Al-Mukhtar Journal of Agricultural, Veterinary and Environmental Science 01 (4): 50-58, 2026
Doi: https://doi.org/10.54172/qbr8j347

Research Article **Open Access**

تأثير المستخلص المائي لنبات الجعدة (*Teucrium polium*) في الصفات المظهرية والتشريحية للعقد الجذرية لأصناف من الباقلاء *Vicia faba* L.

احمد حيدر عطية[1] ، وسن صالح حسين[2]

احمد حيدر عطية: قسم علوم الحياة، كلية العلوم، جامعة الموصل
وسن صالح حسين*: قسم علوم الحياة، كلية العلوم، جامعة الموصل

المستخلص: هدفت هذه الدراسة إلى تقييم تأثير المستخلص المائي لنبات الجعدة (*Teucrium polium*) في الصفات المظهرية والتشريحية للعقد الجذرية لثلاثة أصناف من نبات لباقلاء (*Vicia faba* L.) وذلك في إطار التوجه نحو استخدام بدائل طبيعية صديقة للبيئة بدلاً من الأسمدة الكيميائية. أُجريت التجربة في البيت البلاستيكي باستخدام ثلاثة تراكيز من المستخلص (0.5%، 1.5%، 3%)، وتم تطبيقها على النباتات خلال مراحل النمو المختلفة. أظهرت النتائج أن المستخلص المائي للجعدة أدى إلى تحسين معنوي في صفات العقد الجذرية لجميع الأصناف المدروسة، بما في ذلك عدد العقد وعدد العقد الفعالة ووزنها دون حدوث تغيرات واضحة في شكلها الخارجي. وقد كان التركيز 1.5% هو الأكثر كفاءة إذ سجل أعلى القيم في معظم الصفات. كما تفوق الصنف Luz على بقية الأصناف، مما يشير إلى دور العوامل الوراثية في كفاءة التعايش مع بكتريا العقد الجذرية. أما على المستوى التشريحي فقد أدى التركيز المتوسط إلى زيادة قطر العقدة وطولها واتساع منطقة الإصابة وهي مؤشرات ترتبط بزيادة كفاءة تثبيت النيتروجين. في المقابل أظهرت التراكيز العالية (3%) تأثيرًا تثبيطيًا نسبيًا في بعض الصفات، تُشير هذه النتائج إلى إمكانية استخدام مستخلص نبات الجعدة خاصة بتركيز معتدل كمحفز حيوي طبيعي لتحسين تكوين العقد الجذرية وزيادة كفاءة التثبيت الحيوي للنيتروجين في نبات الباقلاء مما يسهم في تحسين خصوبة التربة وتقليل الاعتماد على الأسمدة الكيميائية، ودعم ممارسات الزراعة المستدامة

كلمات مفتاحية: الجعدة، الباقلاء، العقد الجذرية، الصفات التشريحية و المظهرية، المحفزات الحيوية

*Corresponding author:
Wasan Salih Hussain
E-mail addresses:
wassbio54@uomosul.edu.iq
Department of Biology, Mosul University , Mosul, Iraq
Ahmed Hider Atiyah
E-mail
aboaliahmed105@yahoo.com
Department of Biology, Mosul University , Mosul, Iraq
Received: 01.04.2026
Accepted: 30.04.2026
Publish online: 30/6/2026

Effect of the aqueous extract of the germander plant (Teucrium polium) on the morphological and anatomical characteristics of the root nodules of faba bean varieties (Vicia faba L.)

Abstract: This study aimed to evaluate the effect of the aqueous extract of Teucrium polium on the morphological and anatomical characteristics of root nodules in three cultivars of faba bean (Vicia faba L.), in the context of sustainable agriculture and the development of natural alternatives to chemical fertilizers. A greenhouse experiment was conducted using three concentrations of the plant extract (0.5%, 1.5%, and 3%), applied during different growth stages. The results revealed that the aqueous extract significantly improved root nodule traits in all studied cultivars, including nodule number, number of effective nodules, and nodule weight, without altering their general shape. The 1.5% concentration showed the greatest effectiveness, achieving superior values for most measured parameters. Among the cultivars, Luz exhibited the best performance, indicating the influence of genetic variation on the symbiotic efficiency with Rhizobium bacteria. Anatomical analysis showed that the moderate concentration (1.5%) enhanced nodule diameter, length, and the size of the infected zone, which is closely associated with nitrogen fixation efficiency. In contrast, the higher concentration (3%) showed a slight inhibitory effect on some traits. These findings suggest that Teucrium polium extract, particularly at moderate concentrations, can serve as an effective natural biostimulant to enhance nodulation and biological nitrogen fixation in faba bean. This approach may contribute to improving soil fertility, reducing dependence on chemical fertilizers, and supporting environmentally sustainable agricultural practices.
Keywords: Teucrium polium ,Vicia faba L.,Root nodules ,Morphological and anatomical traits, Bio stimulants .

The Author (s) 2026. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License [http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/], which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, for non-commercial purposes only*, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.

المقدمة

إن سوء استخدام الأسمدة الكيمائية يؤدي إلى انخفاض إنتاجية المحاصيل الزراعية ويسبب أضراراً للبيئة وصحة الإنسان ولضمان استدامة النظم الإيكولوجية الزراعية الطبيعية للأجيال القادمة دون زيادة استخدام الأسمدة والمبيدات مع تحسين سلامة المحاصيل وإنتاجيتها نحتاج إلى تحسين كفاءة امتصاص العناصر الغذائية وتعزيز آليات الدفاع الطبيعية للنباتات ضد الضغوط الحيوية وغير الحيوية وانطلاقاً من هذه الأهداف، يجري البحث في الموارد الطبيعية مثل المستخلصات النباتية كبدائل للمواد الكيميائية التقليدية (Han وآخرون، 2024). تعُرفَّ المحفزات البايولوجية بأنها مواد تحتوي على مادة أو مواد أو كائنات دقيقة، ووظيفتها عند تطبيقها على النباتات أو منطقة الجذور تحفيز العمليات الطبيعية مثل تحسين امتصاص العناصر الغذائية وكفاءة استخدام العناصر الغذائية وتحمل الإجهاد اللاحيائي، وجودة المحاصيل (Mrid وآخرون، 2021).

يعُتبر تطبيق التقنيات البايولوجية في الممارسات الزراعية استراتيجية صديقة للبيئة ومنخفضة التكلفة للتخفيف من الضغوط اللاحيائية والأحيائية، مع تقليل الاعتماد على الأسمدة الكيميائية بشكل فعال (Han وآخرون، 2024)، وإن عملية استخلاص المستخلصات النباتية بسيطة نسبيا، وفعالة من حيث التكلفة وصديقة للبيئة إذ يمكن استخلاص هذه المستخلصات من مواد خام وفيرة، مثل الأعشاب الضارة والنباتات الأخرى غير الاقتصادية والنباتات الطبية، فقد أظهرت الدراسات أن مستخلصات بعض النباتات، غنية بمضادات الأكسدة، كالمركبات الفينولية والفلافونويدات وتظُهر تأثيرات إيجابية، اذ تعمل المواد النشطة بيولوجياً في المستخلصات النباتية مثل الهرمونات على بدء التكافل مع الكائنات الحية الدقيقة المفيدة وحماية النباتات من الضغوط البيئية، وتعزيز نمو النبات، وتحسين أنظمة الدفاع الذاتية للنباتات ضد الأمراض (Poveda وآخرون، 2020). من هذه النباتات هو نبات الجعدة الذي ينتمي الى العائلة الشفوية Lamiaceae وهي تضم 200 جنس و 3300 نوع من الاعشاب العطرية او الحولية او المعمرة او تحت الشجيرات . وتكون غنية بالزيوت العطرية والصابونينات والستيرويدات والفينولات والفلافونويدات والقلويدات والاحماض الدهنية ، فقد تم عزل اكثر من 300 مركب من نبات الجعدة بما في ذلك التربينات والستيرويدات والفلافونويدات وكلايكوسيدات الفينيل ايثانويد إلخ . وتم جمع وعزل حوالي 290 مركبا من نبات الجعدة *Teucrium* خلال الفترة 2000-2020 ورتبت في المجموعات التالية : المجموعة الاولى التربينويدات والمجموعة الثانية المركبات الفينولية والمجموعة الثالثة مركبات اخرى (Sadeghi وآخرون، 2022). تعد النبات الباقلاء *Vicia faba* L. من اهم المحاصيل الزراعية سواء من الناحية الغذائية أو الاقتصادية أو البيئية وتأتي أهميتها من حيث توفير المادة الغذائية مباشرة بعد محاصيل نباتات العائلة النجيلية وذلك لما تمتاز به بذورها من محتوى عالي من البروتينات و الكربوهيدرات، حيث تستخدم البذور الكبيرة عادة كغذاء للإنسان، بينما تستخدم البذور الصغيرة في الغالب علفا للماشية ؛ كما أن زراعة محاصيل النباتات البقولية يساعد في عملية تثبيت غاز النيتروجين الموجود في الغلاف الجوي والذي يترتب عليه زيادة خصوبة التربة ونقص الحاجة لاستخدام المخصبات بالإضافة إلى ذلك، فإنها مصدر مهم للعديد من الأحماض الأمينية مثل الليوسين والارجينين واللايسين ، كما أنها تعتبر مصدر مهم لكل من بدائل evodopa او dopamine والتي يتم إنتاجها صناعيا لعلاج مرض الشلل الرعاشي (التريكي والصل ، 2023).

ان الهدف من اختيار هذا الموضوع لما يتمتع به محصول الباقلاء من أهمية غذائية وزراعية إضافة إلى ما يمتلكه نبات الجعدة (*Teucrium polium*)من مركبات فعالة ذات تأثيرات حيوية محتملة خاصة في مجال التداخل الأليلوپاثي. كما ينسجم هذا البحث مع التوجهات الحديثة نحو استخدام المستخلصات النباتية كبدائل طبيعية صديقة للبيئة لتحسين نمو النباتات وتقليل الاعتماد على المدخلات الكيميائية، فضلاً عن قلة الدراسات المحلية التي تناولت هذا النوع من التأثير

المواد وطرق البحث

تضمنت الدراسة إجراء تجارب في البيت البلاستيكي في قسم البستة التابعة لكلية الزراعة والغابات / جامعة الموصل وشملت الدراسة استخدام مستخلصات نبات الجعدة *Teucrium polium* بثلاث تراكيز (0.5، 1.5، 3%) ودراسة تأثيرها على الصفات المظهرية والتشريحية للعقد الجذرية لثلاثة اصناف من نبات الباقلاء *Vicia faba* L. .

جمع العينات نبات الجعدة : جُمعت نبات الجعدة في شهر اب 2025 من منطقة جبل الصفرة (باصخرة) بالقرب من قرية بازكرتان في سهل نينوى ، تم تجفيفها هوائيا وسُحقت يدويا الى قطع صغيرة ، وحُفظت في علب زجاجية محكمة الغلق في درجة حرارة الغرفة لحين الاستعمال .

الاختبار الاحيائي للمستخلصات المائية لنبات الجعدة: تم تحضير المستخلصات المائية لمتبقيات نبات الجعدة (المجموع الخضري) بتراكيز % 3 , 1.5 , 0.5 بالاعتماد على طريقة (Hussain ، 2020). وبعد زراعة البذور في اصص بلاستيكية سعة (25كغم) حاوية على تربة خالية من اي اضافة تم السقي بالمستخلصات المائية لنبات الجعدة المحضرة بتراكيز (0.5% و 1.5% و 3%) ، وكان السقي الاول عند الزراعة والسقي الثاني بعد مرور 30 يوما والسقي الثالث بعد مرور 60 يوما ، حيث سُقيت في كل مرة بـ 25 مللتر من المستخلصات المائية لكل اصيص .وبعد الحصاد تم فصل المجموع الخضري عن الجذري وغسل المجموع الجذري بالماء عدة مرات / وثم تم دراسة صفات العقد الجذرية والتي شملت:

- **الصفات المظهرية** : تم حساب عدد العقد الجذرية، عدد العقد الجذرية الفعالة ، وزن العقد الجذرية، شكل العقد.
- **الصفات التشريحية للعقد الجذرية**: لتحضير مقاطع مستعرضة للعقد الجذرية للأصناف المدروسة تم استخدام طريقة القطع اليدوي الحر Free-hand sectioning method، وذلك باستخدام شفرة حادة لتحضير شرائح رقيقة للعقد الجذرية، وتم دراسة قطر العقدة، طول العقدة ، طول منطقة الاصابة ببكتريا العقد(Nakhforoosh وآخرون، 2024) وتم صبغ العينات بصبغة السفرانين بتركيز 2.5%.

التحليل الإحصائي: نفذت التجربة العاملية باستخدام التصميم العشوائي الكامل(CRD) لدراسة تأثير المعاملات المختلفة في الصفات المدروسة، وقورنت الفروق المعنوية بين المتوسطات باختبار (Duncan، 1955) متعدد المدى .

النتائج والمناقشة

أظهرت نتائج جدول (1) أن المستخلص المائي لأوراق الجعدة (*Teucrium polium* L.) أدى إلى تحسين صفات العقد الجذرية في أصناف الباقلاء الثلاثة، إذ اختلفت الاستجابة تبعًا للصنف والتركيز المستخدم. لوحظ أن جميع المعاملات احتفظت بالشكل المفصص/الفراشي للعقد الجذرية الشكل (1) مما يشير إلى أن تأثير المستخلص انصبّ بصورة أساسية على زيادة عدد العقد وفعاليتها ووزنها دون إحداث تغيرات مظهرية واضحة في شكل العقد.وتفوق الصنف Luz في معظم الصفات المدروسة إذ سجل أعلى متوسط لعدد العقد والعقد الفعالة ووزن العقد مقارنة بالصنفين الآخرين بينما أعطى الصنف Histal أقل القيم، وقد يعزى ذلك إلى الاختلافات الوراثية بين الأصناف في كفاءة التعايش مع بكتريا Rhizobium وقدرة الجذور على تكوين العقد الجذرية. وتتفق هذه النتائج مع ما أشار إليه Hungria و Vargas (2000) من أن كفاءة التثبيت الحيوي للنيتروجين في البقوليات تتأثر بصورة مباشرة بالتركيب الوراثي للصنف ومدى توافقه مع الأحياء المجهرية العقدية الموجودة في منطقة الجذور.

كما أظهرت النتائج أن التركيز 1.5% من مستخلص الجعدة كان الأكثر كفاءة في تحسين صفات العقد الجذرية إذ سجل أعلى عدد للعقد والعقد الفعالة وأعلى وزن للعقد مقارنة ببقية التراكيز. وقد يعزى ذلك إلى احتواء نبات الجعدة على مركبات ايض ثانوي مثل الفلافونويدات و الفينولات والتربينات والتي تؤدي دورًا مهمًا في تنشيط النمو الجذري وتحفيز التفاعلات التكافلية مع بكتريا

العقد الجذرية. وقد بينت دراسة لـ Sharifi-Rad وآخرون (2020) أن نبات الجعدة غني بالمركبات المضادة للأكسدة والمحفزة للنشاط الحيوي، الأمر الذي قد يسهم في تحسين العمليات الفسيولوجية للنبات وزيادة كفاءة امتصاص العناصر الغذائية، إن زيادة عدد العقد الفعالة عند التركيز المتوسط ربما تعود إلى تأثير المستخلص في تحفيز نمو الشعيرات الجذرية مما يوفر مواقع أكثر لارتباط بكتريا الـ *Rhizobium* وتكوين العقد. كما أن المركبات الايض الثانوي الموجودة في المستخلص قد تكون أسهمت في تحسين بيئة الاحياء المجهرية المحيطة بالجذور. وقد أشار Dakora و Phillips (2002) إلى أن الإفرازات الجذرية والمركبات الفينولية تلعب دورًا رئيسيًا في تنظيم الإشارات الكيميائية بين النباتات البقولية والبكتريا المثبتة للنيتروجين.أما الانخفاض النسبي في بعض الصفات عند التركيز 3% مقارنة بتركيز 1.5%، فقد يدل على أن زيادة تركيز المستخلص قد تسبب تأثيرًا تثبيطيًا لبعض العمليات الحيوية، نتيجة ارتفاع تركيز المركبات الفينولية أو التربينية، والتي يمكن أن تؤثر سلبًا في نشاط الأحياء المجهرية عند التراكيز العالية. وهذا يتفق مع ما ذكره Hussain (2021) حول التأثير الأليلوباثي لبعض المستخلصات النباتية، إذ يمكن أن تكون محفزة للنمو عند التراكيز المنخفضة أو المتوسطة، لكنها تتحول إلى مثبطة عند زيادة التركيز.

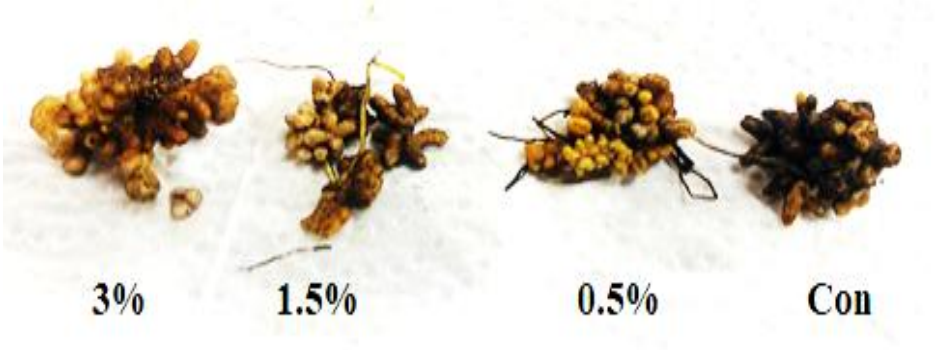
وعند دراسة التداخل بين الصنف والتركيز، تبين أن الصنف Luz عند التركيز 1.5% أعطى أعلى عدد للعقد والعقد الفعالة، في حين حقق الصنف Holland أعلى وزن للعقد عند التركيز نفسه، مما يدل على أن استجابة الأصناف للمستخلص تختلف تبعًا لخصائصها الوراثية والفسيولوجية. وتشير هذه النتائج إلى أن استخدام التراكيز المناسبة من المستخلصات النباتية الطبيعية يمكن أن يسهم في تعزيز التثبيت الحيوي للنيتروجين وتحسين نمو نباتات البقوليات، الأمر الذي ينعكس إيجابياً على خصوبة التربة وتقليل الاعتماد على الأسمدة الكيميائية.أظهرت النتائج وجود تأثير واضح لكل من الصنف والتركيز في صفات العقد الجذرية لنبات الباقلاء، إذ تباينت الأصناف في استجابتها للمستخلص المائي لأوراق الجعدة من حيث عدد العقد والعقد الفعالة ووزن العقد.النسبة لتأثير الصنف، لوحظ تفوق الصنف Luz على الصنفين Histal و Holland في جميع الصفات المدروسة، إذ سجل أعلى متوسط لعدد العقد بلغ 94.5 عقدة، وأعلى عدد للعقد الفعالة بلغ 81.75 عقدة، فضلاً عن أعلى وزن للعقد بلغ 20.02 غم، وقد يعزى هذا التفوق إلى الاختلافات الوراثية بين الأصناف في قدرتها على تكوين العقد الجذرية وكفاءة العلاقة التكافلية مع بكتريا الـ *Rhizobium*، إضافة إلى اختلاف كفاءة بالمجموع الجذري في امتصاص العناصر الغذائية واستجابته للمركبات الفعالة الموجودة في المستخلص النباتي. اذ أن كفاءة التفاعل بين النبات والبكتريا قد تعتمد على التوافق الوراثي بينهما، والذي ينعكس على تطور العقد الجذرية وفعاليتها الفسيولوجية.أما بالنسبة لتأثير التركيز، فقد أظهرت النتائج أن التركيز 1.5% من المستخلص المائي للجعدة حقق أفضل النتائج في جميع الصفات المدروسة، ويمكن تفسير ذلك بأن هذا التركيز وفر مستوى مناسبًا من مركبات الايض الثانوي مثل الفلافونويدات والمركبات الفينولية والتربينات، والتي تعمل على تنشيط نمو الجذور وتحفيز تكوين الشعيرات الجذرية، مما يزيد من فرص استعمار بكتريا الـ *Rhizobium* للجذور وتكوين العقد. كما أن الفلافونويدات الموجودة في المستخلص تؤدي دورًا مهمًا في تحفيز الجينات المسؤولة عن بدء عملية التعايش البكتيري وتكوين العقد الجذرية، إذ تعمل بوصفها جزيئات إشارية بين النبات والبكتريا.

يبين جدول (2) تأثير المستخلص المائي لأوراق الجعدة في الصفات التشريحية للعقد الجذرية لأصناف الباقلاء الثلاثة، إذ أظهرت النتائج وجود اختلافات واضحة بين الأصناف والتراكيز المستخدمة في قطر مقطع العقدة وطول المقطع ومنطقة الإصابة ، مما يدل على تأثر الصفات التشريحيةة للعقد الجذرية بالمركبات الحيوية الموجودة في المستخلص النباتي.

أظهرت نتائج تأثير الصنف وجود تباين واضح بين الأصناف في الصفات التشريحية المدروسة، إذ سجل الصنف Luz أعلى متوسط لقطر المقطع بلغ 4.201 ملم، في حين تفوق الصنف Holland في طول المقطع ومنطقة الإصابة بمتوسط ، بينما أعطى الصنف Histal قيماً متوسطة في أغلب الصفات.

جدول:(1). تأثير المستخلص المائي لأوراق الجعدة في صفات العقد الجذرية لثلاثة اصناف من الباقلاء

الصنف	المعاملة	عدد العقد	العقد الفعالة	وزن العقد (غم)
Histal	0.0	d 35	d28	b 11.56
	0.5	c 54	c44	c 9.30
	1.5	b71	b59	a 12.70
	3	a74	a62	a 12.91
تأثير الصنف		a58.5	b48.25	c 11.61
Luz	0.0	c87	79c	ab21.43
	0.5	d69	58d	c 12.92
	1.5	a124	104a	a 23.34
	3	b98	86b	a22.41
تأثير الصنف		94.5a	81.75b	c 20.02
Holland	0.0	c 52	d 41	d 14.62
	0.5	a114	a 101	b 20.44
	1.5	c 88	76c	24.49a
	3	b 91	82b	18.25c
تأثير الصنف		86.25a	75b	19.45c
تأثير التركيز	0.0	d 58	d 49.33	15.87c
	0.5	c 79	67.66c	14.22c
	1.5	a 94.33	79.66a	20.17a
	3	b 87.66	ab 76.66	b 17.85



شكل:(1). تأثير المستخلص المائي لأوراق الجعدة في صفات المظهرية العقد الجذرية لأصناف الباقلاء الثلاثة

.

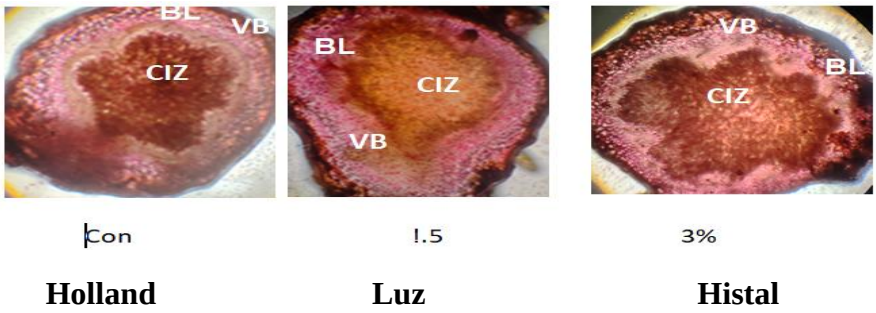
ويعزى هذا التباين إلى الاختلافات الوراثية بين الأصناف في سرعة انقسام الخلايا القشرية وكفاءة تكوين الأنسجة العقدية، فضلاً عن اختلاف قدرتها على تكوين العلاقة التكافلية مع بكتريا *Rhizobium.* ، وتشير الدراسات الحديثة إلى أن التركيب الوراثي للنبات يؤثر بصورة مباشرة في تطور البنية التشريحية للعقد الجذرية، ولاسيما حجم منطقة الإصابة التي تعد مؤشراً على نشاط البكتريا المثبتة للنيتروجين(Roy وآخرون، 2020).

أما بالنسبة لتأثير التركيز فقد أظهرت النتائج أن التركيز 1.5%كان الأكثر فاعلية في تحسين الصفات التشريحية إذ سجل أعلى المتوسطات مقارنة بمعاملة المقارنة فقد سجل هذا التركيز زيادة في قطر المقطع بلغت نحو 9% في الصنف Histal و 34.6% في الصنفLuz في حين انخفض في الصنف Holland بنسبة تقارب 17.6%، كما سجل طول المقطع زيادة كبيرة في الصنف Histal بلغت حوالي 56.7% مقابل انخفاضه في الصنف Luz بنسبة 28.3%. كذلك ارتفعت منطقة الإصابة بشكل ملحوظ في Histalبنسبة 92.8 % وفي Luz بنسبة 30.3 % في حين انخفضت في Holland بنسبة 11.8% قارنة بالمقارنة، ويمكن

تفسير تفوق التركيز 1.5% بأنه وفر مستوى مناسباً من المركبات الفعالة مثل الفلافونويدات والتربينات والمركبات الفينولية، والتي تسهم في تحفيز الانقسامات الخلوية وزيادة نمو الأنسجة الوعائية وخلايا منطقة القشرة داخل العقد الجذرية مما أدى إلى زيادة حجم العقد واتساع منطقة الإصابة الفعالة.إن اتساع منطقة الإصابة يمثل مؤشراً مهماً على زيادة نشاط بكتريا *Rhizobium* وارتفاع كفاءة تثبيت النتروجين إذ تمثل هذه المنطقة الجزء المحتوي على الخلايا المصابة بالبكتريا التكافلية

جدول:(2). تأثير المستخلص المائي لأوراق الجعدة في الصفات التشريحية للعقد الجذرية لثلاثة اصناف من الباقلاء

الصنف	المعاملة	قطر المقطع للعقد	طول المقطع للعقد	منطقة الاصابة
Histal	0.0	2.454	3.078	1.747
	0.5	2.329	2.953	1.872
	1.5	2.620	4.825	3.369
	3	2.912	3.286	2.454
تأثير الصنف		2.578	3.528	3.147
Luz	0.0	3.120	3.827	2.745
	0.5	2.412	2.329	2.579
	1.5	4.201	2.745	3.577
	3	1.580	1.580	1.081
تأثير الصنف		2.828	2.620	2.496
Holland	0.0	2.828	4.352	3.161
	0.5	1.872	2.870	1.996
	1.5	2.329	3.452	2.787
	3	2.745	4.284	3.244
تأثير الصنف		2.441	3.739	2.797
تأثير التركيز	0.0	2.800	3.752	2.551
	0.5	2.204	2.717	2.149
	1.5	3.05	3.674	3.244
	3	2.412	3.05	2.259



شكل:(2). تأثير المستخلص المائي لأوراق الجعدة في صفات التشريحية للعقد الجذرية

BL: boundary layer (cells surrounding the infected zone) , CIV: central infected zone, VB: vascular bundles

وقد أوضح Ferguson وآخرون (2019) أن تطور هذه المنطقة يرتبط بزيادة نشاط إنزيم النيتروجينيز وتحسن عملية التثبيت الحيوي للنيتروجين في النباتات البقولية، كما لوحظ أن بعض التراكيز المرتفعة أو المنخفضة أدت إلى انخفاض بعض الصفات التشريحية، كما في الصنف Luz عند التركيز 3%، إذ انخفض قطر وطول المقطع ومنطقة الإصابة بصورة واضحة، حيث بلغت نسبة الانخفاض في طول المقطع حوالي 58.7%وفي القطر حوالي مقارنة بالمقارنة. ويعود ذلك إلى التأثير التثبيطي للتراكيز العالية من المركبات الفينولية والأليلوباثية الموجودة في المستخلص، والتي قد تؤثر في انقسام الخلايا أو نشاط البكتريا العقدية داخل الأنسجة النباتية. وتنسجم هذه النتائج مع ما أشار إليه Hussain وآخرون (2026) من أن المستخلصات النباتية قد تحفز

النمو عند التراكيز المعتدلة، بينما تؤدي التراكيز العالية إلى اضطرابات خلوية وتراجع في نمو الأنسجة. وعند دراسة التداخل بين الصنف والتركيز تبين أن الصنف Histal عند التركيز 1.5 %سجل أعلى طول للمقطع بلغ 4.825 ملم مع زيادة كبيرة في منطقة الإصابة شكل (2) في حين حقق الصنف Luzعند التركيز نفسه أعلى قطر للمقطع ومنطقة الإصابة مما يدل على أن هذا التركيز كان الأكثر ملاءمة لتحفيز التطور التشريحي للعقد الجذرية. أما الصنف Holland فقد أظهر استجابة أكثر توازناً مع تفوق نسبي عند بعض الصفات في التراكيز العالية مما يشير إلى اختلاف حساسية الأصناف تجاه المركبات الفعالة في مستخلص الجعدة. وتشير هذه النتائج بصورة عامة إلى أن المستخلص المائي لأوراق الجعدة يمكن أن يسهم في تحسين الصفات التشريحية للعقد الجذرية وزيادة كفاءة التثبيت الحيوي للنيتروجين عند استخدامه بتراكيز مناسبة، الأمر الذي قد ينعكس إيجابياً على نمو نبات الباقلاء وإنتاجيته.

أظهرت نتائج الدراسة أن المستخلص المائي لنبات الجعدة (*Teucrium polium*) يمتلك تأثيرًا إيجابيًا في تحسين الصفات المظهرية والتشريحية للعقد الجذرية لأصناف الباقلاء المدروسة، مع اختلاف الاستجابة تبعًا للصنف والتركيز المستخدم. وقد حقق التركيز 1.5% أفضل النتائج من خلال زيادة عدد العقد الجذرية والعقد الفعالة ووزنها، فضلاً عن تحسين الصفات التشريحية المتمثلة بزيادة قطر العقدة وطولها واتساع منطقة الإصابة، مما يدل على تعزيز كفاءة التثبيت الحيوي للنيتروجين. كما أظهر الصنف Luz تفوقًا واضحًا في أغلب الصفات المدروسة مقارنة بالصنفين Histal وHolland، الأمر الذي يعكس دور العوامل الوراثية في كفاءة التعايش مع بكتريا العقد الجذرية. في المقابل، أدى التركيز العالي 3% إلى انخفاض بعض الصفات نتيجة التأثير التثبيطي للمركبات الأليلوباثية عند التراكيز المرتفعة. وتشير هذه النتائج إلى إمكانية استخدام مستخلص الجعدة كمحفز حيوي طبيعي وصديق للبيئة لتحسين نمو الباقلاء وزيادة خصوبة التربة وتقليل الاعتماد على الأسمدة الكيميائية ضمن برامج الزراعة المستدامة.

يوصى باستخدام المستخلص المائي لنبات الجعدة بتركيز 1.5% لما أظهره من تأثير إيجابي واضح في تحسين صفات العقد الجذرية وزيادة كفاءتها في نبات الباقلاء. كما يمكن اعتماد المستخلصات النباتية الطبيعية كبدائل مساعدة للأسمدة الكيميائية بهدف تقليل الأضرار البيئية وتحسين خصوبة التربة. ومن المهم إجراء تجارب حقلية أوسع للتأكد من كفاءة مستخلص الجعدة تحت الظروف الزراعية المختلفة ودراسة تأثيره في نمو النبات والحاصل النهائي. كذلك يُفضل دراسة تأثير المستخلص في نشاط بكتريا العقد الجذرية ومدى انعكاس ذلك على كفاءة تثبيت النتروجين حيوياً.

الشكر والتقدير:نتقدم بالشكر لرئاسة جامعة الموصل ولعمادة كلية العلوم لدعمها المتواصل لنا ولتسهيل كل العقبات التي واجهتنا لإنجاز هذا البحث.

المراجع

التريكي، فوزية الفيتوري و الصل، محمد محمد. (2023). التقدير الكمي للكربوهيدرات والبروتينات في بذور نباتي الفول *Vicia faba* والبازلاء *Pisum sativum*. المجلة الليبية لعلوم وتكنولوجيا البيئة (م ل ع ت ب)، 5(2)، A1-5.

Dakora, F. D., & Phillips, D. A. (2002). Root exudates as mediators of mineral acquisition in low-nutrient environments. *Plant and Soil*, 245, 35–47. DOI: 10.1023/A:1020809400075

Ferguson, B. J., Mens, C., Hastwell, A. H., Zhang, M., Su, H., & Jones, C. H. (2019). Legume nodulation: The host controls the party. *Plant, Cell & Environment*, 42(1), 41–51. https:// doi.org/10.1111/pce.13348.

Hungria, M., & Vargas, M. A. T. (2000). Environmental factors affecting N- fixation in grain legumes in the tropics. *Field Crops Research*, 65(2–3), 151–164. https://doi.org/10.1016/S0378-4290(99)00084-2

Hussain, W. S. (2020). Effects of spraying aqueous extracts of some crop plants on growth of four types of weeds. *Plant Archives*, *20*(1), 1460-1464.

Hussain, W. S. (2021). Allelopathic Effects of Chickpea on Anatomical Traits of Wheat Varieties *Triticum aestivum* L. Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology, 22(17-18), 19-24. https://doi.org/10.54172/mjsc.v36i4.574

Hussain, W. S., Taher, N. A. H. A., & Mohammed, A. A. (2026). Allelopathic effects of aqueous extracts of *Cyperus papyrus* L on bacteria in root nodules of *Pisum sativum* L. Allelopathy Journal, 67(2), 137. allelo.j/2026-67-2-1571/10.26651

Han, M., Kasim, S., Yang, Z., Deng, X., Saidi, N., Uddin, M., & Shuib, E .(2024). Plant extracts as biostimulant agents: a promising strategy for managing environmental stress in sustainable agriculture. Phyton, 93(9): 2149.

Mrid, R. B., Benmrid, B., Hafsa, J., Boukcim, H., Sobeh, M., & Yasri, A .(2021).Secondary metabolites as biostimulant and bioprotectant agents:A review. Science of the Total Environment, 777, 146204.https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146204

Nakhforoosh, A., Hallin, E., Karunakaran, C., Korbas, M., Stobbs, J., & Kochian, L. (2024). Visualization and quantitative evaluation of functional structures of soybean root nodules via synchrotron x-ray imaging. Plant Phenomics, 6, 0203. https://doi. org/10.34133/plant phenomics.0203

Poveda, J., Eugui, D., & Velasco, P. (2020). Natural control of plant pathogens through glucosinolates: an effective strategy against fungi and oomycetes. Phytochemistry Reviews, 19(4), 1045-1059.

Roy, S., Liu, W., Nandety, R. S., Crook, A., Mysore, K. S., & Pislariu, C. I. (2020). Celebrating 20 years of genetic discoveries in legume nodulation and symbiotic nitrogen fixation. *The Plant Cell*, 32(1), 15–41. https://doi.org/10.1105/tpc.19.00279

Sadeghi, Z., Yang, J. L., Venditti, A., & Moridi Farimani, M. (2022). A review of the phytochemistry, ethnopharmacology and biological activities of Teucrium genus (Germander). Natural Product Research, 36(21), 5647-5664. .14786419.2021/10.1080/doi.org//5664https:-47 2022669

Stefanovic, O. . (2020). Teucrium species: Biology and applications. Journal of Cellular Physiology, 235(1), 70–88. doi: 10.3390/plants11010106