دراسة تأثير التلقيح بـ Azospirillum في نمو وإنتاجية نباتات القطن المزروع في تربة مالحة عند استخدام مستويات مختلفة من السماد العضوي والمعدني

أ.د. عبدالله العيسى[1] –محمود المرعي[2]

هدفت الدراسة إلى تقييم تأثير تلقيح *Azospirillum* على بعض مؤشرات النمو و الخصائص الإنتاجية لمحصول القطن في تربة مالحة (8.1ds/m)، تحت مستويات مختلفة من التسميد العضوي (0، 10، 20، 40 طن/هـ) والتسميد المعدني ((150–100–0)، (100–100–0)، (50–100–0)) من N–P–K في حوض الفرات الأدنى. صممت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة RCBD .

أثبتت نتائج الدراسة أن التلقيح بـ *Azospirillum spp.* حسّن نمو وإنتاجية القطن في الترب المتأثرة بالملوحة، ولا سيما عند دمجه مع التسميد العضوي؛ فقد أظهر الدمج بين التلقيح بالـ بـ *Azospirillum* والمستوى المتوسط من السماد العضوي 20 طن/هـ تفوقًا واضحًا في معظم المؤشرات المدروسة مقارنةً بباقي معاملات الدراسة؛ إذ أدّى هذا التآزر إلى تحسين مؤشرات النمو الخضري والتكاثري، و زيادة عدد الفروع والجوزات المتفتحة ووزنها، وتسريع المراحل الفينولوجية، إضافةً إلى رفع نسبتي العقد والتفتح المنتظم، مما انعكس ذلك بزيادة معنوية في الوزن الجاف والإنتاجية الكلية.

بينت النتائج تفوقًا ملحوظًا للسماد العضوي على التسميد المعدني، سواء أكان منفردًا أو عند دمجه مع التلقيح بالـ *Azospirillum*، وبرز ذلك في المعاملة الملقحة بـ *Azospirillum* مع 20 طن/هـ التي حققت أعلى كفاءة إنتاجية وجودة، مقارنةً بمعاملات التسميد المعدني الملقحة التي رغم تحسنها عن الشاهد، إلا أنها بقيت دون مستوى المعاملات العضوية الملقحة.

[1] أستاذ في قسم التربة واستصلاح الأراضي – كلية الزراعة – جامعة حمص

[2] طالب دكتوراه في قسم التربة واستصلاح الأراضي- كلية الزراعة- جامعة حمص

أبدت المعاملة الملقحة بـ *Azospirillum* والمخفضة فيها كمية السماد النيتروجيني إلى 60% من التوصية السمادية الموصى بها أداءً إنتاجياً متميزاً، إذ حققت تحسينات واضحة في مؤشرات نمو القطن وإنتاجيته، بما يؤكد قدرة التلقيح بالـ *Azospirillum* على تقليل الاعتماد على الأسمدة المعدنية.

سُجل وجود فروق موسمية بين العروتين (الربيعية والخريفية)؛ إذ تفوّق الموسم الأول العروة الربيعية على الثاني العروة الخريفية في معظم المؤشرات الإنتاجية لنبات القطن.

توصي الدراسة باستخدام التلقيح بالـ *Azospirillum* بالتكامل مع التسميد العضوي بمعدل 20 طن/هـ كمدخل زراعي مستدام لتحسين إنتاجية القطن في الترب المالحة، مع تقليل الاعتماد على الأسمدة المعدنية.

كلمات مفتاحية: *Azospirillum*– التربة المالحة– السماد العضوي– السماد المعدني – المؤشرات الإنتاجية للقطن السوري.

Effect of *Azospirillum* Inoculation on the Growth and Yeild of Cotton (Gossypium spp) Cultivated in Saline Soil Under Different Levels of Organic and Mineral Fertilization

The study aimed to evaluate the impact of *Azospirillum* inoculation on growth performance and yeild characteristics of cotton grown in saline soil (8.1 dS m^{-1}) under different levels of organic fertilizer (0, 10, 20, and 40 t ha^{-1}) and mineral fertilizer rates (150-100-0, 100-100-0, and 50-100-0 N-P-K) in the Lower Euphrates Basin. The experiment was arranged in a Randomized Complete Block Design (RCBD) The results demonstrated that inoculation with *Azospirillum* spp. Significantly improved the growth and productivity of cotton cultivated in salt-affected soils, particularly when combined with organic fertilization. The integration of bio-inoculation with the intermediate organic matter level (20 t ha^{-1}) produced the most pronounced enhancement across the studied parameters. This combination improved both vegetative and reproductive growth, increased the number and weight of open bolls, accelerated phenological development, and enhanced boll-setting and uniform opening percentages, ultimately leading to significant increases in dry matter accumulation and total yield. The findings also revealed a clear superiority of organic fertilization over mineral fertilization, whether applied alone or in combination with bio-inoculation. Organic amendments improved soil properties, enhanced microbial activity within the rhizosphere, and increased plant tolerance to salt stress. This was particularly evident in the inoculated treatment receiving 20 t ha^{-1}, which achieved the highest levels of productivity and fiber quality. In contrast, mineral fertilization—despite showing improvements over the uninoculated control—remained less effective than the inoculated organic treatments due to its limited impact on soil structure and microbial activation. Moreover, the inoculated treatment in which nitrogen fertilizer was reduced to 60% of the recommended rate exhibited notable productive performance. This indicates the ability of *Azospirillum* to enhance nitrogen-use efficiency, reduce dependence on mineral fertilizers, and consequently minimize environmental pollution. Seasonal variation was also evident, as the spring

season (first growing cycle) outperformed the autumn season (second cycle) in most productivity indicators. This advantage is attributed to more favorable environmental conditions during the spring cycle, which mitigated salt-related and thermal stresses, enhanced nutrient uptake efficiency, and improved growth and yield attributes.
The study recommends the use of *Azosprillium* inoculation in combination with organic fertilization at a rate of 20 tons/ha as a sustainable agronomic approach to enhance cotton productivity in salt -affected soils, while reducing reliance on mineral fertilizers.

Keywords: *Azospirillum*, saline soil, organic fertilizer, mineral fertilizer,Syrian cotton yield indicators.

الدراسة مرجعية:

يُعد القطن من أهم المحاصيل الاقتصادية الاستراتيجية في سورية، حيث يُعرف بـــ "الذهب الأبيض" ويشكّل ركيزة أساسية للاقتصاد الوطني عبر مساهمته في الصادرات وتوفير فرص العمل لأكثر من مليون شخص في مجالات الزراعة والصناعة النسيجية (عبد العزيز، 2009). وتشكل المساحة المزروعة بالقطن حوالي 20–22% من الأراضي الزراعية المروية، وقد تطورت زراعته وإنتاجه تطورا كبيراً حيث زاد المردود في وحدة المساحة من 1625 كغ/هـ إلى 4000 كغ/هـ في أواخر العقد الماضي (المصطفى وأخرون،2022)، يعتمد إنتاج القطن على مصادر ري متنوعة تشغل 20% من إجمالي المساحات المروية، مع تحقيق أفضل النتائج باستخدام الري بالتنقيط (فؤاد وأخرون، 2013). وتتركز زراعته على أصناف محلية محسّنة مثل حلب 118 والرقة 5 ودير 22، مع جهود بحثية مستمرة في إنتاج البذار وطنياً بكلفة منخفضة (جرعتلي، 2011).

تعد ملوحة التربة من أكبر التحديات البيئية التي تهدد الأمن الغذائي العالمي، حيث تشير تقديرات برنامج الأمم المتحدة للبيئة إلى أن نحو 20% من الأراضي الزراعية و50% من الأراضي المزروعة المروية حول العالم تتأثر بالملوحة، مع انخفاض محتمل لمساحة الأراضي الصالحة للزراعة بنسبة 1–2% سنويًا، خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة (FAO,).

(2020; Ma, 2024) تؤثر الملوحة على نمو النباتات من خلال ضعف إنبات البذور (Casanovas, *etal*.2022) و تقليل التمثيل الضوئي، وتعطيل تخليق البروتين واستقلاب الدهون، وتقليل الكتلة الحيوية مما يؤثر على إنتاجية المحاصيل، وإحداث خلل غذائي وتسمم أيوني، مما يقلل إنتاجية المحاصيل (Zhang and wang, 2023; Egamberdieva *et al*., 2019; Chaudhary, *etal*.2024) في هذا السياق، تُعد البكتيريا الجذرية المعززة لنمو النبات (PGPR)ومنها *Azospirillum* spp بكتريا عصوية قصيرة منحنية قليلاً، متحركة ذات أسواط قطبية، سالبة لصبغة غرام، تعيش في منطقة الريزوسفير (المنطقة المحيطة بجذور النبات)، وتعيش علاقة تعايش اختيارية مع النباتات ، تقوم بتثبيت النتروجين الجوي، وتفرز هرومونات طبيعية محفزة لنمو النباتات، و تعتبر إحدى الاستراتيجيات الفعالة للتخفيف من آثار الإجهاد الملحي وتحسين نمو المحاصيل (Paul & Lade, 2015; Bashan & Holguin, 2016)، وقد ثبت أن استخدام PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) مفيد في تطوير استراتيجيات لتحسين نمو النباتات في التربة المالحة (Kohler *et al*.2009)، من خلال تحسين نسبة الإنبات وزيادة نمو وإنتاجية المحاصيل الحبية وغير الحبية. أظهرت التجارب أن *Azospirillum* تساهم بشكل فعّال في دعم نمو النباتات من خلال عدة آليات رئيسية، منها تثبيت الآزوت الجوي، و تزويد النبات بجزء من احتياجاته من النتروجين، وإفراز منشطات نمو مختلفة تعزز النمو الجذري وتطوير المجموع الخضري. بينت الدراسات الكمية باستخدام ميزان النتروجين وتحليل النظائر المستقرة أن نحو 30–60% من احتياجات بعض النباتات من النتروجين يمكن تأمينها بواسطة *Azospirillum* الموجودة طبيعياً على الجذور (Barbosa, 2022; Fukami *et al*., 2018)،العيسى، 2007)، وقد أظهرت إمكانياتها في تحسين إنتاجية المحاصيل في المناطق الجافة وشبه الجافة (Egamberdieva *et al*., 2019) ، مما يمكّن النباتات من تحمل تراكم أيونات الصوديوم وتحسين استخدام الماء والعناصر الغذائية تحت ظروف التربة المالحة (Zhang *et al*., 2023; Bashan *et al*., 2010; Dobbelaere *et al*., 2003) . تشير الدراسات إلى أن *Azospirillum* تؤدي دورًا محوريًا في تعزيز قدرة النبات على تحمّل مختلف أنواع الإجهادات الحيوية وغير الحيوية، وذلك

من خلال تنشـيط الآليات الدفاعية وتحسـين كفاءة أنظمة التحمّل الفيزيولوجي؛ فقد أوضـحت مراجعة علمية أن التلقيح بهذه البكتيريا يسـهم في رفع جاهزية الجهاز المناعي النباتي، وتحفيز اسـتجابات التكيّف تحت ظروف الإجهاد المختلفة (Fukami and Hungria, 2018) ، وفي السـياق نفسـه، بيّنت الدراسـات أن *Azospirillum* يعمل على زيادة تراكم مضـادات الأكسـدة (Giri, and, Chattaj, 2025)، ، كما أكدت دراسـات أخرى على المحاصـيل الحقلية أن اسـتخدام *Azospirillum* في الذرة أدى إلى زيادة واضـحة في الغلة، ما يعكس فعاليته كملقّح حيوي واعد في النظم الزراعية المستدامة، وبصورة أوسع أثبتت دراسات متعددة أن التلقيح بهذه البكتيريا يحسّـن إنتاجية محاصـيل مختلفة مثل القمح، الأرز، البطاطا، الفاصـولياء والذرة تحت ظروف الإجهاد الملحي، من خلال تعزيز نمو المجموع الجذري، و تحسين كفاءة استخدام الماء والنتروجين، ورفع قدرة النبات على مقاومة الإجهاد الأسـموزي (Kumar *et al*., 2021; Yasmin *et al*., 2021; Naqqash *et al*., 2022; Omer, 2022; Ali and Mahmood, 2022; Barbosa, 2022).

أوضحت دراسة أخرى أن تلقيح بذور القطن بـ *Azospirillum* بالتزامن مع استخدام الزنك النانوي أدى إلى زيادة نشاط إنزيمات الكاتالاز (CAT) ، البيروكسيداز (POD) ، وبوليفينول أوكسـيداز (PPO) تحت ظروف الإجهاد الملحي، مما سـاهم في تحسـين نمو النبات ومقاومته للملوحة (Samantaray, 2024). تُبرز هذه النتائج أهمية اسـتخدام *Azospirillum* كتقنية بيولوجية فعالة لتعزيز تحمل القطن للإجهاد الملحي من خلال تحسـين النشـاط الإنزيمي وتعزيز التغذية النباتية.

أظهرت العديد من الدراسـات الحقلية الخاصـة بمحصـول القطن أنّ التلقيح الحيوي بـ *Azospirillum* ينعكس إيجابًا على مكوناته الإنتاجية المختلفة، حيث سُـجلت زيادات معنوية في عدد الأزهار والجوزات، ووزن الجوزة، وعدد الأفرع الثمرية، وهو ما أسـهم مباشـرة في تحسـين الإنتاجية النهائية للمحصـول (El-Esawi *et al*., 2020; Mahmood *et al*., 2023; Nawaz *et al*., 2023). ولم يقتصـر تأثير التلقيح الحيوي على زيادة الغلة فحسـب، بل امتد ليشـمل تحسين جودة الألياف، إلى جانب تقصـير المراحل الفينولوجية للنمو، وهو مؤشـر واضـح على كفاءة *Azospirillum* في تسـريع الدورة الإنتاجية للقطن تحت ظروف الإجهاد المختلفة

(Ali and Ahmed., 2021; Ghazala *et al*., 2022; Saeed *et al*., 2018)، وعند مقارنة أنظمة التسميد المختلفة، تبيّن أنّ الجمع بين التسميد العضوي والتلقيح الحيوي بـ *Azospirillum* أدى إلى نتائج تفوقت على التسميد المعدني التقليدي وحده، مما يؤكد أهمية تبنّي استراتيجيات متكاملة تجمع بين المدخلات الحيوية والعضوية، ولا سيما في البيئات المتأثرة بالملوحة (Saha & Mandal, 2017; Nadeem *et al*., 2014; Khan *et al*., 2009) وفي هذا السياق، أظهرت الدراسات الحقلية أنّ تلقيح بذور القطن بـ *Azospirillum* حسّن مؤشرات النمو الخضري، بما في ذلك ارتفاع النبات وعدد الأفرع، مما عزز قدرة النبات على امتصاص الماء والعناصر الغذائية والتمثيل الضوئي (Patil, 2011)، إضافة إلى ذلك، تبيّن أنّ دمج التلقيح الحيوي مع مستويات منخفضة من الأسمدة النتروجينية أسهم في زيادة عدد الجوزات ووزنها وتحسين جودة الألياف، مع تعويض جزئي لانخفاض كميات الأسمدة المعدنية المستخدمة (Nadeem *et al*., 2014) وأكدت دراسات أخرى قدرة *Azospirillum* على تعزيز مقاومة نبات القطن لإجهاد الملوحة من خلال تحسين الخصائص الفسيولوجية، وتحسين الخصائص النوعية لمحصول القطن مثل زيادة نسبة الغزل (GOT) وطول التيلة، بالإضافة إلى خفض الإصابة بفيروس تجعد أوراق القطن بنسبة وصلت إلى 36% مقارنةً بمعاملة الشاهد غير الملقحة (Osman & Karademir, 2019; Zhang *et al*., 2023) و أشار كل من (Singh *et al*. 2020; Gul *et al*. 2021) إلى تفوق استخدام الأسمدة الحيوية–العضوية المتكاملة في رفع إنتاجية القطن بنسبة تراوحت بين 40–60% مقارنةً بالتسميد التقليدي.

أهمية ومبررات البحث: تعاني الترب في منطقة حوض الفرات الأدنى من مستويات مرتفعة من الملوحة، مما ينعكس سلبًا على نمو وإنتاجية المحاصيل بشكل عام، وخاصة محصول القطن الذي يعد من المحاصيل الإستراتيجية في المنطقة، **الأمر الذي يجعل البحث عن حلول مبتكرة ومستدامة لرفع كفاءة الإنتاج في هذه الترب أولوية.، كما تبرز الحاجة لاستخدام أساليب زراعية مستدامة بديلة عن التسميد الكيميائي المكلف.** إذ يُعد الدمج بين التسميد العضوي والتلقيح الحيوي بـ *Azospirillum.* Spp أحد الأساليب الواعدة لتحسين تغذية النبات في البيئات المتأثرة بالملوحة، من خلال تعزيز تثبيت الآزوت الحيوي مما

يسهم في تقليل الاعتماد على الأسمدة المعدنية المكلفة وخفض التلوث البيئي الناتج عن الإفراط في استخدامها؛ من جانب أخر هناك محدودية في الدراسات المحلية حول التلقيح الحيوي للقطن في الأراضي المالحة السورية، في ظل أنظمة تسميد مختلفة، من شأن هذه الدراسة سد فجوة معرفية مهمة، وتوفير بيانات علمية تطبيقية تسهم في تعميم استخدام اللقاحات الحيوية الملائمة لظروف المنطقة، واعتمادها ضمن حزم الممارسات الزراعية المحسّنة للمزارعين.

أهداف البحث :

هدف البحث الى دراسة تأثير التلقيح بـ *Azospirillum* spp على بعض المؤشرات المورفولوجية والفينولوجية والتكاثرية والإنتاجية لنبات القطن (صنف دير 22) المزروع في تربة مالحة عند استخدام مستويات مختلفة من السماد العضوي والمعدني.

مواد وطرائق البحث:

أُجريت الدراسة في محافظة دير الزور ضمن حوض الفرات الأدنى خلال موسمي العروة الربيعية والعروة الخريفية، بهدف دراسة تأثير تلقيح بذور القطن بـ *Azospirillum* spp. تحت ظروف الإجهاد الملحي. استُخدم صنف القطن دير 22، وزُرعت البذور في تربة ملوحتها 8.1 dS/m، بعد إجراء التحاليل الكيميائية الأساسية للتربة وفق الطرق القياسية. تم عزل سلالات *Azospirillum* spp من ترب متفاوتة الملوحة من المنطقة نفسها، ثم نُقّيت وشُخّصت مخبريًا، واُستُخدم المعلّق البكتيري بتركيز (10^7 CFU/ml) في تلقيح البذور (العيسى، 2005)، جرى التلقيح مباشرة قبل الزراعة. بلغت مساحة القطعة التجريبية 8 م² وضمت 25 نباتًا. وتمت الزراعة على خطوط المسافة بين الخطوط 60 سم، والمسافة بين النبات والأخر 70 سم، مع ترك مسافات بين القطع التجريبية بحدود 75 سم، وبذلك تكون المساحة الكلية للتجربة مع الفواصل بحدود 500 م^2. شملت المعاملات عاملين رئيسيين هما: عامل التلقيح الحيوي (ملقح / غير ملقح)، وعامل التسميد: وله سبعة مستويات موزعة كالتالي:

- بدون إضافة سماد عضوي أو معدني
- ثلاث مستويات من السماد العضوي (سماد روث أبقار) (10، 20، 40 طن/ هكتار)

- ثلاث مستويات من السماد المعدني : (150-100-0)، (100-100-0)، (50-100-0) كغ/ هـ من K-P-N، مع توحيد عمليات الري والتسميد والمكافحة في جميع المعاملات والموسمين. مع الاخذ بعين الاعتبار أن الأسمدة النتروجينية المستخدمة هي اليوريا، والفوسفاتية هي السوبر فوسفات.

التحليل الإحصائي: نُفذت التجربة باستخدام تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD) بثلاث مكررات، حيث تم ترميز المعاملات وفق مايلي: المعاملات الملقحة (l)، غير الملقحة (n)، التسميد العضوي (o)، والتسميد المعدني(m). وبناء على هذا التوزيع إجمالي معاملات الدراسة 14 معاملة، وبوجود 3 مكررات لكل معاملة أصبح العدد الكلي للوحدات التجريبية 42 وحدة، وقد تم تحليل البيانات إحصائياً باستخدام برنامج التحليل الإحصائي SPSS ، وذلك لاستخراج الفروقات المعنوية بين المعاملات وفقاً لتصميم التجربة.

جدول(1) يوضح معاملات التجربة

رقم المعاملة	رمز المعاملة	الأسمدة المضافة
1	l	شاهد ملقح بدون إضافة سماد عضوي ومعدني
2	io1	ملقحة + 10 طن سماد عضوي أبقار
3	io2	ملقحة + 20 طن سماد عضوي أبقار
4	io3	ملقحة + 40 طن سماد عضوي أبقار
5	im1	ملقحة+ (150-100-0) سماد معدني K-P-N على التوالي
6	im2	ملقحة+ (100-100-0) سماد معدني K-P-N على التوالي
7	im3	ملقحة+ (50-100-0) سماد معدني K-P-N على التوالي
8	n	شاهد غير ملقح بدون إضافة سماد عضوي ومعدني
9	no_1	غير ملقحة + 10 طن سماد عضوي أبقار
10	no_2	غير ملقحة + 20 طن سماد عضوي أبقار
11	no_3	غير ملقحة + 40 طن سماد عضوي أبقار
12	nm_1	غير ملقحة+ (150-100-0) سماد معدني K-P-N على التوالي
13	nm_2	غير ملقحة+ (100-100-0) سماد معدني K-P-N على التوالي

رقم المعاملة	رمز المعاملة	الأسمدة المضافة
14	nm_3	غير ملقحة+ (50-100-0) سماد معدني N-P-K على التوالي

التحاليل الكيميائية للتربة الأساسية :(في عودة وشمشم، 2007)

قياس الـ (pH) في مستخلص التربة (1:2.5)، و تحديد الناقلية الكهربائية (Ece) في مستخلص العجينة المشبعة، و تقدير المادة العضوية بطريقة الأكسدة الرطبة باستخدام ثنائي كرومات البوتاسيوم وفق طريقة والكي-بلاك المعدّلة، وتحديد الكربونات الكلية ($CaCO_3$%) باستعمال جهاز الكالسيميتر، وقياس سعة التبادل الكاتيوني (CEC) وفق الطريقة القياسية بالأسيتات، وتقدير الآزوت الكلي بطريقة كلداهل التقليدية، وتقدير الفوسفور المتاح باستخدام طريقة أولسن (Olsen *et al*. 1954)وبالتحليل الطيفي (Spectrophotometer)، و قياس البوتاسيوم المتاح بواسطة جهاز اللهب(Flame Photometer) ، تحديد تركيز الكالسيوم والمغنيزيوم المتاحين بطريقة المعايرة المعقد بـEDTA ، حساب نسبة الصوديوم المتبادل (ESP) ونسبة الصوديوم المدمص(SAR) ، قياس تراكيز الصوديوم والكلوريد الذائبين في مستخلص التربة، تحليل العناصر الصغرى المتاحة (Fe, Mn, Zn, Cu) بعد استخلاصها بطريقة DTPA.

التحاليل الكيميائية للسماد العضوي: قياس المادة العضوية بطريقة الحرق الجاف في الفرن، وتحديد المحتوى من النتروجين الكلي بطريقة كلداهل، والفوسفور بطريقة أولسن، والبوتاسيوم بجهاز اللهب، قياس الناقلية الكهربائية (EC-1:5) لتقييم ملوحته.

الخصائص الإنتاجية لمحصول القطن:

1. المؤشـــرات المورفولوجية (Morphological Indicators) تتضـــمن:عدد الفروع الخضـــرية- عدد الفروع الثمرية- طول النباتات خلال مرحلة النضـــجٍ- وزن النبات الجاف (غ): تم قطع نباتات متســـاوية في العدد من كل قطعة تجريبية عند عقدة الجذور من كل قطعة تجريبية بالمكررات الثلاثة ثم تم تجفيفها تحت أشـعة الشـمس ثم وزنت.
2. المؤشرات الفينولوجية (Phenological Indicators):

- طول الفترة الممتدة من الزراعة حتى الإزهار: تم حصـر المدة الزمنية من الزراعة حتى تفتح أول زهرة في 20% من النباتات.
- طول الفترة من الزراعة حتى النضج: تم حصر عدد الأيام من بداية الزراعة حتى تفتح أول جوزة في 20% من النباتات. سُـــجِلت هذه التواريخ من خلال الملاحظة اليومية للنباتات في الحقل.

3. المؤشرات التكاثرية (Reproductive Indicators): تشمل ما يلي:

- عدد الجوزات الكلي: تم حصـر الجوزات المتفتحة قبل القطفة الأولى مباشـرة، والجوزات غير المتفتحة بعد انتهاء القطفة الثانية، لكل قطعة تجريبية.
- عدد الجوزات المتفتحة: سُجّل لكل نبات ضمن كل قطعة تجريبية.

يتم عد الأزهار والجوزات وتسجيل نسبة العقد الناجحة من خلال الملاحظة الدقيقة.

4. المؤشرات الإنتاجية (Final Yield Indicators): وشملت:

- وزن الجوزة (غ): تم جمع الجوزات من نباتات محددة ومعلَّمة في كل قطعة تجريبية على حدة، وأُخذ متوسط وزن الجوزة الواحدة (غرام/ جوزة).
- وزن البذور/ نبات (غ): حُسِـــبَ من خلال وزن البذور الناتجة من الجوزات المتفتحة لكل نبات.
- انتاج القطن المحبوب كغ/هـ: تم وزن القطن المحبوب الناتج من كل قطعة تجريبية، ثم حُسبت إنتاجية الهكتار الواحد.
- إنتاجية القطن المحلوج كغ/هـ: جُمعت أوزان القطن المحبوب من جميع القطع التجريبية بعد حلجها، ثم حُسبت الإنتاجية الكلية للهكتار.

(Zafar, 2023; Kayoumu, 2022; Mahmood,*etal*. 2021; Sharma, 2021; Bista, 2025; Zhang, 2021; Rehman, 2020; Kimura, 2024; Sekloka,*etal*,2018)

جدول(2) بعض الخصائص الكيميائية للسماد العضوي للابقار

الخاصية	القيمة	الخاصية	القيمة
المادة العضوية الكلية (TOM %)	49.5	الناقلية الكهربائية (EC (dS/m	1.8
النتروجين الكلي N%	1.47	البوتاسيوم المتاح (K_2O %)	1.2
الفوسفور المتاح (P_2O_5 %)	0.8	نسبة الكربون إلى النتروجين C/N	19.5:1

يشير الجدول (2) إلى ارتفاع نسبة المادة العضوية (49.5%) في السماد العضوي للأبقار، مما ينعكس ايجاباً على جودة السماد وقدرته على تحسين خصوبة التربة وبنيتها. وتُعد قيم N و P_2O_5 و K_2O مناسبة لتزويد النبات بالعناصر الغذائية الأساسية، في حين أن نسبة C/N البالغة 19.5:1 تُعد مناسبة لعمليات التحلل وتحرير العناصر دون حدوث تثبيت للنتروجين، كما أن قيمة EC (1.8 dS/m) تشير الى انخفاض ملوحة السماد، مما يجعله مناسباً للاستخدام في الأراضي الملحية دون التسبب في إجهاد ملحي إضافي على النبات.

جدول (3) بعض الخصائص الكيميائية للترب المدروسة (متوسط الموسمين)

المؤشر	متوسط	دلالة المؤشرات الكيميائية
pH	8.33	تربة قلوية مرتفعة
Ece (dS/m)	8.14	ملوحة عالية جدًا
OM %	0.6	محتوى عضوي منخفض جدًا.
$CaCO_3$ %	26.2	نسبة عالية من الكربونات
SAR	18.26	ارتفاع نسبة الصوديوم المتبادل
CEC (meq/100g	11.67	سعة تبادل كاتيوني منخفضة نسبيًا
Ca^{2+} الذائب (meq/L)	21.2	تركيز جيد من الكالسيوم الذائب
Mg^{2+} الذائب (meq/L)	12.95	تركيز مرتفع نسبيًا
Na^{+} الذائب (meq/L)	58.11	تركيز شديد الارتفاع للصوديوم
Cl^{-} الذائب (meq/L)	34.45	مستوى عالٍ من الكلوريد
الكلي N%	0.53	منخفض جدًا
P المتاح (ppm)	10.6	منخفض.
K الذائب (ppm)	188.5	مستوى متوسط يميل للانخفاض.
Cu المتاح (mg/kg)	0.14	منخفضة
Zn المتاح (mg/kg)	0.5	
Fe المتاح (mg/kg)	0.81	
Mn المتاح (mg/kg)	0.31	

النتائج والمناقشة:

أولاً: دراسة تأثير التلقيح بـ *Azospirillum* spp على بعض المؤشرات المورفولوجية (النمو الخضري) لنبات القطن المزروع في تربة متأثرة بالملوحة تحت مستويات مختلفة من التسميد العضوي والمعدني:

A. عدد الأفرع الخضرية والثمرية:

تبين نتائج الجدول (4) وجود تأثير معنوي للمعاملات المدروسة على الأفرع الخضرية وكانت أقل القيم في الشاهد الملقح و غير الملقح وسجلا 3.79 و 3.73 فرعاً خضرياً على التوالي، في حين بلغت أعلى زيادة في عدد الأفرع الخضرية في المعاملتين: الملقحة بالـ *Azospirillum* و ذات المستوى 20 طن/هـ سماد الأبقار (io2) والملقحة وذات المستوى المعدني المخفض (im3) ولم يختلفا معنوياً فيما بينهما وبلغتا (5.46-6.12) فرعاً خضرياً على التوالي، كما ظهر التأثير الإيجابي للتلقيح بالـ*Azospirillum* على عدد الأفرع الثمرية فسجلت أعلى القيم عند المعاملة الملقحة بال Azospirillum و ذات المستوى 20 طن/هـ سماد الأبقار (io2) وصلت 14.91 فرعاً ثمرياً ، تلتها المعاملتين الملقتين ذات المستوى 10 طن/هـ، (io1) و وذات المستوى المعدني المخفض (im3) مسجلتة (12.66) فرعاً ثمرياً لكل منهما، في حين سجلت أدنى قيمة لها في الشاهد غير الملقح 7.18 فرعاً ثمرياً مما يشير إلى زيادة معنوية ذات دلالة إحصائية في عدد الفروع الخضرية والثمرية نتيجة الجمع بين الـ *Azospirillum* والمستوى المتوسط من السماد الأبقار والمقدر بـ 20 طن/هـ وهذا يعود إلى قدرة الـ *Azospirillum* في منطقة الريزوسفير على تنشيط النمو الخضري نتيجة زيادة النتروجين المثبت وتحفيز امتصاصه، هذه النتائج تتفق مع توصل إليه (Dahle.*etal*.2011;Bashan & de-Bashan, 2010; Bashan and Holguin 1997)، وكذلك لقدرة الـ *Azospirillum* على انتاج منظمات نمو كالأوكسينات والجبريلينات والسيتوكينينات التي من شأنها أن تحدث تغيرات مورفولوجية في القطن؛ كزيادة عدد التفرعات الخضرية، وزيادة المساحة الورقية للنبات (Vessey, 2003). إنّ زيادة عدد التفرعات الثمرية عائد إلى تحسين التوازن الغذائي بين العناصر الأساسية N-P-K، حيث يسهم التلقيح بـ *Azospirillum* في رفع كفاءة التمثيل الضوئي، ويزيد الكتلة الحيوية للنبات مما يوفر الطاقة اللازمة لزيادة عدد الفروع الثمرية، وتحسين العلاقات المائية للنبات تحت تأثير الإجهاد الملحي، حيث تُظهر النباتات الملقحة بالـ *Azospirillum* مقاومة أفضل للإجهاد الأسموزي من خلال تعزيز نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة (Egamberdieva, 2017) ، ومن جانب آخر تحسن الخواص الفيزيائية للتربة كالتهوية والنفاذية جراء وجود المادة العضوية الناتجة عن إضافات الأسمدة العضوية التي من

شأنها زيادة نشاط الجذور الجانبية وتحسين نمو المجموع الجذري الذي بدوره ينعكس إيجابيا على زيادة الأفرع الخضرية، وقد لوحظ أن زيادة عدد فروع الخضرية والثمرية في دراستنا بلغت ذروتها في المعاملة الملقحة عند 20 طن/هـ، ثم تراجعت قليلًا عند 40 طن/هـ بسبب احتمال زيادة التحلل العضوي وما يصاحبه من نقص الأوكسجين في منطقة الجذر أو زيادة الملوحة الموضعية كما يرى(Kader, 2018) ، و تؤكد الدراسات (El–Kholy, 2019; Singh *et al.*, 2020) أن دمج الـ *Azospirillum* مع السماد العضوي يُعد الأمثل لخلق توازن بين التهوية والرطوبة وتوفر العناصر الغذائية، مما يسمح للأزوسبيريلليوم بالعمل بكفاءة قصوى.

جدول (4) تأثير التلقيح بالـ *Azoprillium*.spp على عدد الفروع الثمرية وعدد الفروع الخضرية/ النبات لنبات القطن المزروع في تربة متأثرة بالملوحة تحت مستويات مختلفة من التسميد العضوي والمعدني

المعاملات	عدد الفروع الخضرية/ النبات			عدد الفروع الثمرية / النبات		
	موسم الأول	موسم ثان	المتوسط	موسم الأول	موسم ثان	المتوسط
I	3.82	3.75	3.79	12.53	10.74	11.64
io1	5.53	5.25	5.39	13.56	11.75	12.66
io2	6.16	6.07	6.12	15.83	13.98	14.91
io3	5.23	4.95	5.09	13.05	11.24	12.15
im1	5.03	4.95	4.99	12.74	10.94	11.84
im2	5.34	5.26	5.3	13.15	11.34	12.25
im3	5.55	5.46	5.51	13.56	11.75	12.66
N	3.81	3.64	3.73	7.82	6.53	7.18
no1	4.72	4.65	4.69	10.53	9.34	9.94
no2	5.1	4.72	4.91	10.74	9.54	10.14
no3	5.23	4.95	5.09	11.25	10.05	10.65
nm1	5.1	4.85	4.98	11.24	9.64	10.44
nm2	4.82	4.66	4.74	10.53	9.34	9.94
nm3	4.52	4.52	4.52	10.22	9.03	9.63

L.S.D 5%	0.8	0.47	0.64	2.19	1.27	1.73

من ناحية أخرى أظهرت المعاملات الملقحة بـ *Azospirillum* مع مستوى سماد معدني مخفض عن التوصية السمادية (50–100–0) كغ/هـ N–P–K تزايداً في أعداد الفروع الخضرية والثمرية مقارنة بالمعاملات الملقحة ذات المستويات الكاملة من السماد المعدني (150–100–0) و(100–100–0) كغ/هـ N–P–K إلا أنه لم يكنْ معنوياً، بينما سجلت تفوقاً معنوياً على المعاملات غير الملقحة والخاضعة لتأثر الأسمدة المعدنية، حيث سجلت (12.66–5.51) فرعا خضريا وثمريا على التوالي، وهذا يؤكد أن التلقيح الحيوي كان عاملا مهما في تعزيز النمو المتكامل وزيادة عدد الفروع المثمرة هذه النتيجة تتماشى مع (Zakzok.*etal*,2018). في حين أظهرت المعاملات غير الملقحة والخاضعة للسماد المعدني قيمًا (4.98–4.74–4.52) فروعاً خضرية و(10.44–9.94–9.63) فروعاً ثمرية، ما يعني أن التسميد المعدني وحده لم يكن كافيًا لتحسين التفرعات في ظل الملوحة. عند مقارنة تأثير نوع السماد المضاف تبين أن السماد العضوي كان أكثر تأثيرًا من السماد المعدني في كلا المؤشرين في المعاملات الملقحة ، إذ أن المادة العضوية تُحسن الخصائص الفيزيائية للتربة وتُعد وسطًا مناسبًا لنشاط البكتيريا المثبتة للنيتروجين، وعند مقارنة نتائج الموسمين تبين أن عدد الفروع الخضرية والثمرية كان أعلى في الموسم الأول مقارنة مع الموسم الثاني.

B. ارتفاع النبات، الوزن الجاف للنبات:

أظهرت النتائج (جدول–5) أن ارتفاع النباتات عند النضج كان أعلى بشكل ملحوظ في المعاملات الملقحة بـ *Azospirillum* مقارنة بالمعاملات غير الملقحة والشاهد الملقح وغير الملقح، حيث توافقت تلك النتائج مع ما أشار إليه كل من(Paul,*etal*.2011; Sharma *and* Vasudeva,2005; MacMillan, 2002) بأن التلقيح بالـ *Azospirillum* قد زاد من ارتفاع نبات القطن ووزنه؛ وارتفاع ساق الذرة وفق (Garcia.*etal*,2020)، حيث بلغ أعلى ارتفاع لنبات القطن عند المعاملة الملقحة والمضاف إليها 20 طن/هـ سماد الأبقار فوصلت 102.84

سم، أي بزيادة قدرها 30 سم عن الشاهد غير الملقح الذي سجل 72.99 سم، وبزيادة 19.5 سم عن المعاملة غير الملقحة عند نفس المستوى 83.30 سم، وعند تخفيض نسبة النتروجين المعدني إلى 60% من التوصية السمادية، سجل طول النبات 96.40 سم، مما يشير إلى فعالية التلقيح الحيوي في دعم النمو الخضري حتى عند نقص المغذيات الأساسية، ويعود هذا التحسن في طول النباتات إلى قدرة *Azospirillum* على تعزيز نمو الجذور الشعرية؛ مما يزيد من امتصاص الماء والعناصر الغذائية، و تحسين تحمل الإجهاد الملحي عبر خفض السمية المتبادلة للأيونات، وعلى تثبيت النتروجين الحيوي وتوفير كميات إضافية للنبات، فضلاً عن إفرازها للهرمونات النباتية مثل الإندول أسيتك أسيد (IAA) والجبرلين، والتي تساهم في تعزيز استطالة الخلايا وانقسامها، وتحفيز النمو الطولي للنباتات (Bashan *et al.*, 2004; Dobbelaere *et al.*, 2003; Richardson *etal*,2009).

أشارت دراسات أخرى إلى أن التلقيح بالـ *Azospirillum* حسّن نمو الأنسجة النباتية من خلال تعديل التعبير الجيني المرتبط بالاستطالة الخلوية وتحسين كفاءة استخدام النتروجين، مما انعكس إيجاباً على مؤشرات النمو الحيوية المتمثلة بارتفاع نبات القطن في التجربة (Egamberdieva *et al.*, 2019)، وعند مقارنة المعاملات الملقحة مع غير الملقحة، تفوقت الأولى في ارتفاع النبات، وأظهرت المعاملات غير الملقحة المسمدة عضوياً بمعدل 40 طن/هـ io3 مسجلة 82.05 سم، والمعاملتين غير الملقحتين مع تسميد معدني بمستوى (150-100-0) و (100-100-0) كغ/هـ N – P– K مسجلتا 87.12 – 84.4 سم على التوالي على بقية المعاملات غير الملقحة، ومع ذلك بقت أدنى من المعاملات الملقحة مما يؤكد أن التأثير الأبرز يعود إلى التلقيح بالـ *Azospirillum* وتحفيز إنتاج هرمونات النمو ورفع جاهزية العناصر الغذائية للنبات.

جدول (5) تأثير التلقيح الـ *Azoprillium*.spp على طول النباتات (سم) والوزن الجاف (غ) للنبات أثناء فترة النضج لنبات القطن المزروع في تربة متأثرة بالملوحة تحت مستويات مختلفة من التسميد العضوي والمعدني

المعاملات	ارتفاع النبات سم			الوزن الجاف للنبات غ		
	موسم الأول	موسم ثان	المتوسط	موسم الأول	موسم ثان	المتوسط
I	80.04	79.55	79.8	240.29	201.44	220.87
io1	102.02	92.36	97.19	300.7	232.46	266.58
io2	106.73	98.95	102.84	320.2	252.54	286.37
io3	97.84	87.4	92.62	284.8	226.38	255.59
im1	95.9	86.28	91.09	282.3	213.51	247.91
im2	97.03	89.42	93.23	287.5	218.86	253.18
im3	100.23	92.57	96.4	293.9	225.45	259.68
n	72.19	73.78	72.99	200.2	180.4	190.3
no1	83.35	77.91	80.63	258.7	200.8	229.75
no2	86.55	80.05	83.3	277	218.35	247.68
no3	88.55	82.05	85.3	305.3	232.04	268.67
nm1	91.72	87.12	89.42	300.3	227.62	263.96
nm2	85.43	84.5	84.97	282.2	213.4	247.8
nm3	80.39	77.99	79.19	248.7	205.8	227.25
L.S.D 5%	5.55	6.1	5.83	7.17	6.41	6.79

من جهة أخرى أظهرت النتائج وجود تفوق واضح للموسم الأول (العروة الربيعية) مقارنة بالموسم الثاني (العروة الخريفية) في متوسط ارتفاع النبات في جميع المعاملات. ويُعزى هذا التفوق غالبًا إلى تحسّن الظروف المناخية (درجة الحرارة 27 درجة مئوية، والرطوبة 48%) خلال الموسم الأول (العروة الربيعية)، ولاسيما ارتفاع درجات الحرارة، وازدياد ساعات الإشعاع الشمسي خلال مراحل النمو الخضري، مما ينعكس إيجابًا على زيادة معدل التمثيل الضوئي ونمو الأنسجة وارتفاع طول النبات.

كما امتد التأثير الإيجابي للتلقيح الحيوي إلى المعاملات المسمدة معدنيًا، خاصة عند خفض مستوى السماد المعدني إلى 60% من المستوى الموصى به، حيث بلغ الوزن الجاف 259.68 غ، مقارنةً بالمستويين 150-100-0 و100-100-0 كغ/هـ K-P-N اللذين سجلا 247.91 و253.18 غ على التوالي.

يُعزى هذا التحسن في الوزن الجاف في النباتات

الملقحة بـ *Azospirillum* إلى تعزيز محتوى الكلوروفيل للأوراق ورفع كفاءة البناء الضوئي من خلال زيادة امتصاص العناصر الغذائية، خصوصاً النتروجين والفوسفور والحديد، إلى جانب زيادة إنتاج مركبات مضادة للإجهاد مثل البرولين وتنشيط إنزيمات مضادات الأكسدة، مما يسهم في تخفيف الإجهاد الملحي وتحسين التوازن المائي داخل النبات. وقد أكدت دراسات متعددة هذه الآثار المحفزة للتلقيح بـ *Azospirillum*، حيث بيّن(Okon and Labandera,1994) أن التلقيح بـ *Azospirillum* قد أدى الى زيادة في الوزن الجاف بمعدل 10–30% في الظروف الطبيعية، وبنسب أعلى تحت الإجهاد الملحي، كما أوضح (Oreli *et al* 1997; Bashan and Bashan,2010) إلى أن زيادة توفر النتروجين تُحسن تراكم المادة الجافة، وقد أكد (Blaise,*etal*.2007)تفوق التسميد العضوي على المعدني في الوزن الجاف للنبات.أما على صعيد المعاملات غير الملقحة، فقد سجلت معاملة سماد الأبقار 40 طن/هـ أعلى وزن جاف (268.67 غ) مقارنة بباقي المعاملات والشاهد، وهو ما ينسجم مع ما ذكره (Chandra, 2004) بأن السماد العضوي يزيد المسطح الورقي ومن ثم الوزن الجاف نتيجة التحرر البطيء والدائم لمركبات الأزوت، وهذا يتفق مع ما أشار إليه (Plaza,2004) بأن التسميد العضوي يسهم في زيادة المادة الجافة والإنتاجية. من جهة أخرى، لوحظ تفوق واضح للموسم الأول على الموسم الثاني في الوزن الجاف، ويعود ذلك إلى ملاءمة الظروف البيئية في الموسم الأول التي حفزت تراكم المادة الجافة من خلال رفع كفاءة البناء الضوئي وزيادة النمو الخضري، في حين أدى انخفاض درجات الحرارة وارتفاع الرطوبة النسبية المتوقع حدوثها في الموسم الثاني إلى تباطؤ البناء الضوئي وزيادة معدلات التنفس، مما انعكس سلباً على تراكم المادة الجافة في أنسجة النبات.

ثانيًا: دراسة تأثير التلقيح بـ *Azospirillum* spp على بعض المؤشرات الفينولوجية لنبات القطن المزروع في تربة متأثرة بالملوحة تحت مستويات مختلفة من التسميد العضوي والمعدني:

طول الفترة من الزراعة حتى الإزهار وطول الفترة من الزراعة حتى النضج:

أظهرت نتائج الجدول (6) أن المعاملات الملقحة مع إضافة الأسمدة العضوية والمعدنية أثرت بشكل معنوي في الصفات الفينولوجية للقطن مقارنة بالمعاملات غير الملقحة، حيث انخفضت مدة الوصول إلى مرحلتي الإزهار والنضج مقارنةً بالشاهد غير الملقح، مما يشير إلى تحفيز فترة النمو وتقصير الدورة الإنتاجية للمحصول. لوحظ أن جميع المعاملات الملقحة بـ *Azospirillum* سجلت أقصر مدة للوصول إلى الإزهار مقارنةً بالشاهد غير الملقح، ولا سيما مع مستوى 20 طن/هـ سماد أبقار بمتوسط 64 يومًا، يليه مباشرةً التلقيح مع السماد المعدني المخفض بمعدل 60% من التوصية السمادية بمتوسط 63 يومًا، ويعزى قصر المدة هذا إلى الدور الحيوي لـ *Azospirillum* في تعزيز النمو المبكر من خلال زيادة إنتاج الهرمونات المحفزة للنمو مثل الأوكسينات والجبريلينات، مما يسرّع الانقسام والاستطالة الخلوية وبالتالي التبكير في الإزهار (Abdulla and Karademir.2019; Bashan & Bashan, 2010;Okon & sharman and Vasudeva,2005; Labandera, 1994;) كما أسهمت المادة العضوية في تحسين البيئة الجذرية وزيادة جاهزية العناصر الصغرى والكبرى وخاصة النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم، مما وفّر تغذية كافية للنبات في مراحل النمو الأولى، ونتج عنه تبكير الإزهار مقارنةً بالمعاملات غير الملقحة وغير المسمدة (Cooperband *et al*., 2002; Edwards., 1992) . من جهة أخرى اتسق اتجاه النتائج في صفة النضج مع صفة الإزهار، إذ ساهم التلقيح الحيوي مع السماد العضوي في تقصير مدة النضج، وكان أقصر فترة المدة من الزراعة إلى النضج في المعاملة الملقحة مع 20 طن/هـ سماد عضوي حيث بلغ 161 يومًا، مقارنةً بالشاهد الذي تأخر في النضج إلى 186 يومًا، ويُعزى ذلك إلى ارتفاع كفاءة التمثيل الضوئي، وزيادة تراكم الكتلة

الحيوية، واستقرار التوازن الغذائي داخل النبات، مما يسرع اكتمال دورة النمو (Mahmoud & Mohammad, 2008; Blaise *et al.*, 2007)، بالتالي، فإن النتائج تدعم الدور التكاملي بين اللقاح الحيوي والسماد العضوي للتربة في تعزيز المؤشرات الفينولوجية لنبات القطن، مع تحسين التغذية النباتية ومقاومة الإجهادات البيئية. أما التسميد المعدني مع التلقيح بالـ *Azospirillum* فقد أدى أيضًا إلى تقصير فترة النضج، ولكن بدرجة أقل من التسميد العضوي مع التلقيح بالـ *Azospirillum*، مما يشير إلى تفوق المادة العضوية في تعزيز التوازن الغذائي وتحسين البيئة الحيوية للريزوسفير، والذي ينعكس في استدامة تأثير التلقيح وزيادة جاهزية العناصر على مدار الموسم (Monchaud, 2005) بالمقابل أظهرت النتائج أن استخدام الأسمدة العضوية والمعدنية في المعاملات غير الملقحة قد أسهم في تحسين الفترات الفينولوجية لنبات القطن مقارنةً بمعاملة الشاهد غير الملقح، وذلك من خلال تقصير الفترة من الزراعة حتى الإزهار والنضج، وإن كان هذا التحسن أقل وضوحًا عند مقارنته بالمعاملات الملقحة بـ *Azospirillum*. فقد أدى التسميد العضوي إلى تبكير الإزهار والنضج بشكل أفضل من التسميد المعدني غير الملقح، حيث سجلت معاملات السماد العضوي بمستوياته الثلاث 10–20–40 طن/هـ انخفاضًا معنوياً في عدد الأيام اللازمة لبدء الإزهار والنضج مقارنةً بالشاهد غير الملقح، مما يعكس الدور المحوري للسماد العضوي في تعزيز النشاط الحيوي للتربة وتحسين البيئة الجذرية للنبات (Brady & Weil, 2017; Cooperband *et al.*, 2002)، ويُعزى هذا التحسن أيضا إلى قدرة المادة العضوية على تحسين خواص التربة الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية، و إلى إطلاق مركبات منشطة للنمو مثل الأحماض الدبالية والفولفيكية نتيجة تحللها، وبذلك تسهم في تعزيز امتصاص العناصر الغذائية وتنشيط العمليات الأيضية داخل النبات، وبالتالي رفع كفاءة البناء الضوئي وزيادة تراكم المادة الجافة في أنسجة النبات (Chen *et al.*, 2004; Canellas *et al.*, 2015) وقد انعكس ذلك في صورة تبكير نسبي في مراحل الإزهار والنضج في المعاملات غير الملقحة مقارنة بالشاهد غير الملقح، لاسيما في مستوى 40 طن/هـ الذي كان الأكثر تأثيرًا بين مستويات السماد العضوي غير الملقح، نظرًا لتحرير العناصر بصورة مستدامة خلال الموسم (Edwards *et al.*, 1992) . أما التسميد المعدني غير الملقح، فقد حقق تحسنًا متوسطًا في المؤشرات الفينولوجية لنبات القطن مقارنة بالشاهد، إلا أنه جاء دون مستوى التحسين الذي حققه التسميد العضوي، ويمكن تفسير ذلك بأن

التسميد المعدني يوفر العناصر الغذائية بشكل سريع الذوبان، إلا أن تأثيره يكون قصير الأمد نسبيًا مقارنةً بالسماد العضوي، ولا ينعكس بصورة واضحة على تحسين صفات التربة الحيوية أو دعم الكائنات الدقيقة النافعة، مما يقلل من استدامة الامتصاص واستمرارية توفير العناصر الغذائية طوال الموسم (Marschner, 2012; Taiz & Zeiger, 2010). لوحظ تفوق الموسم الأول على الثاني في تبكير كل من الإزهار والنضج في معظم المعاملات. ويعزى ذلك إلى الاختلافات البيئية بين الموسمين؛ حيث تميز الموسم الأول بدرجات حرارة معتدلة وأشعة شمس أعلى ملاءمة لنبات القطن، مما حفّز النمو وتراكم المادة الجافة وبالتالي التبكير في المراحل الفينولوجية، في حين أدى انخفاض الحرارة وارتفاع الرطوبة كما هو متوقع في بعض فترات الموسم الثاني إلى إبطاء العمليات الفسيولوجية، وبالتالي أطال الفترة الزمنية للوصول إلى الإزهار والنضج (Plaza *et al.*, 2004; Chandra, 2004).

جدول (6) تأثير التلقيح الـ *Azoprillium*.spp في طول الفترة من الزراعة حتى الإزهار، وطول الفترة من الزراعة حتى النضج لنبات القطن المزروع في تربة متأثرة بالملوحة تحت مستويات مختلفة من التسميد العضوي والمعدني

المعاملات	طول الفترة من الزراعة حتى الإزهار			طول الفترة من الزراعة حتى النضج		
	موسم الأول	موسم ثان	المتوسط	موسم الأول	موسم ثان	المتوسط
I	68	72	70	172	183	178
io1	62	64	63	160	168	164
io2	57	70	64	156	165	161
io3	63	70	66	164	172	168
im1	65	70	68	165	173	169
im2	60	72	66	167	175	171
im3	58	68	63	159	172	166
n	74	79	77	182	190	186
no1	70	76	73	174	184	179

no2	68	73	71	171	181	176
no3	66	69	68	167	174	171
nm1	67	72	70	166	178	172
nm2	69	74	72	171	180	176
nm3	72	76	74	173	184	179
L.S.D 5%	2.01	3.33	2.7	2.9	3.2	3.1

ثالثا: دراسة تأثير التلقيح بـ *Azospirillum* spp في بعض المؤشرات التكاثرية (عدد الجوزات الكلي و عدد الجوزات المتفتحة) لنبات القطن المزروع في تربة متأثرة بالملوحة تحت مستويات مختلفة من التسميد العضوي والمعدني:

أظهر التلقيح بـــ *Azospirillum* تأثيراً إيجابياً واضحاً على المؤشرات التكاثرية للقطن، بما في ذلك عدد الجوزات الكلية وعدد الجوزات المتفتحة في النبات الواحد في جميع المعاملات الملقحة مقارنة بالمعاملات غير الملقحة والشاهدين (الشاهد الملقح والشاهد غير الملقح)، بغض النظر عن نوع السماد ومستواه (جدول-9). وسجلت أعلى القيم لهذه المؤشرات في المعاملة الملقحة بمستوى 20 طن/هـــــ ســماد أبقار، حيث بلغت (17.77-22.65) جوزات كلية ومتفتحة/النبات على التوالي، مقابل (13.00-18.35) جوزات كلية ومتفتحة/النبات في المعاملات غير الملقحة عند نفس المستوى، تليها المعاملة الملقحة مع 10 طن/هـ سماد أبقار والمعاملة الملقحة والمخفضة ب60% من التوصية السمادية المعدنية بمتوسطين 21.00و20.75 جوزات كلية/ النبات على التوالي و15.74- 16.26 جوزات متفتحة/ النبات. في المقابل، أعطت معاملة الشاهد غير الملقح أدنى قيمة بلغت 15.50 جوزة كلية/نبات و 9.50 جوزة متفتحة/ نبات، وسجلت بقية المعاملات فروقا معنوية واضحة مقارنة مع الشاهد غير الملقح هذه النتائج تشير إلى أن التلقيح بـــ *Azospirillum* مع مستوى متوسط من السماد العضوي (20 طن/هـــ) أدى إلى زيادة معنوية في تكوين الجوزات، وهو ما يتفق مع ما أشار إليه كل من (Bashan & de-Bashan, 2010; Okon and Labandera, 1994) بأن *Azospirillum* يعزز النمو الخضري والتكاثري للنبات من خلال إنتاج الأوكسينات والسيتوكاينينات التي تنشط تكوين الأزهار والعقد، كما أوضحت دراسة (El-

Khawas & Adachi ,1999) التي بينت أن التلقيح بـــ *Azospirillum* أدى إلى زيادة معنوية في عدد الجوزات المتفتحة في القطن، ما يدل على تأثير واضح للتلقيح والتسميد العضوي والمعدني في تحسين الأداء التكاثري للقطن، خاصة في الظروف الملحية. كذلك بيّنت المعاملة الملقحة مع خفض نسبة النتروجين إلى 60 % تفوقاً معنوياً مقارنة بالمعاملتين الأخريين ذواتي الإضافات السمادية الأعلى، ويعود التحسن الملحوظ في هذه المؤشرات إلى قدرة *Azospirillum* على تعزيز توافر النتروجين وتحفيز امتصاص العناصر الكبرى، بما في ذلك البوتاسيوم، من التربة، بالإضافة إلى دورها في تحفيز نشاط الميكروبات المحللة للفوسفور والعناصر الصغرى، مما يزيد من توافر الغذاء للنبات خلال مراحل نمو الجوزة وتكوينها (Vacheron *et al.*, 2013) كما أن استخدام السماد العضوي ساهم بشكل إضافي في تحسين المؤشرات السابقة عبر تحلل بطيء وتزويد النبات بالعناصر الغذائية بشكل متوازن طيلة فترة النمو، بما يتوافق مع ما أشار إليه(Kar and Bhawan, 1991)

جدول (9) تأثير التلقيح بـ *Azospirillum* spp في عدد الجوزات الكلية والمتفتحة /نبات لنبات القطن المزروع في تربة متأثرة بالملوحة تحت مستويات مختلفة من التسميد العضوي والمعدني

المعاملات	عدد الجوزات الكلي/ نبات			عدد الجوزات المتفتحة/ نبات		
	موسم الأول	موسم ثان	المتوسط	موسم الأول	موسم ثان	المتوسط
I	16.6	16.1	16.4	11.5	10.5	11
io1	22.2	19.8	21	17.28	15.23	16.26
io2	24.5	20.8	22.65	19.45	16.08	17.77
io3	21.98	19.4	20.69	16.68	14.69	15.69
im1	20.17	18.66	19.42	15.35	13.26	14.31
im2	20.47	18.86	19.67	15.62	13.43	14.53
im3	22	19.5	20.75	16.98	14.5	15.74

9.5	8.7	10.3	15.5	12.8	13.2	n
12.62	12.13	13.11	18.2	17.5	18.9	no1
13	12.3	13.7	18.35	17.7	19	no2
13.5	12.7	14.3	18.7	18	19.4	no3
13.45	12.8	14.1	18.4	17.6	19.2	nm1
13.01	12.32	13.7	17.9	16.96	18.84	nm2
12.26	11.87	12.64	17.33	16.4	18.26	nm3
0.31	0.29	0.32	0.49	0.51	0.46	L.S.D 5%

بالمقابل أظهرت المعاملات غير الملقحة والمضاف لها الأسمدة العضوية بمختلف مستوياتها تحسناً تدريجياً في عدد الجوزات الكلية والمتفتحة مقارنة بمعاملة الشاهد غير الملقح، إذ سجلت أعلى القيم عند عند مستوى 40 طن/هـ سماد أبقار حيث سجلت (18.70 جوزة كلية و13.50 جوزة متفتحة/ النبات)، مما يؤكد دور المادة العضوية في تعزيز العقد وتقليل تساقط الجوزات عبر تحسين خصوبة التربة وبنيتها ورفع كفاءة امتصاص العناصر الغذائية (Brady & Weil, 2017; Kumar *et al.*, 2021) مما يدعم تكوين الجوزات ونموها، حتى في غياب التلقيح الحيوي، في حين حققت المعاملات غير الملقحة والمضاف لها السماد المعدني بمعدلاتها الثلاث أيضاً تفوقاً على الشاهد غير الملقح، لكنها جاءت أقل من معاملات السماد العضوي غير الملقح، مما يشير إلى أن العناصر المعدنية تحفّز تكوين الجوزات لكنها تفتقر إلى تحسين خواص التربة الحيوية بشكل مستدام، لعدم دعمها الكائنات الدقيقة المفيدة المسؤولة عن تعزيز التمثيل الغذائي للنبات واستدامة الامتصاص الغذائي (Abd El-Lateef & El-Metwally, 2020) وبالتالي فإن استفادة النبات من التسميد المعدني تكون جيدة في مراحل النمو الأولى، لكنها أقل كفاءة على المدى الطويل مقارنة بالعضوي. من جهة أخرى عند مقارنة الموسمين، يُلاحظ أن الموسم الأول سجل قيمًا أعلى بشكل عام من الموسم الثاني، قد يُعزى ذلك إلى الاختلاف في الظروف المناخية، خاصة درجات الحرارة وطول فترة الإشعاع الضوئي التي تؤثر على نجاح العقد وبقاء الجوزات حتى النضج.

رابعاً: تأثير التلقيح بـ *Azospirillum* spp في بعض المؤشرات الإنتاجية النهائية لنبات القطن الانتاجية في تربة متأثرة بالملوحة مزروعة بالقطن تحت مستويات مختلفة من التسميد العضوي والمعدني:

1) **وزن الجوزة ووزن البذور:**

أولاً – وزن الجوزة (غ): أظهرت نتائج الجدول (11) فروقاً معنوية بين المعاملات الملقحة وغير الملقحة بغض النظر عن الإضافات السمادية عضوية كانت أم معدنية ومستويات إضافتها، حيث تراوح متوسط وزن الجوزة بين 4.15غ في معاملة الشاهد غير الملقح و 5.75 غ في المعاملة الملقحة بـ*Azospirillum* والمزودة بـ20 طن/هـ من السماد العضوي، إذ ساهم التلقيح في تحسين النمو الجذري وامتصاص العناصر الغذائيةN ، P، K، مما أدى إلى زيادة حجم الجوزة وتراكم المواد الجافة فيها، وهذا يتوافق مع ما أشار إليه Bashan & de-Vessey , 2003; Bashan, 2010)، في حين أظهرت المعاملات المعدنية الملقحة والتي خُفِضّ فيها النتروجين إلى 60% من التوصية السمادية حققت 5.42 غ وهذا يتفق مع ماتوصل إليه (Ahmed,*etal*.2020) الذي أشار أن إلى الدمج بين التلقيح الحيوي والتسميد المعدني المخفض زاد من عدد الجوزات ووزنها. أما بالنسبة للمعاملات غير الملقحة، فقد أدى كل من التسميد العضوي والمعدني إلى زيادة معنوية في وزن الجوزة، حيث سجلت المعاملتان 40 طن/هـ سماد عضوي (no3) والمعاملة (150-100-0) كغ/هـ سماد معدني (nm1) أعلى وزن للجوزة بلغ 5.70 غ و 5.54 غ على التوالي، دون وجود فروق معنوية بينهما ، وهو ما أكدته دراسات (El-Far & Hassan, 2021) حيث ذكر أن الملوحة العالية تؤدي إلى صغر حجم الجوزة بسبب إجهاد الماء و انخفاض نقل الكربوهيدرات نحو الأنسجة الثمرية، ويعود ذلك أيضاً نتيجة لتحسين التسميد العضوي لخصائص التربة الفيزيائية والكيميائية وزيادة قدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة، مما يهيئ بيئة أفضل لنمو الأزهار والجوزة، في أدى إضافة الأسمدة المعدنية دون تلقيح إلى زيادة معتدلة في وزن الجوزة إذ سجلت المعاملة (150-100-0) كغ/هـ أعلى قيمة 5.54 غ بين مستويات السماد المعدني غير الملقح، إلا أن غياب التلقيح الحيوي حدّ من

امتصـــــاص العناصـــــر المعدنية بســـــبب فقد جزء منها بـالغســـــل أو التطـاير، ولقدرة الـ بـ*Azospirillum* على تقليل التأثيرات الضارة للملوحة (Rozier.*etal*,2019).

جدول (11) تأثير التلقيح الـ *Azoprillium.spp* على وزن الجوزة غ ونسبة القطفة الأولى % لنبات القطن المزروع في تربة متأثرة بالملوحة تحت مستويات مختلفة من التسميد العضوي والمعدني

المعاملات	وزن الجوزة غ			وزن البذور (غ/نبات)		
	موسم الأول	موسم ثان	المتوسط	موسم الأول	موسم ثان	المتوسط
I	4.86	4.18	4.52	22.32	21.2	21.76
io1	5.86	5.26	5.56	29.6	26.8	28.2
io2	6.1	5.4	5.75	30.86	27.5	29.18
io3	5.66	4.7	5.18	26.25	25.6	25.93
im1	5.32	4.64	4.98	25.82	22.89	24.36
im2	5.54	4.84	5.19	24.28	23.02	23.65
im3	5.87	4.96	5.42	27.4	24.67	26.04
n	4.3	4	4.15	20.4	19.5	19.95
no1	4.7	4.53	4.62	21.46	20.38	20.92
no2	4.82	4.63	4.73	22.62	21.58	22.1
no3	5.6	5.8	5.7	23.25	23.37	23.31
nm1	5.4	5.68	5.54	23.21	21.24	22.22
nm2	4.88	4.78	4.83	22.58	21.16	21.87
nm3	4.76	4.24	4.5	20.85	19.97	20.41
L.S.D 5%	0.19	0.21	0.2	2.97	3.57	3.27

كما ظهر تباين واضح بين الموسمين، حيث سجل الموسم الأول قيمًا أعلى من الثاني في معظم المعاملات سواء الملقحة أو غير الملقحة، ويعود ذلك لاختلاف الظروف المناخية بين العروتين، إذ توفر العروة الربيعية معدلات إشـعاع شـمسـي ودرجات حرارة ملائمة مقارنة بالعروة الخريفية، التي تتعرض لانخفاض درجات الحرارة وتقليل التمثيل الضـــوئي خلال مراحل امتلاء الجوزة (Marschner, 2012).

وزن البذور (غ/نبات): أظهرت نتائج الجدول (12) أن وزن البذور تراوح بين 19.95 غ/نبات في معاملة الشاهد (n) غير الملقح نتيجة تأثير الملوحة (Ashraf & Foolad, 2013) ، و29.18 غ/نبات في المعاملة الملقحة بـ *Azospirillum* وبمستوى 20 طن/هـ من السماد العضوي (io2)، حيث سجلت أعلى وزن للبذور بفروق معنوية واضحة، وهذا يتفق مع النتائج التي توصل إليها (Narula.*etal*,2005) بأن التلقيح بالأزوسبيريلليوم قد زاد من عدد البذور ووزنها، كذلك أحدث الدمج بين التلقيح البكتيري والسماد العضوي المعتدل التأثير الأكبر في تحسين تكوين البذور وتراكم المادة الجافة داخلها. يعزى ارتفاع وزن البذور في المعاملة الملقحة مع 20 طن/هـ سماد أبقار إلى تحفيز تثبيت النيتروجين الحيوي بواسطة *Azospirillum*، مما زاد من توافر النيتروجين القابل للامتصاص في منطقة الجذور، و تحسين امتصاص الفوسفور والبوتاسيوم نتيجة زيادة نشاط إنزيمات الفوسفاتاز والبروتيناز الناتجة عن التلقيح (Shaban *et al.*, 2021)، و تحسين كفاءة التمثيل الضوئي مما زاد من تراكم المواد الكربوهيدراتية في البذور خلال فترة الملء، ويتوافق ذلك مع ما ذكره (Bashan & de-Bashan ,2010) حول دور *Azospirillum* في رفع كفاءة استخدام العناصر الغذائية وتحسين امتلاء البذور، وكذلك مع ما أشار إليه (Vessey, 2003) بشأن تأثير الأسمدة الحيوية في تحسين إنتاج بذور القطن، كما أظهرت المعاملات الملقحة الخاضعة للتسميد المعدني خاصة تلك التي خفض فيها النتروجين 60% عن التوصية السمادية im3 تحسنا في وزن البذور فسجلت 26.04غ/ نبات، والتي لم تختلف معنوياً عن المعاملة (io2)، هذا يتفق مع ما أشار اليه (Nalayini,*etal*.2010; Narula,*etal*.2005;Ahmad,*etal*.2020) من زيادة الغلة ووزن بذور القطن تحت مستويات المنخفضة من التسميد النتروجيني بفعل وجود *Azospirillum*. في المقابل، أظهرت المعاملات غير الملقحة قيمًا أقل نسبيًا، و بالنسبة للتسميد العضوي والمعدني للبذور غير الملقحة كان التأثير المعنوي فقط في المعاملة no3 40 طن/هـ سماد عضوي وسجلت أعلى وزن بذور 23.31 غ/ نبات، مما يدل على أن الزيادة في التسميد العضوي ترفع النشاط الميكروبي، وتحسن خواص التربة مما ينعكس إيجابًا على امتلاء البذور، (Shavkat.*etal*,2023) أما

التسميد المعدني غير الملقح فأعطى نتائج متوسطة، وسجلت المعاملة ذات مستوى(150-100-0) كغ/هـ N-P-K أعلى وزن بذور 22.22 غ/ نبات، إلا أن الاعتماد عليه وحده يظل محدود الفاعلية على المدى الطويل مقارنة بدمجة مع الأسمدة الحيوية المحفزة للنمو. وسُجل وزن البذور في النبات تفوق واضح للموسم الأول على الموسم الثاني لجميع المعاملات تقريبًا، سواء الملقحة أو غير الملقحة، وتعود هذه الزيادة إلى الظروف الحرارية والضوئية الملائمة في العروة الربيعية التي تدعم عملية امتلاء البذور مقارنة بالعروة الخريفية، التي عادة ما تتعرض إلى انخفاض درجات الحرارة وارتفاع الرطوبة، مما يقلل من تراكم المواد الجافة في البذور (Marschner, 2012).

إنتاج القطن المحبوب والقطن الاقتصادي (المحلوج):

لدى دراسة تأثير التلقيح بـ *Azospirillum* على إنتاجية القطن المحبوب والمحلوج (جدول-13) تبين زيادة الإنتاجية في كافة المعاملات الملقحة مقارنة مع المعاملات غير الملقحة والشاهدين بغض النظر عن نوع السماد المضاف وكذلك مستواه. وسُجلت أعلى ارتفاع للإنتاجية في المعاملة الملقحة مع سماد أبقار بمعدل 20 طن/هـ سماد عضوي حيث وصلت إلى 1770 كغ/هـ قطن محبوب و 675 كغ/هـ قطن محلوج، يليها المعاملة المسمدة عضويا ذات المستوى 10 طن/هـ وقدرت بـ 1715 كغ/هـ محبوب و 616 كغ/هـ قطن محلوج، ولم يختلفا معنوياً فيما بينهما، وتتفق النتيجة مع ما توصل إليه (Kim.*etal*,2010;German.*etal*,2000; Abdul *etal*,2006; Eid.,2002) من زيادة الإنتاجية عند التلقيح بـ *Azosprillium*، وأشار (Maianil and Maianil, Anthofer,2007) أن التلقيح بـ *Azosprillium* عند دمجه مع الأسمدة العضوية أدى إلى زيادة ملحوظة في محصول القطن و مكوناته بنسبة 44% عن الشاهد، مما يؤكد أن المستوى المتوسط من المادة العضوية كان هو الأنسب لتحقيق توازن مستدام، حيث يحسن الخواص الفيزيائية للتربة ويوفر تغذية متوازنة من العناصر، ويعزى ارتفاع الإنتاجية في المعاملتين السابقتين (io2, io1) الى عدة عوامل منها أن التلقيح بـ *Azospirillum* يعمل على تثبيت جزء من النيتروجين الجوي وتحويله إلى صورة قابلة للامتصاص، كما يزيد من ذوبان الفوسفور والبوتاسيوم(Bashan & de-Bashan, 2010) ، أيضا من خلال تحسين بناء التربة وزيادة السعة المائية مع ارتفاع المادة العضوية، مما يحسّن بيئة الجذور في ظروف الملوحة

المرتفعة(8 dS/m) ، ويعود أيضا لتحفيز النمو الخضري والتكاثري المتوازن من خلال زيادة إنتاج الأوكسينات والجبرلينات بواسطة الـ *Azospirillum*، وهو ما ينعكس في زيادة عدد الجوزات وحجمها، وبالتالي في ارتفاع الإنتاجية الكلية(Vessey, 2003; El-Kholy, 2019) ، وكذلك لتحسين الكفاءة الفيزيولوجية للنبات تحت الإجهاد الملحي عبر خفض تراكم الصوديوم في النسج ورفع معدل امتصاص البوتاسيوم (Khan,*etal*.2023)، ما يزيد من كفاءة البناء الضوئي والنقل الكربوهيدراتي نحو الجوزات (Egamberdieva *et al*., 2017) ، من ناحية أخرى سجلت المعاملة المسمدة معدنيا والملقحة بال *Azospirillum* والتي خُفِض فيها المستوى النتروجيني إلى 60% من التوصية السمادية المقررة انتاجا جيد يقدر 1632 كغ/هـ قطن محبوب و581 كغ/هـ قطن محلوج، وهذا يتفق مع (Abdul ,*etal*,2006; Gomathy,*etal*.2008; Yasmin,*etal*.2013;) الذين أشاروا إلى زيادة إنتاجية القطن عند دمج الأسمدة الحيوية مع الأسمدة المعدنية و خفضها إلى النصف. ويشير (Khaliq,*etal*.2006) أن الدمج بين الأسمدة الحيوية والعضوية أدى إلى زيادة في انتاج القطن بشكل ملحوظ مقارنة بالدمج بين الأسمدة الحيوية والمعدنية.

جدول (13) تأثير التلقيح بالـ *Azoprillium*.spp في إنتاجية محصول القطن المحبوب و إنتاجه الكلي الاقتصادي المحلوج في لنبات القطن المزروع في تربة متأثرة بالملوحة تحت مستويات مختلفة من التسميد العضوي والمعدني

المعاملات	انتاج القطن المحبوب كغ/هـ			انتاج القطن المحلوج كغ/هـ		
	موسم الأول	موسم ثان	المتوسط	موسم الأول	موسم ثان	المتوسط
I	1310	1205	1258	443	381	412
io1	1780	1650	1715	668	564	616
io2	1830	1710	1770	728	622	675
io3	1726	1474	1600	642	492	567
im1	1648	1474	1561	593	498	546
im2	1636	1445	1540	599	475	537

581	504	658	1632	1505	1759	im3
373	345	400	1200	1150	1250	n
408	374	441	1250	1210	1290	no1
443	402	483	1339	1297	1380	no2
502	455	549	1475	1425	1525	no3
461	423	499	1464	1415	1512	nm1
401	359	443	1300	1250	1350	nm2
366	330	401	1225	1180	1270	nm3
76	76	75	103	104	102	L.S.D 5%

ازدادات إنتاجية القطن بشكل مشابه في كافة المعاملات غير الملقحة المضاف لها السماد العضوي أو المعدني مقارنة مع الشاهد، وبلغت أعلى معدل للإنتاجية في المعاملة ذات المعدل 40 طن/هـ سماد عضوي حيث وصلت إلى 1475 كغ/هـ محبوب و 502 كغ/هـ قطن محلوج، لم يظهر التأثير المعنوي للأسمدة المعدنية على البذور غير الملقحة إلا في المعاملة nm1 مقارنة مع الشاهد غير الملقح وسجلت 1464 كغ/هـ قطن محبوب ما يشير إلى أن التسميد المعدني وحده لا يكفي في ظروف الملوحة دون دعم ميكروبي أو عضوي. هذا يتفق مع ما ذكره (Tao.*etal*,2017) أهمية السماد العضوي في تحسين نمو وإنتاجية محصول القطن ونوعية أليافه وأنه أعطى نتائج ملحوظة مقارنة مع الأسمدة المعدنية، وأن كفاءة استخدام النتروجين كانت أعلى في المعاملات التي استخدمت الأسمدة العضوية مقارنة مع الأسمدة المعدنية. أظهرت النتائج وجود تفوق عام للإنتاج في الموسم الربيعي مقارنة بالموسم الخريفي في جميع المعاملات، سواء كانت ملقحة أو غير ملقحة، حيث سجّل موسم العروة الربيعية متوسط إنتاج أعلى مقارنة بموسم العروة الخريفية، يمكن تفسير ذلك بعدة عوامل بيئية وفيزيولوجية؛ فعند زراعة القطن في الموسم الربيعي تستفيد النباتات من درجات حرارة معتدلة ومدة إضاءة أطول خلال مراحل النمو الخضري والتزهير، مما يحسن من معدلات التمثيل الضوئي وتكوين الجوز، بينما يتعرّض المحصول في الموسم الخريفي لتقلبات حرارية في نهاية الموسم وضعف الإشعاع الشمسي عند امتلاء الجوز، إضافة إلى احتمال تعرضه للإجهاد الملحي أو المائي مع ارتفاع التبخر.

النتائج:

لدى دراسة تأثير التلقيح بـ *Azospirillum* على القطن في التربة المالحة في ظل ظروف التسميد العضوي والمعدني يمكن الخلوص الى مايلي:

- أظهرت نتائج التلقيح بـــ *Azospirillum* spp. تحسناً ملحوظاً في في مؤشرات نمو القطن وإنتاجيته في الترب المتأثرة بالملوحة، حيث ساهم في تحسين النمو الخضري والزهري وزيادة عدد الفروع والجوزات المتفتحة ووزنها، إضافة إلى رفع الوزن الجاف والإنتاجية الكلية للقطن، وأدى إلى تسريع المراحل الفينولوجية للقطن بصورة معنوية وإلى تحسين المؤشرات التكاثرية مما انعكس إيجابًا على جودة الجوزات وتجانس النضج في كلا الموسمين.
- تُظهر النتائج أن أفضل أداء في المؤشرات الإنتاجية وجدت عند المعاملة الملقحة بـ *Azospirillum* مع 20 طن/هـ من سماد الأبقار حيث سجلت إنتاجية القطن المحبوب بالهكتار الواحد 1770 كغ/ و 675 كغ/هـ قطن محبوب، وكذلك عند المعاملة الملقحة بـــ *Azospirillum* مع 10 طن/هـــ من سماد الأبقار. والتي لم تختلف معنوياً عن سابقتها حيث سجلت 1715 كغ/هـ قطن محبوب ، و 616 كغ/هـ قطن محلوج.
- أظهرت المعاملة الملقحة بـ *Azospirillum* والمخفضة فيها كمية السماد النيتروجيني إلى 60% من التوصية السمادية أداءً إنتاجياً متميزاً، إذ حققت تحسينات واضحة في مؤشرات نمو القطن وإنتاجيته، بما يؤكد قدرة التلقيح الحيوي على رفع كفاءة النتروجين وتقليل الاعتماد على الأسمدة المعدنية، وبالتالي الحد من التلوث البيئي.
- أظهرت النتائج تفوّق الموسم الأول على الثاني في المؤشرات الإنتاجية لنبات القطن، نتيجة ملاءمة الظروف البيئية لزيادة التمثيل الضوئي وتراكم المادة الجافة.

التوصيات:

تلقيح بذور القطن بـــــ *Azospirillum* spp. يمثل استراتيجية فعالة لتعزيز النمو والإنتاجية وجودة الألياف في التربة المالحة، وخصوصا عند دمج التسميد العضوي المعتدل مع التلقيح بالـ

Azospirillum ، و رغم النتائج الواعدة، هناك حاجة لدراسات ميدانية طويلة الأمد لتقييم فعالية *Azospirillum* على القطن في ظروف ملوحة حقيقية، مع تحديد الجرعات المثلى، وفحص تأثيرها عبر مواسم ومناخات مختلفة . توصي المراجعة المستقبلية بتصميم برامج تغذية متوازنة تجمع بين التلقيح الحيوي والأسمدة العضوية، مع مراعاة إدارة المياه والتربة لتحقيق الإنتاجية المستدامة في الأراضي الملحية

المراجع العربية:

1- جرعتلي، مجد. 2011. «الثانية عالميًا في إنتاج القطن العضوي: ذهب سورية الأبيض». مجلة البيئة والتنمية(AFED) ، العدد 157، نيسان/أبريل 2011 .
2- حسين، فؤاد؛ يعقوب، عبد الله؛ وجانات، مصدّق. 2013. «دراسة محاكاة تأثير الري الناقص في محصول القطن وتقييم بعض البدائل لإدارة الري باستعمال البرنامجCropWat مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، المجلد 29، العدد 1، ص ص 343–360. كلية الزراعة، جامعة دمشق .
3- عبد العزيز، محمد علي. 2009. «تأثير الملوحة على المسطح الورقي والمادة الجافة لصنفين من القطن السوري ".Gossypium hirsutum L" منشور في جامعة عدن.
4- عودة، محمود- شمشم، سمير(2008)-خصوبة التربة وتغذية النبات- منشورات جامعة حمص- كلية الهندسة الزراعية.
5- العيسى، عبدالله (2005)- علم الأحياء الدقيقة- منشورات جامعة حمص-كلية الهندسة الزراعية.
6- العيسى، عبدالله (2007)- ميكروبيولوجيا التربة- منشورات جامعة حمص-كلية الهندسة الزراعية.
7- المصطفى ؛ الجُمعة؛ درباس (2022). زراعة وإنتاج القطن. وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، الجمهورية العربية السورية، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، 1 ص.

References:

1. Abd EL- Lateef, E. M., EL- Metwally, I. M. (2020). Effect of organic manure and mineral fertilizers on growth, yield and fiber quality of cotton (Gossypium barbadense L.) Journal of Plant Production, Vol. 11(2), 95–103.
2. Abdul Khaliq 1, M Kaleem Abbasi, Tahir Hussain.(2006) Effects of integrated use of organic and inorganic nutrient sources with effective microorganisms (EM) on seed cotton yield in Pakistan. Bioresour Technol. PMID: 16023343.
3. Abdulla ,Dilman Osman ;Karademir Cetin.(2019). Th Effect of Biofertilizers on Cotton (Gossypium hirsutum L.) Development Yield and Fiber Technological

Properties - Siirt University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Siirt, Turkey- Global Journal of Botanical Science, , 1-9.
4. Ahmed, H.A.H., Mona, W.M.B., Yehiya, W.M.B. (2020). Response of Some Egyptian Cotton Varieties for bio fertilizer and its effect on yield, yield components and fiber traits, Water and Environment Research Institute, Agricultural Research Center Giza, Egypt, vol. 20, No. 2, 9575-9583.
5. Ali, A. M., Ahmed, ا H. A. (2021). The role of *Azospirillum* in enhancing the growth of cotton under saline irrigation, International Journal of Agriculture and Biology, Vol. 23(2), 345-353.
6. Ali, S., Mahmood, T (2022). The influence of *Azospirillum* on the physiological and biochemical attributes of cotton plants under drought stress conditions, Agricultural Water Management, Vol. 258, 107179.
7. Ashraf, mM., Foolad, M. R. (2013). Crop breeding for salt tolerance in the era of molecular markers and genomics Environmental and Experimental Botany , Vol. 92, 133–150.
8. Barbosa, J.Z, (2022). Meta-analysis of *Azospirillum* inoculation efficiency in crops. Journal of Plant Growth Regulation, Vol. 41, Issue 3, 745–758.
9. Bashan, Y., Holguin, g. (1997). "*Azospirillum* spp. and their role in plant growth promotion." In: Plant Growth-Promoting Rhizobacteria: Their Role in Sustainable Agriculture. Springer, Dordrecht.
10. Bashan, Y., Bashan, L.E, (2010). How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth: A critical assessment. Advances in Agronomy, Vol. 108, p. 77–136.
11. Bashan, Y., Holguin, J. (2016) *Azospirillum*: A plant growth-promoting bacterium for sustainable agriculture, Microbial Biotechnology, Vol. 9(1), 1-13.
12. Bashan, Y., Holguin, J., De-BashanE. (2004). *Azospirillum*–plant relationships: Physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997–2003), Canadian Journal of Microbiology, Vol. 50, 8, 521–577.
13. Bista, M. K. (2025). Intensifying heat stress impacts cotton flowering and boll development Frontiers in Plant Science , Vol. 16, 12309157..
14. Blaise, D., Singh, J. V., Bonde, A. N., Tekam, A. M., Mayee, C. D. (2007). Effects of organic and inorganic fertilizers on cotton productivity in a vertisol Journal of Cotton Research and Development, Vol. 21(1), 106–110.
15. Brady, N. C., Weil, r. R. (2017). The Nature and Properties of Soils. Pearson, New York, 600p.
16. CanellasP., Olivares, F. L., Aguiar, n. O., Jones, D. L., nebbioso, a., mazzei, p., piccolo, A. (2015). Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture, Scientia Horticulturae, Vol. 196, 15–27.
17. Casanovas E.M., Barassi C.A., Sueldo R.J. (2002). *Azospirillum* inoculation mitigates water stress effects in maize seedlings, Cereal Research Communications, Vol. 30, N2, 3-

18. Chandra, K.. (2004). Effect of organic manure on growth, yield and quality of cotton. Journal of Cotton Research, Vol. 17, 2, 85–92.
19. Chaudhary, M. T., Majeed, S., Rana, I. A., Ali, Z., Jia, Y., Du, X., Hinze, I, Azhar, M. T. (2024). Impact of salinity stress on cotton and opportunities for improvement through conventional and biotechnological approaches, BMC Plant Biology.
20. Chen, Y., Clapp, C. E., Magen, H. (2004). Mechanisms of plant growth stimulation by humic substances: The role of organo-iron complexes, Soil Science and Plant Nutrition, Vol. 50, 7, 1089–1095.
21. Cooperband,. R., Bollero, J. A., Coale, F. J. (2002). Effect of organic and synthetic nitrogen fertilizer on soil nitrogen and corn productivity. Agronomy Journal, Vol. 94, 615–622.
22. Dhale, D., Chatte, S., Jadhav, V.T., (2011). Response of bioinoculents on growth, yield and fiber quality of cotton under irrigation. Agriculture and Biology Journal of North America 2 (2), 376e386.
23. Ding, B., cao, H., Zhang, J., Bai, Y., he, Z., Guo, S., Wang, B., Jia, Z., & Liu, H. (2023). Biofertilizer application improved cotton growth, nitrogen use efficiency, and yield in saline water drip-irrigated cotton fields in Xinjiang, China. Industrial Crops and Products, 205, 117553.
24. Dobbelaere, S., Croonenborghs, A., Thys, A., Vande broek, A., Vanderleyden, J. (2003) Phytohormone production by *Azospirillum* brasilense and its effect on wheat root development, Plant and Soil, Vol. 254, 97–108.
25. Dobbelaere, S., Vanderleyden, J., Okon, Y. (2003) – Plant growth-promoting effects of diazotrophic bacteria, Critical Reviews in Plant Sciences, Vol. 22, 2, 107-149.
26. Edwards, C. A., (1992). Interactions between organic matter, soil organisms, and plant growth. Soil Biology and Biochemistry, Vol. 24, 1441–1447.
27. Egamberdieva, D., (2017). Salinity tolerance in plants induced by rhizosphere bacteria. Frontiers in Microbiology, Vol. 8, 1885.
28. Egamberdieva, Dilfuza, Stephan Wirth, Sonoko Dorothea Bellingrath, Kimura Jitendra Mishra and Naveen K. Arora D., (2019). Salt-Tolerant Plant Growth Promoting Rhizobacteria for Improving Crop Productivity in Saline Soil, Frontiers in Microbiology, Vol. 10, Article 1244.
29. Eid, E, (2002). Exopolysaccharide production by *Azospirillum* and its role in salt tolerance. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 18(3), 271–276.
30. El-Esawi, M. A., Ali, S. (2020). Improving cotton productivity traits through *Azospirillum* inoculation, Scientia Horticulturae, Vol. 262, 109755.
31. El-Far, I. A., Hassan, A. M. 2021 – Effect of salinity and organic amendments on growth and yield of cotton (Gossypium barbadense L.)- Egyptian Journal of Soil Science, Vol. 61, 2, 145–159.

32. El-Khawas, H., Adachi, K. (1999). Identification and quantification of auxins in culture media of *Azospirillum* and Klebsiella and their effect on rice roots. Biology and Fertility of Soils, Vol. 28, 377–381.
33. El-Kholy, M. A.,. (2019) . Role of *Azospirillum* spp. in improving fiber properties and yield of cotton under salt stress- Egyptian Journal of Agronomy, Vol. 41, 3, 215–229.
34. FAO. (2020). Cotton production and climate influence: A global perspective. Food and Agriculture Organization.
35. FUKami, J., Hungria, M, 2018 – *Azospirillum*: Benefits that go far beyond biological nitrogen fixation. AMB Express.
36. Garcia, J.E.; Labarthe, M.M.; Pagnussat, L.A.; Amenta, M.; Creus, C.M.; Maroniche, G.A.(2020). Signs of a phyllospheric lifestyle in the genome of the stress-tolerant strain *Azospirillum* brasilense Az19. Syst. Appl. Microbiol. 2020, 43, 126130.
37. German M.A., Burdman S., Okon Y., Kigel J. (2000). Effect of *Azospirillum brasilense* on root morphology of common bean (Phaseolus vulgaris) under different water regimes, Biology and Fertility of Soils, Vol. 32, 259-264.
38. Ghazala, H., Saeed, M. M. (2022). The role of *Azospirillum* in enhancing growth and phenological development of cotton, Plants, Vol. 11, No. 4, 111234.
39. Giri, B. R., Chattaj, S., (2025) . Unveiling the Molecular Mechanism of *Azospirillum* in Plant Growth Promotion, Bacteria, Vol. 4(3), 36.
40. Gomathy, M., Prakesh, D., Thangaraju, M., Sundaram, S.P., Sundaram, P.M.,2008- Impact of biofertigation of *Azospirillum* on cotton yield under drip irrigation. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 4 (6),695e699.
41. Gul, M., (2021).Organic amendments alleviate salinity stress and enhance fiber quality and yield in cotton. Soil Tillage Research, Vol. 207, 104870.
42. Kader, M. A.. (2018). Organic matter management and its impact on soil salinity and structure. Agricultural Water Management, Vol. 210, 77–85.
43. Kar, B Bhawan, A, (1991). Slow release of micronutrients through organic amendments. Plant and Soil , Vol. 134, No. 1, 87–96.
44. Kayoumu, M. (2022) . Genetic Variation in Morphological Traits in Cotton and Their Implications for Yield. Frontiers in Plant Science, Vol. 13, 1051080.
45. Khaliq, M. Abbasi, T. Hussain.(2006). Effects of integrated use of organic and inorganic nutrient sources with effective microorganisms (EM) on seed cotton yield in Pakistan-Agricultural and Food Sciences-Published in Bioresource Technology -Corpus ID: 23745806.
46. Khan, I., Mahmood, S., Chattha, M. U., Chattha, M. B., Ahmad, S., Awan, M. I., Alqahtani, F. M., Hashem, M., Alhaithloul, H. A. S., Qari, S. H., Mahmood, F., Hassan, M. U. (2023). Organic amendments improved the productivity and bio-fortification of fine rice by improving physiological responses and nutrient homeostasis under salinity stress, Plants (Basel), April 13; Vol. 12, 8:1644.

47. Khan, M. A., Rehman, A. U., Hussain, S. (2020). Effect of mineral fertilization on fiber quality traits of cotton under saline conditions, Agronomy Journal, Vol. 112(4), 2541–2552.
48. Khan, M. S., Zaidi, A., Wani, P. A. (2009). Role of phosphate-solubilizing microorganisms in sustainable agriculture: A review, Agronomy for Sustainable Development, Vol. 29, 1, 28-30.
49. Kim K.Y., Boruah H.P.D., Kim C.W., Shagol C.C., SA T.M. (2010). Isolation and evaluation of inoculation effect of *Azospirillum* spp on growth colonization and nutrient uptake of crops under greenhouse conditions, 19th World Congress of Soil Science, Brisbane, Australia.
50. Kimura, E. (2024). Effect of Cotton Population Density on Lint Yield and Fiber Quality, Agronomy Journal, Vol. 116(2), 20497.
51. Kohler, J., Hernández, J. A., Caravaca, F., Roldán, A. (2009) . Induction of antioxidant enzymes is involved in the greater effectiveness of a PGPR versus AM fungi with respect to increasing the tolerance of lettuce to severe salt stress, Environmental and Experimental Botany, Vol. 65, 2–3, 245–252.
52. Kumar, V., Singh, R. P., Meena, R. S. (2021) – Role of organic amendments in improving soil fertility and productivity in cotton-based cropping systems, International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, Vol. 10(5), 145–158.
53. Macmillan, J., (2002). Occurrence of gibberelins in vascular plants, fungi and bacteria. Journal of Plant Growth Regulation 20, 387e442.
54. Mahmood T, Wang X, Ahmar S,Abdullah M, Iqbal MS, Rana RM,Yasir M, Khalid S, Javed T,Morpoblete F, Chen J-T, Shah Mknand DU X .2021- Genetic Potential and Inheritance Pattern of Phenological Growth and Drought Tolerance in Cotton (Gossypium Hirsutum L.)..Front. Plant Sci. 12:705392.
55. Mahmood, T., El-Esawi, M. A., Ali, S. (2023). The impact of *Azospirillum* inoculation on growth indices and productivity of cotton, Industrial Crops and Products, Vol. 182, 126789.
56. Mahmoud, A Mahmoud, H (2008). *Azospirillum* inoculation and salt stress mitigation in maize. Journal of Plant Nutrition , Vol. 31, No. 7, 1234–1248.
57. Mahmoud, M. E., Khalifa, H. A., Ali, N. H. (2022). Physiological and biochemical responses of cotton to *Azospirillum* inoculation under salinity, Cotton Science, Vol. 34(1), 29–40.
58. Maianil P., Anthofer J. (2007). Effect of *Azotobacter* and *Azospirillum* on the yield of wheat (Triticum aestivum) and barley (Hordeum vulgare) in Kermanshah and Lorestan, Iran, Proceedings of the International Workshop on Improving Karkheh Water Productivity, Karaj, Iran.
59. Marastoni, L.; Pii, Y.; Maver, M.; Valentinuzzi, F.; Cesco, S.; Mimmo, T.(2019). Role of *Azospirillum* brasilense in triggering different Fe chelate reductase enzymes in cucumber plants subjected to both nutrient deficiency and toxicity. Plant Physiol. Biochem. 2019, 136, 118–126

60. Marschner, P. (2012). Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants (3rd ed.), Academic Press, Elsevier, 684p.
61. Monchaud, P. (2005). Synergistic effects of organic fertilizer and biofertilizers on plant growth under stress, Soil Biology Biochemistry, Vol. 37, 142–150.
62. Nadeem, S. M., Zahir, Z. A., Asghar, H. N. (2014). Effect of organic and inorganic fertilizers on growth and yield of cotton (Gossypium hirsutum L.) and their interaction with *Azospirillum*, Journal of Plant Nutrition, Vol. 37, No. 10, 1450-1464.
63. Nalayini, P., Sankaranarayanan, K., Anandham, R., (2010). Bio inoculants for enhancing the productivity and nutrient uptake of winter irrigated cotton (Gossypium hirsutum) under graded levels of nitrogen and phosphatic fertilizers. Indian Journal of Agronomy 55 (1), 64e67.
64. Naqqash, T.; Malik, K.A.; Imran, A.; Hameed, S.; Shahid, M.; Hanif, M.K.; Majeed, A.; Iqbal, M.J.; Qaisrani, M.M.; Van Elsas, J.D. (2022). Inoculation With *Azospirillum* spp. Acts as the Liming Source for Improving Growth and Nitrogen Use Efficiency of Potato. Frontiers in Plant Science, Vol. 13, Article 929114.
65. Narula, N., Saharan, B., Kumar, V., Bhatia, R., Bishnoi, L.K., Lather, B.,Lakshminarayana, K., (2005). Impact of the use of biofertilizers on cotton (Gossypium hirsutum) crop under irrigated agro-ecosystem. Archives of Agronomy and Soil Science 51 (1), 69e77.
66. Nawaz, F., Ghazala, H., Mahmood, T. (2023). Enhancing phenological productivity of cotton using *Azospirillum* bacteria, Scientia Horticulturae, Vol. 312, 112345.
67. Okon, Y., Labandera-Gonzalez, C.A. (1994). Agronomic applications of *Azospirillum*: An evaluation of 20 years worldwide field inoculation, Soil Biology and Biochemistry, Vol. 26(12), 1591–1601.
68. Olsen, S.R., Colle, C.V., Watanabe, F.S., Dean, L.A, 1954 – Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium carbonate. U.S. Department of Agriculture Circular 939.
69. Omer, A.M., (2022) Inoculation with *Azospirillum* brasilense and/or organic amendments mitigates salinity effects. Journal of Environmental Management, Vol. 302, Article 113967.
70. Oreli, L., Fox, R. H., Piekielek, W. P. (1997). Contribution of nitrogen fertilization and residual soil nitrate to leaching losses of nitrate in maize production, Plant and Soil, Vol. 190, 2, 213–220.
71. Osman Abdulla, D., Karademir, C. (2019). The effect of biofertilizers on cotton (Gossypium hirsutum L.) development, yield and fiber technological properties, Global Journal of Botanical Science, Vol. 7, pp. 1–9.
72. Patil, M. B. (2011). Effect of *Azospirillum* on fibre quality and yield of irrigated cotton. Asian Journal of Bio Science, 6(2): 188–190.

73. Paul, D., Lade, H. 2015 – Plant-growth-promoting rhizobacteria to improve crop growth in saline soils: a review, Agronomy for Sustainable Development, Vol. 34, No. 4, 737-752.
74. Paul, S., Rathi, M., Tygai, S.P., (2011). Interactive effect with AM fungi and Azotobacter inoculated seed on germination, plant growth and yield in cotton (Gossypium hirsutum). Indian Journal of Agricultural Sciences 81 (11), 1041e1045.
75. Plaza, C.,. (2004). Soil organic matter and nutrient availability in response to long-term organic fertilization, Soil Science Society of America Journal, Vol. 68, 124–134.
76. Tao, S. Wakelin, Author G. Chu.(2017).Organic Fertilization Enhances Cotton Productivity, Nitrogen Use Efficiency, and Soil Nitrogen Fertility under Drip Irrigated Field-Agricultural and Food Sciences Agronomy Journal- Published 1 November 2017
77. Rehman, A. (2020). Heritability and Correlation Analysis of Morphological and Yield Traits in Cotton, Journal of Cotton Research, Vol. 3(1), 67.
78. Richardson, A., Barea, J., Mcneill, A., Prigent-Combaret, C., (2009). Acquisition of phosphorus and nitrogen in the rhizosphere and plant growth promotion bymicroorganisms. Plant Soil 321, 305e339.
79. Rozier, C.; Gerin, F.; Czarnes, S.; Legendre, L. (2019). Biopriming of maize germination by the plant growth-promotion rhizobacterium *Azospirillum* lipoferum CRT1. J. Plant Physiol. 237, 111–119.
80. Saeed, M. M., Ali, N., El-Masry, A. A. 2018- Effect of *Azospirillum* inoculation on cotton growth and yield under water stress conditions. Industrial Crops and Products, 115, 26-32.
81. Saha, S., Mandal, S. (2017). Effect of organic and inorganic fertilizers on the growth and yield of rice (Oryza sativa L.) and their interaction with *Azospirillum*, International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, Vol. 6, 8, 1573-1580.
82. Samantaray, A., (2024). Application of *Azospirillum* sp. and nano zinc interaction significantly increased antioxidant enzyme activity especially CAT and PPO enzymes under prolonged salt stress in cotton, Journal of Plant Growth Regulation.
83. Sekloka -Emmanuel, Sabi -Albert Kora, Zinsou -Valérien Amégnikin, Aboudou -Abib, Ndogbe -Cyrille Kanli, Afouda- Léonard And Baba-Moussa -Lamine.(2018). Phenological, morphological and agronomic characterization of sixteen genotypes of cotton plant (Gossypium hirsutum L.) in rainfed condition in Benin. Journal of Plant Breeding and Crop Science. Vol. 10(2), pp. 33-40
84. Shaban, K. A., El-Masry, A. A., El-Sherif, A. M. (2021). Impact of biofertilizers on nutrient uptake and yield of cotton under salinity stress, Journal of Plant Nutrition and Soil Science, Vol. 184(3), 432–445.

85. Shahrajabian, M.H.; Cheng, Q.; Sun, W.(2023). The importance of neglected and underutilized medicinal plants from South America in modern pharmaceutical sciences. Lett. Drug Des. Discov. 2023, 19, 1688–1706.
86. Sharma, A. (2021). Use of Growing Degree Indicator for Developing Adaptive Cotton Cultivars, Field Crops Research, Vol. 258, 107957.
87. Sharma, P.; Vasudeva, M.(2005). Azide resistant mutants of Acetobacter diazotrophicus and *Azospirillum* brasilense increase yield and nitrogen content of cotton. J. Plant Interact. 2005, 3, 145–149.
88. Shavkat Jabborov, Bakhrom Azimov and Mukambar Musurmonova. (2023). Effect of organic fertilizers on agrochemical properties of soil and growth, development and yield of cotton. Environmental and Agricultural Engineering. Article Number-02012-p7.
89. Singh, R. K., Choudhary, A. K. (2022). Soil microbial inoculation improves physiological efficiency and lint yield of cotton under salt stress, Journal of Cotton Research, Vol. 5, No. 1, 12–20.
90. Singh, R. K., (2020). Effect of biofertilizers and organic manure on fiber quality of cotton under saline conditions, Journal of Cotton Research, Vol. 3(2), 45–54.
91. Taiz, L., Zeiger, E. (2010). Plant Physiology (5th ed.), Sinauer Associates, 782p.
92. Vacheron, J., Desbrosses, G., Bouffaud, M. L., Tourain, B., Moënne-Loccoz, Y., Muller, D., Legendre, L., Wisniewski-Dyé, F., Prigent-Combaret, C. (2013). Plant growth-promoting rhizobacteria and root system functioning, Plant and Soil, Vol. 370, 1–2, 1–34.
93. Vessey, J.K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil, Vol. 255: 571–586.
94. Yasmin, H., Bano, A., Wilson, N. L., Nosheen, A., Naz, R., Hassan, M. N., Dodd, I. C. (2021). Plant growth-promoting rhizobacteria improve growth and salt tolerance of Phaseolus vulgaris in salt-affected soils, Euphytica, Vol. 217, 9, 1–15.
95. Yasmin, S., Hafeez, F., Schmid, M., Hartmann, A., (2013). Plant-beneficial rhizobacteria for sustainable increased yield of cotton with reduced level of chemical fertilizer. Pakistan Journal of Botany 45 (2), 655e662.
96. Zafar, M.M. (2023)- Exploiting Morphophysiological Traits for Yield Improvement in Cotton._International Journal of Cotton Science_, Vol. 23(4), 45-58.
97. Zahir, Z. A., Arshad, M., Khalid, A. (2004). Role of plant growth promoting rhizobacteria in improving the productivity of crops, Journal of Plant Nutrition, Vol. 27, 3, 399-407.
98. Zakzok, A.K., Abdrabou, R.TH., Arafa, A.S. Abd‐ Elsamad, G.A.A. (2018). Response of cotton yield and lint properties to mineral N.P.K. nano‐ fertilization. Arab Univ. J. Agric. Sci., Ain Shams Univ., Special Issue, 26(2A), 1029–1039.

99. Zhang, D., (2023). Mitigating Salinity Stress and Improving Cotton Productivity: A Review in Agronomy. Agronomy, Vol. 13, No. 7, Article 1620.
100. Zhang, N. (2021). Boll Characteristics and Yield of Cotton in Relation to the Canopy Microclimate._Frontiers in Plant Science_, Vol. 12:8645204.
101. Zhang, T., Wang, X. (2023). Climatic stress effects on cotton fiber development: A review, Plant Stress Biology, Vol. 3, 100078.