locale de pois chiche = Béja1 = ont été utilisées.

Matériels biologiques:

Bactéries: deux souches de Rhizobium spécifiques au pois (S1 et S2) et une souche spécifique au pois chiche et ont été utilisées.

Inoculum appliqué au semis et au stade 4 feuilles à l'aide d'une suspension de 10^8 cellules ml^{-1} de chaque souche.

Sol= La station El Marjaal (Beu Salem) est caractérisée par un climat semi-aride à hiver frais, un sol argilo-limoneux contenant 12% de calcaire actif. 30ppm de P2O5, 70ppm de K2O, 207.97 ppm d'azote minéral, avec un pH de l'ordre de 7.55 et une conductivité électrique égale à 0.16 mmhos/cm.

Fertilisation azotée: La fertilisation azotée a été fractionnée en 3 apports à raison de 20 UN/Ha (semis, levée, floraison).

Paramètres mesurés: Les paramètres suivis ont porté sur la biomasse aérienne et racinaire, la nodulation et la fixation symbiotique de l'azote. A la récolte, la paille, la graine totale, la production en grains et le poids de cent graines ont été effectuées.

Analyse statistique: logiciel SPSS (version 20.0 for windows), test de Duncan au seuil de risque de 5%.

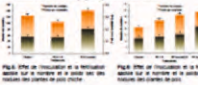


Fig.1. Effet de l'inoculation et de la fertilisation azotée sur la nodulation des plantes de pois.

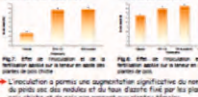


Fig.2. Effet de l'inoculation et de la fertilisation azotée sur la nodulation des plantes de pois.

Fig.3. Effet de l'inoculation et de la fertilisation azotée sur la nodulation des plantes de pois.

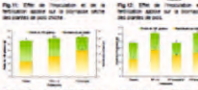


Fig.4. Effet de l'inoculation et de la fertilisation azotée sur la nodulation des plantes de pois.

→ L'inoculation a permis une augmentation significative du nombre et du poids sec des nodules et du taux d'azote fixé par les plantes de pois chiche et de pois par rapport aux plantes témoins.

Résultats

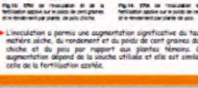


Fig.1. Effet de l'inoculation et de la fertilisation azotée sur la nodulation des plantes de pois chiche.

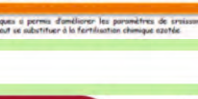


Fig.2. Effet de l'inoculation et de la fertilisation azotée sur la nodulation des plantes de pois chiche.

Fig.3. Effet de l'inoculation et de la fertilisation azotée sur la nodulation des plantes de pois chiche.

Fig.4. Effet de l'inoculation et de la fertilisation azotée sur la nodulation des plantes de pois chiche.

→ L'inoculation a engendré une augmentation significative de la biomasse aérienne et racinaire des plantes au stade floraison par rapport au témoin. Cette amélioration dépend de la souche utilisée et elle est similaire à celle de la fertilisation azotée.

→ L'inoculation a permis une augmentation significative du taux de matière sèche, du rendement et du poids de cent graines du pois chiche et du pois par rapport aux plantes témoins. Cette augmentation dépend de la souche utilisée et elle est similaire à celle de la fertilisation azotée.

Conclusions

Nous pouvons conclure que l'inoculation par des rhizobia spécifiques a permis d'améliorer les paramètres de croissance, de rendement et le taux d'azote du pois et du pois chiche, et qu'elle peut se substituer à la fertilisation chimique azotée.

The Fertilizer-dependent efficiency of *Mesorhizobium* for improving growth, potassium uptake and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.)

I. Hemissi[1], D. Hlel[2] ,N. Abdi[1] ,A. Hachana[1], B. Sifi[1]

[1]Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie (INRAT), [2] Institut des Grandes Cultures de Tunisie (INGC)

Introduction

Fertilizers are essential components of modern agriculture because they provide essential plant nutrients. The overuse of fertilizers can cause unanticipated environmental impacts (Kohler et al. 2009). One potential way to decrease negative environmental impacts resulting from continued use of chemical fertilizers is inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR). These bacteria exert beneficial effects on plant growth and development (Bashan et al. 2007). One of the important mechanisms for these beneficial effects is PGPR-elicited enhanced nutrient availability and nutrient use efficiency.

In a recent review, Glick et al. (2007) observed that some PGPR may influence plant growth by synthesizing plant hormones or facilitating uptake of nutrients from the soil through different mechanisms such as atmospheric nitrogen (N) fixation, solubilization of phosphorus (P), and synthesis of siderophores for iron sequestration making nutrients more available to plants. Chemical fertilizers often have low use efficiency, meaning that only a portion of the applied nutrients are taken up by plants. For example, P is precipitated after addition to soil, thus becoming less available to plants (Gyaneshwar et al. 2002). In addition, applied N can be lost through nitrate leaching, resulting in contamination of groundwater. Microbial inoculants have shown some promise in increasing nutrient availability. For example, previous reports have suggested positive impacts of microbial use on N uptake involving nonlegume biological fixation (Aseri et al. 2008). Also, inoculation with some microbes, including Rhizobium, resulted in P solubilization or enhanced plant uptake of fixed soil P and applied phosphate resulting in higher crop yield (Hermiss et al 2015). The main mechanism resulting in increased availability of inorganic P appears to be through the action of organic acids synthesized by inoculants (Hermiss et al 2015). The use of PGPR for improving plant nutrition and thus partially compensating the need of chemical fertilizers so beneficial for sustainable and organic agriculture (Karlidag et al. 2007). Nevertheless, there is a great deal of inconsistent information on the effectiveness of PGPR (such as *Azospirillum* species) on plant growth in soil amended with various levels of fertilizers (Lucy et al.2004). The objectives in this study were to determine (1) if reduced rates of inorganic fertilizer (N) coupled with microbial inoculants (*Mesorhizobium ciceri*) will produce plant growth, yield, and nutrient uptake levels (N, P and K) equivalent to those with full rates of the fertilizer and (2) the minimum level to which fertilizer could be reduced when inoculants were used. To achieve these objectives, experiments were designed using *Mesorhizobium ciceri* coupled with different fertilizer regimes. The *Mesorhizobium ciceri* strain studied was previously reported to elicit significant effects on root development, plant growth, biocontrol, and induced systemic resistance (Hermissi et al. 2011, 2015).

Materials

❖ Characteristics of PGPR used for inoculation

The *Mesorhizobium ciceri* Pch Beja used in this study possess ACCdeaminase activity, auxins production, phosphorus solubilization and antifungal activity. This strain was grown at 28°C on yeast extract mannitol medium containing 0.08% of yeast extract (w/v) and 1% of mannitol (w/v). The bacteria isolate derived from single colonies.

❖ Production of bacterial inoculum

Bacterial inoculum was prepared in 250 ml flasks containing YEM. After inoculation with bacteria, the flasks were incubated on a rotator shaker at 120 rpm at 28°C for 72 h. Before use, bacterial concentration was adjusted to 108 cells ml-1 (OD 620 0.8-0.9). 100 ml of bacterial inoculum was added to each elementary plot.

Methods

Fig. 1: Clear zone diameter formed by Pch Beja strain due to insoluble phosphorus hydrolyze

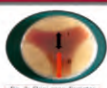


Fig. 2: Clear zone diameter formed by

❖ Fields trials

Field experiments were carried out at El Marja station which belongs to the National Institute of the field Crop (INGC) in northern Tunisia during 2015–2016. The wheat variety "Karim" and a *Mesorhizobium* strain "Pch Beja) previously tested in greenhouse were studied under field conditions. The field experiment consisted of 10 treatments.

- T1: unfertized soil (control).
- T2: 25% of N fertilizer.
- T3: 50% of N fertilizer.
- T4: 75% of N fertilizer.
- T5: 100% of N fertilizer.
- T6: unfertilized soil and plant inoculated with Pch Beja strain.
- T7: Plant inoculated with Pch Beja strain plus 25% dose fertilized
- T8: Plant inoculated with Pch Beja strain plus 50% dose fertilized.
- T9: Plant inoculated with Pch Beja strain plus 75% dose fertilized.
- T10: Plant inoculated with Pch Beja strain plus 100% dose fertilized.

Yield parameters evaluated were: grain yield (kg ha-1), 1000-seed weight, number of spikes per m2, and number of grains per spike. Nitrogen, Phosphorus, and Potassium contents in grain and straw samples were determined using the procedure described by Ryan et al. (2001).

Fig. 3: Production of bacterial inoculum: Bacterial inoculum was prepared in 250 ml flasks containing YEM. After inoculation with bacteria, the flasks were incubated on a rotator shaker at 120 rpm at 28°C for 72 h. Before use, bacterial concentration was adjusted to 10^8 cells ml^{-1} (OD $_{620}$ 0.8-0.9). 100 ml of bacterial inoculum was added to each elementary plot.

Results

Fig. 4: Field experiments at El Marja station which belongs to the National Institute of the field Crop (INGC) in northern Tunisia during 2015–2016.

Table 1. Effect of inoculation with *Mesorhizobium* strain on fresh biomass and 1000 grain of wheat at different level of N fertilizers in field trial (Average of four replicates)

Treatments	Fresh biomass (t ha^{-1})		1000 grain weight (g)	
N (kg ha^{-1})	Uninoculated strain	*Mesorhizobium* strain	Uninoculated strain	*Mesorhizobium* strain
T0 (control)	5,3 ± 0,56 c	6,3 ± 0,55 a	35,8 ± 1,41 a	40,8 ± 0,70 d
25% of N fertilizer	6,4 ± 0,53 c	8,3 ± 0,15 d	46,3 ± 0,43 c	48,4 ± 2,39 c
50% of N fertilizer	8,6 ± 0,15 b	12,5 ± 0,46 c	54,7 ± 1,65 b	62,9 ± 0,52 b
75% of N fertilizer	11,7 ± 0,92 a	13,8 ± 0,34 b	62,7 ± 0,44 a	64,6 ± 0,71 ab
100% of N fertilizer	13,5 ± 0,28 a	14,6 ± 0,58 a	66,1 ± 0,57 a	67,0 ± 0,42 a

Table 2. Effect of inoculation with *Mesorhizobium* strain on grain yield of wheat at different level of N fertilizers in field trial (Average of four replicates)

Treatments	Grain yield (t ha^{-1})	
N (kg ha^{-1})	Uninoculated strain	*Mesorhizobium* strain
T0 (control)	1,2 ± 0,56 e	3,1 ± 0,35 d
25% of N fertilizer	2,4 ± 0,53 d	3,4 ± 0,15 d
50% of N fertilizer	3,6 ± 0,15 c	5,5 ± 0,46 c
75% of N fertilizer	4,7 ± 0,92 b	5,8 ± 0,34 b
100% of N fertilizer	5,5 ± 0,28 a	6,0 ± 0,58 a

Table 3. Effect of inoculation with *Mesorhizobium* strain on on macronutrient (P et K) concentration (%) in grain of wheat plant at different level of N fertilizers in field trial.

Treatments	P (%)		K (%)	
N (kg ha^{-1})	Uninoculated strain	*Mesorhizobium* strain	Uninoculated strain	*Mesorhizobium* strain
T0 (control)	0,3 ± 0,56 c	0,5 ± 0,55 a	35,8 ± 1,41 a	40,8 ± 0,70 d
25% of N fertilizer	0,4 ± 0,53 c	0,3 ± 0,15 d	46,3 ± 0,43 c	48,4 ± 2,39 c
50% of N fertilizer	0,6 ± 0,15 b	0,5 ± 0,46 c	54,7 ± 1,65 b	62,9 ± 0,52 b
75% of N fertilizer	0,7 ± 0,92 a	0,8 ± 0,34 b	62,7 ± 0,44 a	64,6 ± 0,71 ab
100% of N fertilizer	0,5 ± 0,28 a	0,6 ± 0,58 a	66,1 ± 0,57 a	67,0 ± 0,42 a

Results

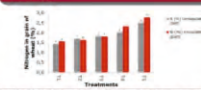


Fig. 3: Effect of inoculation with *Mesorhizobium* strain on nitrogen concentration (%) in grain of wheat plant at different level of N fertilizers in field trial (Average of four replicates).

Results revealed that the *Mesorhizobium* strain Pch Beja was effective in increasing fresh biomass, grain yield, 1000 grain weight and macronutrients (N,P and K) concentration of wheat plant in field trial.

Discussion

The rhizobacteria-containing ACC-deaminase are well known for improving root growth of plants as a consequence of decreased ethylene synthesis through ACC hydrolysis into NH3 and α-ketobutyrate in the inoculated roots (Shaharoona et al. 2007). Root growth of plants is also very sensitive to the endogenous levels of phytohormones and concentration of nutrients (especially N, P, and K) in the adjacent soil (Mardiner 1995). Therefore, this study was conducted to investigate the efficacy of these ACCdeaminase rhizobacteria to promote growth of wheat grown in soil amended with simultaneously varied levels of N fertilizers. Previously, Shaharoona et al. (2006) have also reported that inoculation with Pseudomonads containing ACC-deaminase promoted growth and yield of maize with variable efficacy exclusively under different levels of nitrogen application. In the present scenario of rapid population growth, it is difficult to compromise on real potential of crop productivity; thus, all the efforts should be focused on maximizing the crop production along with the judicial use of chemical fertilizers. This situation demands the selection of the PGPR which could enhance crop yield over and above that obtainable by optimum fertilization.

Conclusions

The results of this study imply that excessive use of expensive chemical fertilizer could be avoided to a significant extent without compromising the crop yields by employing the *Mesorhizobium* strain. Additionally, the use of PGPR with lower fertilizer application is also an environment-friendly strategy. Although inoculation was effective at all the N fertilizer levels, its positive impact decreased with increasing rates of fertilizer application. It could be concluded that PGPR technology should be employed with appropriate doses of fertilizers to get maximum benefit in terms of fertilizer savings and better growth.

References

Kohler et al. 2009
Bakker et al. 2007
Glick et al. (2007)

INGC
المعهد الوطني للزراعات الكبرى
Institut National des Grandes Cultures

المراجع الفنية

- المرجع الفني لزراعة القمح الصلب
- المرجع الفني لزراعة الشعير
- المرجع الفني لزراعة القمح اللين
- المرجع الفني لزراعة التريتيكال
- المرجع الفني لزراعة البقوليات

المطـــويـــات

- المعهد الوطني للزراعات الكبرى
- التعريف بأصناف الحبوب التونسية، خصائصها ومناطق تأقلمها
- الفلاحة الحافظة وتقنية البذر المباشر
- الورقة الفنية لزراعة السلجم الزيتي
- أحكام تسيير ري الحبوب تطبيقة إحكام تسيير الري
- التسميد الأساسي لزراعة الحبوب
- التسميد الازوتي بمزارع الحبوب
- مبيدات مكافحة الأعشاب الضارة
- المقاومة المندمجة لعشب البروم
- عشب الهالوك بزراعة البقول
- آفة الهالوك بحقول الزراعات الكبرى: المخاطر وطرق المقاومة
- تعديل و صيانة آلة الحصاد للحد من الضياع
- تعديل آلة النثر لضمان تسميد ناجع و متجانس
- تعديل آلة الرش لضمان نجاعة المبيدات و ترشيد إستعمالها

الدلـــيل الفني

- دليل التعرف على أهم الأعشاب الضارة بالزراعات الكبرى وطرق مكافحتها
- التحكم في عشب المنجور المقاوم للمبيدات (نسخة عربية ونسخة فرنسية)

البطاقات الفنية

- بطاقات فنية لأصناف القمح الصلب: كريم، رزاق، معالي، خيار، نصر، ام الربيع
- أصناف القمح الصلب التونسية المسوقة : خصائصها و ميزاتها
- أصناف القمح اللين التونسية المسوقة : خصائصها و ميزاتها
- تقييم مرض التبقع السبتوري لتحديد الوقت الأمثل للتدخل

المعـــلقـــات

- إستراتيجية مكافحة عشب المنجور المقاوم للمبيدات

ingc@ingc.tn
www.ingc.com.tn

Conception
GARFI Thameur