

حساسية بعض أصناف البطاطا/البطاطس (*Solanum tuberosum*) للإصابة بمرض العفن الطري المتسبب عن البكتيريا *Enterobacter cloacae* وعلاقتها بالمحتويات الكيموحيوية في درنات البطاطا/البطاطس

حوراء رزاق ظاهر العبودي* وفراس علي أحمد الركابي

قسم وقاية النبات، كلية الزراعة، جامعة الكوفة، العراق.

*البريد الإلكتروني للباحث المرسل: hawraa1991h97h@gmail.com

الملخص

العبودي، حوراء رزاق ظاهر وفراس علي أحمد الركابي. 2025. حساسية بعض أصناف البطاطا/البطاطس (*Solanum tuberosum*) للإصابة بمرض العفن الطري المتسبب عن البكتيريا *Enterobacter cloacae* وعلاقتها بالمحتويات الكيموحيوية في درنات البطاطا/البطاطس. مجلة وقاية النبات العربية، 43(1):113-125. <https://doi.org/10.22268/AJPP-001299>

شملت هذه الدراسة اختبار حساسية 30 صنفاً من البطاطا/البطاطس الحساسة لمرض العفن الطري المتسبب عن البكتيريا *Enterobacter cloacae* وتأثيره في محتوى الدرنات من النشاء، البوتاسيوم وحمض الأسكوربيك. أظهرت النتائج أن الصنف "Elmundo" كان أكثر الأصناف حساسية للمرض، حيث بلغ قطر دائرة التثبيط 8.90 سم خلال 6 أيام، يليه الصنف "Burren" الذي بلغ فيه قطر التثبيط 7.87 سم وبفارق معنوي عن جميع الأصناف. وكانت الأصناف "Lady Rositta" و "Amarin" أكثر مقاومة لمرض التعفن الطري البكتيري وبفارق معنوي عن باقي الأصناف المختبرة، حيث بلغ التثبيط على القرص 0.33 و 0.37 سم، على التوالي. كما أظهرت النتائج أن درنات الصنف "Lady Rositta" قد تفوقت معنوياً في احتوائها على أعلى نسبة من النشاء والتي بلغت 23.02%، بينما سُجّلت أقل نسبة مئوية للنشاء في الصنف "Donata" والتي بلغت 4.52%. كما تفوق الصنف "Universa" معنوياً في محتواه من البوتاسيوم حيث بلغت النسبة 4.645%. تفوق الصنف "Lady Rositta" باحتواءه على أعلى نسبة من حمض الأسكوربيك، والتي بلغت 0.84%، وبفارق معنوي عن جميع الأصناف الأخرى، كما أظهر الصنف "Fandango" أقل نسبة مئوية لحمض الاسكوربيك والتي بلغت 0.06%. إن زيادة النسبة المئوية للنشاء، حمض الاسكوربيك والبوتاسيوم في الدرنات تلعب دوراً في إعطاء جدرها القوة والصلابة ويجعلها مقاومة للبكتيريا المسببة لمرض العفن الطري، بالإضافة إلى كون البوتاسيوم من المغذيات المهمة لنمو النبات بشكل عام.

كلمات مفتاحية: البطاطا/البطاطس، التعفن الطري، النشاء، البوتاسيوم، حمض الاسكوربيك، *Enterobacter cloacae*.

المقدمة

المشابهة للعراق، كما أن الإنتاج الحالي لا يسدّ الحاجة المحلية (Jongerden et al., 2019؛ Salman et al., 2020). تشير الإحصائيات إلى الانخفاض الواضح لإنتاجية البطاطا/البطاطس في العراق إذ بلغت 17.5 طن/هكتار مقارنة مع الإنتاجية العالمية التي تصل إلى 294 طن/هكتار (Herforth et al., 2020).

تصيب الأمراض البكتيرية البطاطا/البطاطس في جميع أنحاء العالم وتسبب خسائر كبيرة في الإنتاج، وتظهر هذه الأمراض في مرحلة ما بعد الحصاد وفي كلتا العروتين الربيعية والخريفية (Ranjan et al., 2021)، ومن أهم هذه الأمراض يبرز مرض التعفن البكتيري الطري (Charkowski et al., 2020).

يتسبب مرض التعفن الطري للدرنات وتعفن أو ذبول سوق نباتات البطاطا/البطاطس النامية عن مجموعة من البكتيريا المرضية التي تعود إلى عائلة Enterobacteriaceae ومن ضمنها البكتيريا

تعدّ البطاطا/البطاطس (*Solanum tuberosum* L.)، والتي تنتمي إلى العائلة الباذنجانية، من محاصيل الخضر الاستراتيجية ذات القيمة الاقتصادية العالية في العديد من دول العالم بما فيها العراق. إذ يحتوي كل 100 غ من درنات البطاطا/البطاطس على 22 غ مادة جافة تعطي نحو 76 وحدة حرارية، لذا تستخدم درنات البطاطا/البطاطس استخداماً مباشراً في تغذية الإنسان، واستخداماً غير مباشر في الصناعات التحويلية بعد تجفيفها أو تجفيفها (Dongyu et al., 2022).

ازداد الاهتمام محلياً بإنتاج البطاطا/البطاطس ولا سيما في العقدين الماضيين، وتوسع نطاق زراعتها في العراق إذ يتم إنتاج البطاطا/البطاطس في منطقتين مختلفتين (الوسطى والشمالية)، إلا أنه ما يزال منخفضاً مقارنة بالإنتاج العالمي في الدول ذات الظروف البيئية

المصابة وغسلت بماء الحنفية للتخلص من الأتربة العالقة، عقت سطحياً بهيبوكلووريت الصوديوم تركيز 1% لمدة 3 دقائق وغسلت بالماء المقطر المعقم عدة مرات للتخلص من آثار التعقيم، ثم أزيلت القشرة الخارجية للدرنات وقطعت إلى قطع صغيرة بحجم 0.5-1 سم بواسطة مشرط معقم، وزرعت في أطباق تحتوي على وسط الأجار المغذي (Nutrient Agar) وحضنت في درجة حرارة 28°س لمدة 24-48 ساعة، تم أخذ جزء من الزرع البكتيري النامي بواسطة حلقة النقل وخطت على وسط الأجار المغذي (Nutrient Agar) للحصول على مستعمرات منفردة (Single colony).

تشخيص البكتيريا المسببة لمرض التعفن الطري

التشخيص المظهري والمجهري-تمت ملاحظة خصائص المستعمرات البكتيرية على الوسط المغذي Nutrient agar مثل شكل ولون وحواف المستعمرات البكتيرية وتكوين الأبواغ واستجابة الخلايا لصبغة غرام وطريقة ترتيب الخلايا.

التشخيص الكيموحيوي- درست العديد من الخصائص الكيموحيوية للعزلات البكتيرية مثل اختبار الكاتاليز، اختبار تحلل النشاء، اختبار تميح الجيلاتين، واختبار الأكسدة والتخمير.

اختبار الأمراض- أجري اختبار الأمراض على شرائح درنات البطاطا/البطاطس. اختيرت درنات البطاطا/البطاطس صنف ألموندا سليمة خالية من أي إصابة مرضية أو ضرر ميكانيكي مرئي، ومأخوذة من مخازن اليوسفية في بغداد بوزن 200 غ لكل درنة . عقت الدرناات سطحياً باستخدام هيبوكلووريت الصوديوم تركيز 1% لمدة 3 دقائق، ثم غسلت بالماء المقطر المعقم عدة مرات، وقطعت إلى شرائح متجانسة سمكها 1 سم تقريباً، وأحدثت حفرة في مركز كل شريحة بواسطة مقب فليبي معقم بقطر 5 مم ووضعت في أوعية بلاستيكية معقمة (Kamysz et al., 2018).

تم تحضير تركيز البكتيريا 10^8 وحدة مكونة للمستعمرة/مل باستخدام جهاز المطياف على امتصاص $OD_{0.5}$. لقت الحفر بكمية 100 ميكروليتر من المعلق البكتيري المركز وبواقع 3 شرائح لكل عذلة، وحضنت عند درجة حرارة 28°س. وتمت متابعة تطور الإصابة يومياً لمدة 6 أيام، واختيرت أشد العزلات ضراوةً على أساس حجم الجزء المتضرر (المتعفن) من شرائح درنات البطاطا/البطاطس مقدرةً بالسم³، وتم إكثارها على الوسط الزرع الأجار المغذي Nutrient Agar، وحفظت عند درجة حرارة 4°س في وسط الجليسيرول 20% لحين استخدامها في التجارب اللاحقة (مرزة، 2019).

Enterobacter cloacae و *Pectobacterium carotovorum* والتي كانت تسمى سابقاً *Erwinia carotovorum*. إذ يعدّ الجنس *Pectobacterium* و *Enterobacter* من أكثر أجناس عائلة Enterobacteriaceae المسببة لمرض التعفن الطري البكتيري والذي يعدّ الأكثر شيوعاً في تسبب خسائر ما بعد الحصاد على البطاطا/البطاطس، البندورة/الطماطم، الفلفل/الفليفلة، الخس والعديد من الفواكه والخضروات الطازجة (Ahmed & Alvarez, 2018)؛ (James & Zikankuba, 2017؛ des Essarts et al., 2016). ويمكن تمييز الإصابة بالتعفن الطري الذي تسببه هذه البكتيريا عن التعفن الطري الذي تسببه بعض أنواع الفطور بوجود إفرازات لزجة تتكون من خلايا بكتيرية ونواتج تحلل الخلايا النباتية وبعض الغازات ذات الرائحة الكريهة.

تمثل زراعة الأصناف المقاومة إحدى الطرق المهمة لمكافحة مرض التعفن البكتيري الطري، وتعدّ هذه الطريقة من أفضل الطرائق وأكثرها فعالية في مكافحته، وهي أقل تكلفة من استخدام المبيدات الكيميائية وبالتالي المساهمة بتقليل التلوث البيئي (Liu et al., 2021). هدفت هذه الدراسة إلى اختبار حساسية بعض أصناف البطاطا/البطاطس لمرض التعفن البكتيري المتسبب عن البكتيريا *Enterobacter cloacae* ومعرفة العلاقة بين التعفن الطري والصفات الكيميائية والنوعية.

مواد البحث وطرائقه

جمع العينات

جمعت عينات درنات البطاطا/البطاطس التي ظهرت عليها أعراض الإصابة بشكل إفرازات لزجة، هي عبارة عن خلايا بكتيرية ونواتج تحلل الخلايا النباتية، وبعض الغازات ذات الرائحة الكريهة ولون بني غامق، حيث جمعت العينات من مخازن البطاطا/البطاطس والأسواق المحلية ومن الحقول المزروعة بالبطاطا/البطاطس خلال الموسم الخريفي 2021. أخذت العينات من عدة محافظات كما هو موضح في جدول 1. وضعت العينات في أكياس بلاستيكية وجلبت إلى مختبر الأمراض البكتيرية في كلية الزراعة/جامعة الكوفة، وأجريت عليها عمليات عزل وتنقية المسبب الممرض.

عزل وتنقية المسبب الممرض

اتبعت طريقة Doolotkeldieva et al. (2016) في عزل المسبب الممرض مع تعديلات طفيفة، إذ أخذت درنات البطاطا/البطاطس

جدول 1. المخازن والحقول والأسواق المحلية التي جمعت منها عينات البطاطا/البطاطس المصابة بمرض التعفن الطري.

Table 1. Local sources from which tubers infected with bacterial soft rot were collected.

عدد العينات Number of samples	نوع العينة Sample type	منطقة الجمع Collection area	المحافظة Governorate
22	درنات Tubers	مخازن الرضوانية، اليوسفية، علوة جميلة وعلوة الرمل Storage centers of Radwaniyeh, El-Yousfiyeh, Olweh Jamileh, Olwet El-Ramel	بغداد Baghdad
12	درنات Tubers	Mowyleha and Dibleh fields	بابل Babylon
16	درنات Tubers	محطة أبحاث طويريج Local markets, Towayrij Research Station	كربلاء Karbala
11	درنات Tubers	Local markets	النجف Najaf
5	درنات Tubers	Local markets	كركوك Kirkuk

تفاعل البلمرة المتسلسل (PCR) من خلال: عملية مسخ أولي (Initial denaturation) للحمض النووي DNA لمدة ثلاثة دقائق عند حرارة 94°س، تلاها 35 دورة مؤلفة من عملية مسخ نهائي (Final denaturation) لمدة 45 ثانية عند حرارة 94°س، 45 ثانية عند حرارة 56°س بهدف ارتباط البوداي (Primer annealing) ومن ثم استنطالة أولية (Initial elongation) لنواتج الحمض النووي المضاعف (PCR- amplified product) لمدة دقيقة واحدة عند حرارة 72°س وأخيراً خطوة الاستنطالة النهائية (Final elongation) عند حرارة 72°س لمدة 7 دقائق.

حضر هلام الأجاروز حسب طريقة Sambrook *et al.* (1989) وأجريت عملية الترحيل الكهربائي ثم فحص الهلام بوضعه على جهاز الأشعة فوق البنفسجية (UV Transluminator) على طول موجي 260 نانومتر لرؤية حزم الـ DNA وتقدير حجمه الجزيئي بالمقارنة مع الدليل الحجمي.

جدول 2. أسماء وتتابع البادئات المستخدمة لتضخيم جين 16S rRNA. Table 2. Name and sequence of the primers used for amplification of 16S rRNA.

الحجم (زوج قاعدي) Size (bp)	التتابع 5'-3' Sequence 5'-3'	البادئ Primer
1500	AGAGTTTGATCCTGG CTCAG	F 27
	GGTTACCTTGTTACGACTT	R1942

اختبار حساسية أصناف البطاطا/البطاطس لمرض التعفن الطري أجريت تجربة اختبار حساسية الأصناف على 30 صنفاً من أصناف البطاطا/البطاطس المتوفرة التي تزرع في العراق. تم اختيار البكتيريا *Enterobacter cloacae* وذلك لكونها أشد إمرضية من العزلات الأخرى على درنات البطاطا/البطاطس، وأجريت العدوى حسب طريقة Pasco *et al.* (2006) مع إجراء تعديلات طفيفة عليها. اختيرت 5 درنات من كل صنف وقطعت

اختبار فرط الحساسية (Hypersensitivity) للبكتيريا على نبات التبغ- تم إجراء هذا الاختبار للتأكد ما إذا كانت العزلات البكتيرية ممرضة أو مترممة على النبات وأن هذا الاختبار مهماً في تشخيص البكتيريا بعد مشاهدة الأعراض المتسببة عن الإصابة البكتيرية مثل الذبول، التعفن والتبقع على الأوراق المحاط بهالة صفراء، حيث تم تأكيد امراضية البكتيريا بعد العزل. وبإجراء سلسلة تخفيفات من العزلة البكتيرية النامية على الوسط الزراعي، استخدم التخفيف 10⁸ وحدة تكوين المستعمرة وحقنت البكتيريا في أوراق نبات التبغ بعمر 4-6 أسابيع. اعتبرت العزلة البكتيرية غير ممرضة (Non- pathogenic) في حال بقيت الورقة التي تم إلحاقها بدون تغيرات أو أعراض في منطقة الحقن، أما في حال ظهور أعراض فرط الحساسية (Hypersensitivity response) والتي هي عبارة عن أنسجة ميتة حول المنطقة التي تم حقنها بالمعلق البكتيري للعزلة المختبرة، تعتبر العزلة ممرضة (أحمد ومحمد، 2023).

التشخيص الجزيئي باستخدام تقانة تفاعل البلمرة المتسلسل (PCR) لمضاعفة الجين 16S rRNA

تم استخلاص الـ DNA البكتيري وفق الطريقة المرفقة مع عدة الاستخلاص G-spin™ Total DNA Extraction Kit المجهزة من شركة Intron-Korea تبعاً لتعليمات الشركة المصنعة. لغرض تشخيص العزلات البكتيرية المعزولة في هذه الدراسة من درنات البطاطا/البطاطس المصابة، تم إجراء اختبار تفاعل البلمرة المتسلسل باستعمال العدة Maxime PCR PreMix (i-Taq), Cat.No 25026 والمصنعة من قبل شركة iNtRoN في كوريا الجنوبية .

استخدم البادئان F27 و R1942 العامة (Universal PCR Primers) لمضاعفة الجين 16S rRNA للحصول على ناتج من الحمض النووي بحجم 1500 زوج قاعدي (bp) (جدول 2). تم مضاعفة الحمض النووي لعزلة البكتيريا باستخدام خطوات وظروف

الخليط تم نبذه مركزياً بجهاز الطرد المركزي بسرعة 1500 دورة/دقيقة ولمدة 10 دقائق. ثم أخذ الراشح وأكمل حجمه إلى 10 مل بالماء المقطر، ثم أخذ 1 مل من الراشح وأضيف له 1 مل من كاشف الفينول تركيز 5% و 5 مل من حمض الكبريت (H_2SO_4) تركيز 80%، وترك المحلول ليبرد لمدة 25 دقيقة. حضرت الإنبوبة الشاهد (Blank) بنفس الخطوات من دون العينة النباتية بأخذ 1 مل فينول تركيز 5% و 5 مل من حمض الكبريت تركيز 80%، وتم بعدها قراءة الإمتصاص الضوئي بواسطة جهاز UV-visible Spectrophotometer المجهر من قبل شركة Shimadzu اليابانية على طول موجي 490 نانوميتر، وتم عمل المنحنى القياسي لسكر الكلوكوز ثم أخذت قراءات الإمتصاص الضوئي على نفس الطول الموجي لكل المحاليل وسجلت البيانات لإنشاء المنحنى القياسي (Herbert *et al.*, 1971).

النسبة المئوية للمواد الصلبة الذائبة الكلية في الدرنات

تم تقدير النسبة المئوية للمواد الصلبة الذائبة الكلية في الدرنات بواسطة جهاز الرفراكتوميتر اليدوي (Hand Refractometer) وذلك بوضع قطرات من عصير الدرنات على زجاجة الجهاز وقراءتها وبمعدل خمسة قراءات ولثلاث درنات للوحدة التجريبية واستخرج المعدل. كما تم قياس محتوى الثمار من حمض الاسكوريك حسب الطريقة المتبعة من قبل A.O.A.C. (2012). كذلك تم تقدير النسبة المئوية للنشاء في الدرنات حسب Horwitz (1970) باستخدام كما في المعادلة التالية:

$$\text{النسبة المئوية للنشاء (\%)} = 0.89 + 17.55 \times (\text{النسبة المئوية للمادة الجافة في الدرنات} - 24.18)$$

النتائج والمناقشة

أظهرت 9 من العينات التي جمعت من مخازن وحقول البطاطا/البطاطس والأسواق المحلية أنها مصابة بالبكتيريا المسببة لمرض التعفن الطري اعتماداً على نتائج الامراضية والتشخيص الكيموحيوي والجزئي وتبين أن العزلة "يوسفية 2" والتي تبين بالتشخيص الجزئي أنها *Enterobacter cloacae* أشد امراضية على درنات البطاطا/البطاطس وكما مبين في (جدول 1).

اختبار المقدرة الامراضية لعزلات البكتيريا المسببة لمرض التعفن الطري

أظهرت نتائج اختبار المقدرة الامراضية أن 9 عزلات من البكتيريا المخترية على شرائح درنات البطاطا/البطاطس السليمة كانت قادرة على إحداث المرض، وذلك من خلال تحلل الأنسجة وانبعث رائحة كريهة. أظهرت هذه العزلات اختلافات في حجم الجزء المتضرر من شرائح

كل درنة إلى نصفين أو ثلاث أقسام بشكل طولي. تم عمل حفرة في منتصف كل نصف درنة بقطر 5 مم وعمق 5 مم، ووضعت الدرنات في حاويات بلاستيكية أبعادها 18×12 سم حاوية على ورق ترشيح معقم ومرطب، وأضيف لكل حفرة 50 ميكروليتر من المعلق البكتيري بتركيز 10^8 وحدة تكوين مستعمرة/مل والمحضر بالطريقة الموصوفة سابقاً مع مراعاة تحريك العالق البكتيري لتجنب ترسيب الخلايا. تم ترطيب ورق الترشيح وأغلقت الحاويات لضمان توفير الرطوبة النسبية داخل الحاويات وتركت في الحاضنة في أجواء مظلمة لمدة 4 أيام عند حرارة 28°س. أزيلت الأنسجة المتعفنة بعناية من كل نصف درنة بواسطة ملعقة صغيرة وملئ التجفيف المتكون بعد ازالة النسيج المتعفن بالماء بواسطة ماصة مدرجة، واعتبر حجم الماء اللازم لماء التجفيف (مل) يمثل حجم النسيج المتعفن (مرزة، 2019).

النسبة المئوية للمادة الجافة

أخذت قطع من درنات البطاطا/البطاطس لكل صنف ووزنت ثم جففت في فرن كهربائي عند حرارة 70°س ولمدة 72 ساعة لحين ثبات الوزن (الصحاف، 1989)، وبعد انتهاء التجفيف وزنت العينات وحسبت النسبة المئوية للمادة الجافة من المعادلة التالية:

$$\text{نسبة المادة الجافة (\%)} = \frac{\text{الوزن الجاف للعينة}}{\text{الوزن الطري للعينة}} \times 100$$

تقدير نسبة عنصر البوتاسيوم

تم تقدير نسبة عنصر البوتاسيوم في درنات البطاطا/البطاطس لكل صنف بثلاث مكررات. غسلت درنات البطاطا/البطاطس ثم أخذت قطع منها وجففت في فرن كهربائي عند حرارة 70°س لمدة 72 ساعة ولحين ثبات الوزن. طُحنت العينات جيداً بطاحونة كهربائية، وأخذ منها 0.2 غ وضعت العينات في دوارق الهضم وأضيف لها 3 مل من حمض الكبريت المركز (H_2SO_4) وتركت لمدة 24 ساعة، ثم أضيف 1 مل من خليط حمض الكبريت وحمض البيركلوريك ($HClO_4$) المركزين 1:1. وضعت دوارق الهضم على صفيحة ساخنة (Hot plate). لوحظ عندها تصاعد أبخرة بيضاء وتغير لون العينات بشكل تدريجي حتى الحصول على محلول رائق عديم اللون. بردت العينات وأكمل الحجم لكل عينة إلى 50 مل بإضافة الماء المقطر كما جاء في طريقة Cresser & Parsons (1979). تم تقدير البوتاسيوم بواسطة جهاز Flame spectrophotometer.

النسبة المئوية للكربوهيدرات الكلية الذائبة في الدرنات

قدرت كمية الكربوهيدرات الكلية الذائبة الكلية في الدرنات وذلك بسحق 250 مغ من العينة المجففة المطحونة مع 10 مل ماء مقطر وبعد تجانس

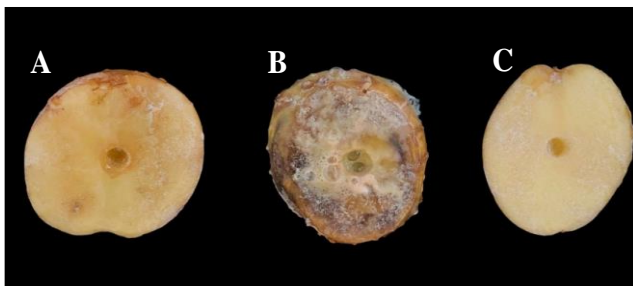
السليولازات، البروتياز، البكتينلياز، والزيلانيز ولكل منها مجموعة خصائصها الخاصة (Wiles et al., 2020).

اختبار فرط الحساسية لنبات التبغ بتأثير البكتيريا الممرضة *Enterobacter cloacae*

تم اختبار المقدرة الإمراضية للبكتيريا الممرضة *Enterobacter cloacae* على نبات التبغ والذي تم اعتباره عائل ثاني بعد البطاطا/البطاطس وذلك لاختبار حساسية النبات العائل للبكتيريا الممرضة، إذ تم ملاحظة أعراض فرط الحساسية (Hypersensitivity response) على الأوراق المحقونة والتي هي عبارة عن أنسجة ميتة حول المنطقة التي تم حقنها بالمعلق البكتيري للعزلة المختيرة مقارنة مع دراسات أخرى (أحمد ومحمد، 2023) (شكل 4).

التشخيص الكيموحيوي

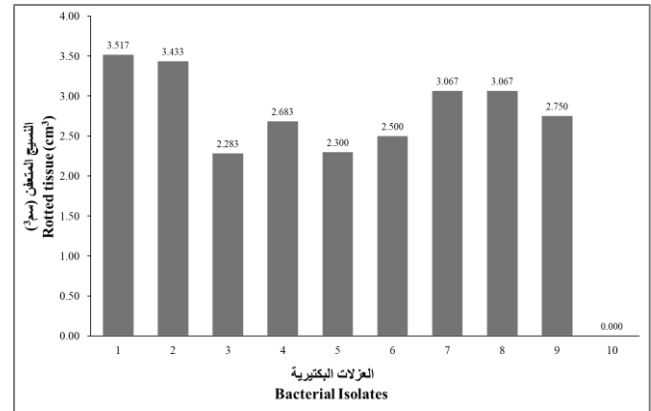
أظهرت نتائج التشخيص الكيموحيوي تطابقاً تاماً لبعض العزلات مع بعضها الآخر فيما كان هناك اختلاف بسيط في بعض العزلات في جزء من الاختبارات وكانت هناك عزلات مختلفة اختلافاً كلياً عن العزلات الأخرى (جدول 3). أشارت النتائج إلى أن بعض عزلات البكتيريا (عزلة يوسفية 2 و عزلة يوسفية 5) قد تعود إلى الجنس *Pectobacterium* وأن عزلات أخرى (الرضوانية 6 و الرضوانية 9) قد تعود إلى الجنس *Dickeya*. تطابقت هذه النتائج مع ما نشر سابقاً (السعدون، 2021؛ رمضان والمشهداني، 2006؛ مرزة، 2019؛ Gasic et al., 2014؛ Mohammed & Selman, 2013). أرسلت العزلات إلى التشخيص الجزيئي وتبين أن العزلة الأشد إمراضية تتبع النوع *Enterobacter cloacae* وتم تشخيصها كمسبب لمرضى لمرض التعفن الطري على البطاطا/البطاطس لأول مرة في العراق.



شكل 2. يبين امراضية العزلة البكتيرية *Enterobacter cloacae* الشديدة على شرائح درنات البطاطا/البطاطس، حيث أن: A = تطور الأعراض بعد 6 أيام من الإلقاح، B = الأعراض بعد 3 أيام من الإلقاح، C = معاملة الشاهد (ماء مقطر معقم فقط).

Figure 2. Sever pathogenicity of the *Enterobacter cloacae* bacterial isolate on potato tuber slices, A= Development of symptoms after 6 days of inoculation, B = Development of symptoms after 3 days of inoculation, C = Control treatment (sterile distilled water only).

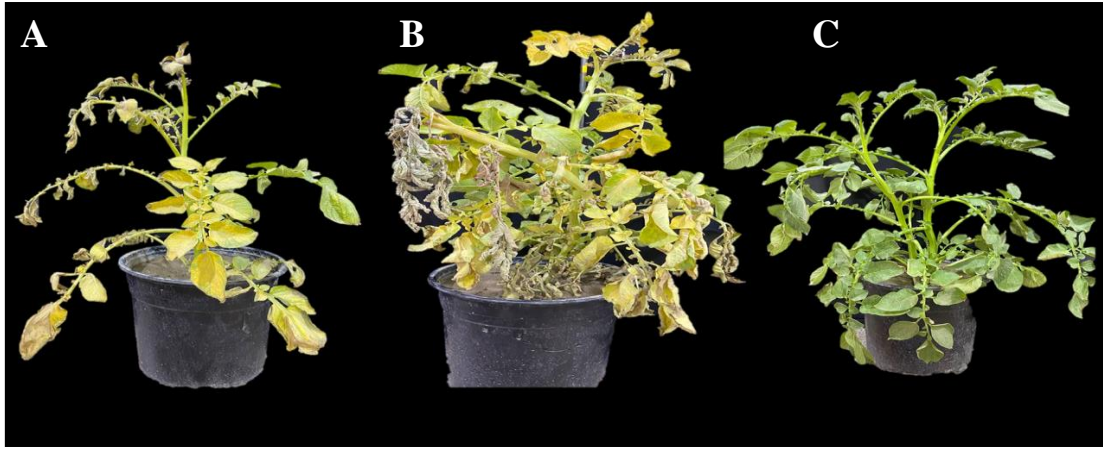
درنات البطاطا/البطاطس، إذ تراوحت بين 3.5 و 3.4 سم³ كما موضح في الشكل 1. أعطت العزلة "يوسفية 2" أعلى ضرراً بلغ 3.5 سم³ لنسيج شرائح درنات البطاطا/البطاطس وبذلك تفوقت معنوياً على باقي العزلات وتم اختيارها لإجراء التجارب اللاحقة (شكل 2). كما اختبرت الامراضية على شتلات البطاطا/البطاطس بعمر 5 أسابيع وذلك لتأكيد الامراضية على المجموع الخضري، إذ تم إضافة البكتيريا بطريقتي مياه السقي وعن طريق الرش على الأوراق بتركيز 10⁸ وحدة تكوين مستعمرة/مل، وبعد 20 يوماً من إجراء العدوى تم ملاحظة الأعراض على النباتات المتمثلة بالذبول والاصفرار (شكل 3).



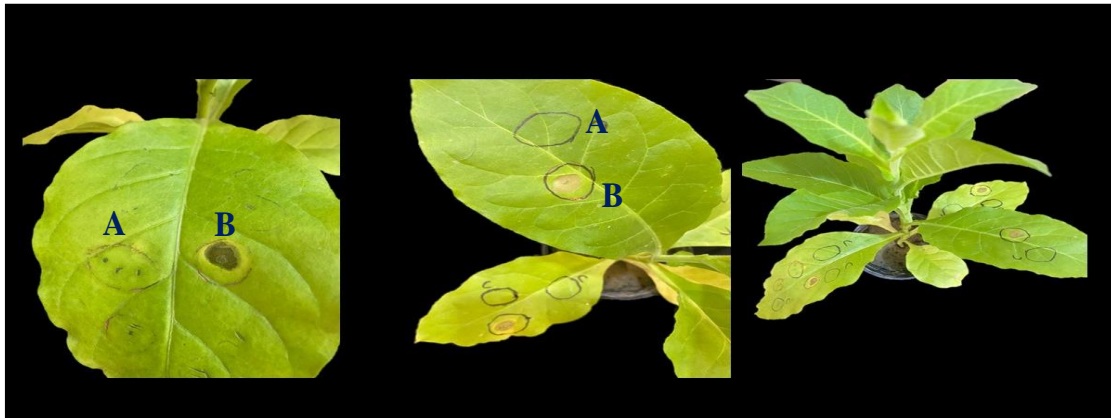
شكل 1. المقدرة الإمراضية لعزلات البكتيريا المسببة لمرض التعفن الطري على شرائح درنات البطاطا/البطاطس.

Figure 1. Pathogenicity of bacterial isolates causing soft rot on potato tuber slices.

إن اختلاف شدة المرض على شرائح ودرنات البطاطا/البطاطس يعود إلى الإنزيمات القادرة على تحطيم جدار الخلية النباتية والتي تشمل البكتينيز، السليوليز، البروتينيز وغيرها، ولكل منها خصائصها الخاصة (Wiles et al., 2020). وهذا مايسبب إحلال الطراوة في الأنسجة المتسببة عن طريق إفراز المواد اللزجة التي تتألف من الخلايا البكتيرية ونواتج تحلل الخلايا النباتية وبعض الغازات ذات الرائحة الكريهة. أشارت الدراسات إلى أن البكتيريا تتكاثر عندما تدخل أنسجة النبات في المسافات البينية وتعمل الإنزيمات المحللة للمواد البكتينية على تفكك الخلايا وفقدان النسيج الأنظمة الطبيعية والقوة الميكانيكية وزيادة الجهد الأسموزي في محيط الخلية مما يؤدي إلى خروج عصارة الخلايا التي تستغل في تكاثر سريع للبكتيريا وتكوين أنزيمات محللة أخرى للمواد المختلفة مما يسمح بدخول البكتيريا إلى داخل الخلايا وتحليل موادها (Jonca et al., 2021؛ Knight et al., 2019). يمكن للبكتيريا *Enterobacter cloacae* المسببة لمرض التعفن الطري التغلب على الدفاعات الطبيعية للدرنات وحدوث تعفن الدرنا إذ تنتج هذه البكتيريا العديد من الإنزيمات القادرة على تحطيم جدار الخلية النباتية، تشمل هذه الإنزيمات البكتينازات،



شكل 3. إمراضية العزلة البكتيرية *Enterobacter cloacae* الشديدة على نبات البطاطا/البطاطس: A = أعراض المرض بعد 14 يوم بطريقة الرش، B = أعراض المرض بعد 14 يوم من العدوى بطريقة السقي، C = معاملة الشاهد (ماء مقطر معقم فقط).
 Figure 3. Pathogenicity of the severe *Enterobacter cloacae* bacterial isolate on potato plants, A = Disease symptoms 14 days after inoculation by the spraying method, B = Disease symptoms after 14 days of inoculation by the irrigation method, C = Control treatment (sterile distilled water only).



شكل 4. اختبار فرط الحساسية لنبات التبغ بتأثير البكتيريا الممرضة *Enterobacter cloacae* =A يشير إلى حقن النبات بالماء المقطر فقط (معاملة الشاهد)، و B= يشير إلى حقن البكتيريا الممرضة.
 Figure 4. Tobacco plant hypersensitivity test to the effect of the pathogenic bacteria *Enterobacter cloacae*, where A= indicates inoculation of the plant with distilled water only (control treatment), and B= indicates inoculation with pathogenic bacteria.

جدول 3. نتائج الاختبارات الكيموحيوية لعزلات البكتيريا المعزولة من درنات البطاطا/البطاطس المصابة.

Table 3. Results of biochemical tests for bacterial isolates isolated from infected potato tubers.

التخمير المؤكسد	تسييل الحيلاتين	تحلل النشاء	هيدروكسيد البوتاسيوم	كاتالاز	رمز العزلة
Oxidation fermentation	Gel liquefaction	Starch hydrolysis	KOH	Catalase	Isolate code
+	+	+	+	+	يوسفية 22 Yusufiya 22
+	+	+	+	+	يوسفية 5 Youssoufia 5
-	+	+	-	+	كركوك 1 Kirkuk 1
-	+	+	-	-	النجف Najaf
-	+	-	-	+	كربلاء 3 Karbala 3
-	+	+	-	+	كربلاء 5 Karbala 5
-	+	+	+	+	بابل Babylon
+	-	+	+	+	الرضوانية 6 Al-Ridwaniyah 6
+	-	+	+	+	الرضوانية 9 Al-Ridwaniyah 9
-	-	-	-	-	الشاهد Control

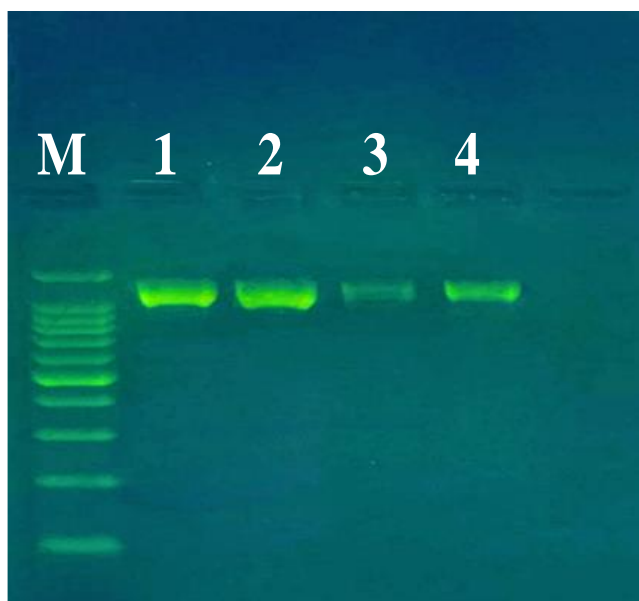
+ = positive test, - = negative test.

+ = نتيجة موجبة للاختبار، - = نتيجة سالبة للاختبار.

أيام من العدوى 17.74 سم³ مقارنة بمعاملة الشاهد (0.0 سم³)، في حين سجلت الأصناف Lady Rositta، Amarin، Mailo و Universa أعلى مقاومة لمرض التعفن الطري من دون وجود فروقات معنوية بينها وبفارق معنوي عن باقي الأصناف المختبرة (جدول 4).

النسبة المئوية للكربوهيدرات في الدرناات- أظهرت النتائج (جدول 4) أن صنف البطاطا/البطاطس Lady Rositta سجل أعلى زيادة في النسبة المئوية للكربوهيدرات في الدرناات وبفارق معنوي كبير، تلاه الصنفان Mailo و Aklate بتحقيق أعلى متوسط بلغ 19.18، 16.80 و 15.95%، على التوالي، مقارنة بباقي الأصناف، في حين سجل الصنف Elcra أقل نسبة كربوهيدرات.

النسبة المئوية للبتواسيوم في الدرناات- تشير النتائج (جدول 4) إلى تفوق الصنف Universa معنوياً في كمية عنصر البتواسيوم حيث بلغت نسبته 4.645% ومن دون فارق معنوي عن الأصناف Lady Rositta؛ Amarin إذ أعطت زيادة في عنصر البتواسيوم بلغ 4.138 و 3.992%، على التوالي. كما تبين من الجدول ذاته بأن الصنف Burren قد سجل أقل معدل لنسبة البتواسيوم إذ بلغ معدل الانخفاض 0.038% مقارنة مع باقي الأصناف في التجربة .



شكل 5. الترحيل الكهربائي على هلام الأجاروز 1% لمنتوج PCR، حيث أن 1 = *Enterobacter cloacae*، 2 = *Acinetobacter* sp.، 3 = *Acinetobacter* sp.، 4 = *Lysinibacillus fusiformis*، M = سلم الحجم الجزيئي.

Figure 5. Electrophoresis on a 1% agarose gel of the PCR product, where 1 = *Enterobacter cloacae*, 2 = *Acinetobacter* sp., 3 = *Pseudomonas* sp., 4 = *Lysinibacillus fusiformis*, M = molecular size ladder.

التشخيص الجزيئي بواسطة تقانة تفاعل البلمرة المتسلسل (PCR)

لمضاعفة الجين 16S rRNA

أظهرت نتائج تضاعف الجين 16S rRNA باستخدام تفاعل البلمرة المتسلسل لعزلات البكتيريا الأكثر ضراوة والمعزولة من درناات البطاطا/البطاطس المصابة (1، 2، 3 و 4) إمكانية مضاعفة الحمض النووي بحجم 1500 زوج قاعدي عند استخدام البادئان F27 و R1942 العامة (universal primes) للجين 16S rRNA والمتخصص بالكشف عن كل أجناس البكتيريا الممرضة للنبات (شكل 5). حيث تم تأكيد تضاعف ذلك الجين للعزلات المستهدفة (شكل 5) من خلال الترحيل الكهربائي للـ DNA الناتج من تفاعل البلمرة والمرحل على هلام الأجاروز، حيث ظهرت أشطرطـة DNA لجميع العزلات المختبرة مقارنة بمعاملة المقارنة (ماء مقطر) التي لم يظهر فيها أي شريط، ثم أرسلت نواتج تفاعل البلمرة المتسلسل إلى شركة Macrogen الكورية لتحليل تسلسلات القواعد النروجينية. ومن خلال مقارنة تسلسل المنطقة الجينية المستهدفة (16S rRNA)، بحجم 650 زوج قاعدي، في المركز الدولي للمعلومات التقنية الحيوية والأمريكية (NCBI) وجد أن العزلات تعود إلى أنواع بكتيريا مختلفة وأن العزلة الأكثر ضراوة (1) تعود إلى جنس *Enterobacter cloacae* وأن هناك تشابه وراثي يصل لأكثر من 89% مع العزلات المشخصة، والتي تم تسجيلها في المركز الدولي NCBI ولأول مرة في العراق بأنها تسبب التعفن الطري على البطاطا/البطاطس، وذلك من خلال برنامج BLAST وسجلت تحت الرقم (OP936020.1) في البنك الدولي.

تشابهت العزلة *Acinetobacter* sp. بنسبة 99.83% مع نوع البكتيريا *Acinetobacter rudis*، وكانت العزلة 3 *Pseudomonas* sp. ذات تشابه يصل إلى النسبة 78.28% مع النوع *Pseudomonas guariconensis*، بينما تشابهت العزلة 4 (وهي *Lysinibacillus* sp.) مع نوع البكتيريا *Lysinibacillus fusiformis*. تم استخدام البكتيريا *Enterobacter cloacae* لدراستها بشكل مفصل لكونها أشد إمراسية من باقي العزلات، كما أن إصابتها مشتركة ما بين النبات والإنسان، وتركت باقي العزلات لدراسة كل منها بشكل مفصل لاحقاً.

العلاقة بين التعفن الطري والصفات الكيميائية والنوعية لبعض أصناف

البطاطا/البطاطس

اختبار حساسية أصناف البطاطا/البطاطس لمرض التعفن الطري- أظهرت نتائج تجربة اختبار حساسية أصناف البطاطا/البطاطس لمرض التعفن الطري على درناات البطاطا/البطاطس المتسبب عن البكتيريا *Enterobacter cloacae* أن الصنف Elmundo أشد الأصناف حساسية لمرض التعفن الطري، حيث بلغ حجم الجزء المتعفن بعد ستة

ومن دون فارق معنوي عن الأصناف Rudolph، Fandango و El Munda والتي بلغت النسبة المئوية للنشاء فيها 4.58، 4.74، و 4.92 و 5.21%، على التوالي (جدول 4).

تقدير حمض الاسكوريك - أظهرت نتائج تقدير حمض الاسكوريك في درنات أصناف البطاطا/البطاطس أن الصنف Lady Rositta قد تفوق في احتوائه على أعلى نسبة من حمض الاسكوريك والتي بلغت 0.84% وبفارق معنوي عن جميع الأصناف الأخرى في التجربة، وقد أظهر الصنف Fandango أقل نسبة مئوية لحمض الاسكوريك وبلغت 0.06% من دون فارق معنوي عن الأصناف Hari، Safari، Rivera، و Melanto و Radio والتي بلغت 0.07، 0.08، 0.08، و 0.09 و 0.09%، على التوالي .

النسبة المئوية للمادة الجافة - أظهرت نتائج تقدير النسبة المئوية للمادة الجافة في درنات أصناف البطاطا/البطاطس المستخدمة في هذه الدراسة تفوق الصنف Lady Rositta في محتواه من المادة الجافة التي بلغت 24.990% من دون فارق معنوي عن أصناف البطاطا/البطاطس، 23.900، 23.450 و 23.110%، على التوالي، فيما كان الصنف Rivera أقل الأصناف في محتواه من المادة الجافة والتي بلغت 12.240% (جدول 4).

النسبة المئوية للنشاء - بينت نتائج تقدير النسبة المئوية للنشاء في درنات أصناف البطاطا/البطاطس أن الصنف Lady Rositta قد تفوق في احتوائه على أعلى نسبة من النشاء والتي بلغت 23.02%، فيما كانت أقل نسبة مئوية للنشاء في الصنف Donata والتي بلغت 4.52%

جدول 4. العلاقة بين التعفن الطري والصفات الكيميائية والنوعية لبعض أصناف البطاطا/البطاطس.

Table 4. The relationship between soft rot and chemical and qualitative characteristics of some potato varieties.

المواد الصلبة (%)	حمض الاسكوريك (%)	النشاء (%)	المادة الجافة (%)	البوتاسيوم (%)	الكربوهيدرات (%)	النسيج المتعفن على الدرنات (سم ³)	الصنف
Dissolved solids (%)	Ascorbic acid (%)	Starch (%)	Dry matter (%)	Potassium (%)	Carbohydrates (%)	Rotting tissue on tubers (cm ³)	Variety
14.6	0.21	14.57	13.550	0.268	2.68	11.58	Gazell
4.7	30.6	4.74	17.900	0.439	2.59	11.37	Rudolph
8.7	70.2	8.73	17.320	0.288	2.75	14.20	Elbida
4.5	0.19	4.52	16.770	0.294	2.45	12.24	Donata
8.4	0.29	8.35	13.900	0.038	6.62	9.72	Burren
7.0	80.0	7.04	12.240	2.902	1.44	8.88	Rivera
5.2	0.15	9.90	14.120	2.002	8.66	8.74	Paradiso
11.1	50.2	11.96	13.660	1.511	9.78	6.67	Arizona
11.6	0.47	11.63	18.180	3.444	6.96	3.67	Kallette
10.9	60.3	10.90	17.990	2.325	8.84	3.28	Clasico
11.0	80.5	11.00	19.870	2.844	1.39	3.03	Elctra
17.1	80.1	17.11	16.190	3.208	1.62	3.42	Hermes
11.5	80.0	11.48	16.110	1.143	10.11	7.33	Safari
14.6	20.5	14.62	13.800	1.376	10.63	2.34	Gallia
14.8	80.3	14.83	15.860	1.590	8.81	6.28	Synergy
9.9	70.1	5.21	14.160	1.782	8.63	17.74	El Munda
10.1	30.6	10.08	20.980	3.672	10.38	1.17	Vogue
13.4	0.51	13.44	21.900	2.432	1.77	1.13	Agria
13.9	90.0	13.85	23.450	2.411	8.45	1.15	Melanto
11.7	60.6	11.72	22.670	0.212	8.56	1.22	Antracteca
4.9	0.06	4.92	21.210	2.269	2.38	1.03	Fandango
13.9	50.1	13.91	18.430	1.690	2.70	4.62	Naiema
13.0	80.2	13.02	20.560	1.949	16.80	0.68	Mailo
16.2	0.19	16.21	15.340	0.999	7.91	1.15	Alaska
12.9	90.6	12.93	19.980	4.645	2.46	0.89	Universa
19.9	40.7	19.90	23.900	3.992	8.43	0.65	Amarin
16.7	0.52	16.65	20.890	1.611	15.95	5.50	Aklate
4.6	0.09	4.58	14.120	2.000	13.78	6.52	Radio
16.5	0.07	16.49	23.110	0.180	3.67	1.02	Hari
23.0	0.84	23.02	24.990	4.138	19.18	0.45	Lady rositta
1.2	0.14	2.371	0.005	0.099	0.65	2.37	LSD _{0.05}

تقدير المواد الصلبة الذائبة- أشارت النتائج (جدول 4) إلى فروق معنوية في النسبة المئوية للمواد الصلبة الذائبة في درنات أصناف البطاطا/البطاطس، حيث سجل الصنف Lady Rositta أعلى معدل بلغ 23.0%، في حين سجلت الأصناف Donata، Radio، Rudolph، Fandango و Paradiso أقل معدل للنسبة المئوية للمواد الصلبة الذائبة بلغ 4.5، 4.6، 4.7، 4.9 و 5.2%، على التوالي.

كانت الأصناف الأكثر مقاومة هي: Lady Rosita و Amarin. قد يعود السبب في مقاومة الأصناف المختبرة من حيث حساسيتها للإصابة بالبكتيريا *Enterobacter cloacae*، المسببة لمرض التعفن الطري، إلى احتواء الأصناف على المادة الجافة بكميات عالية، كون الصنف الذي يحتوي على مادة جافة أعلى وارتفاع كمية النشاء والكربوهيدرات بالإضافة إلى ارتفاع حمض الأسكوربيك والكالسيوم الذي له علاقة بجدار الخلية في الدرنه مما يجعلها أقل تعرّضاً للإصابة بمرض التعفن الطري. ومن النتائج التي حصلنا عليها أيضاً أنه لم يتم الكشف عن وجود علاقة تربط محتوى الدرنات من الكربوهيدرات في الأنسجة وحساسية الأصناف لمرض التعفن الطري. يعتقد أن تراكم الكربوهيدرات في درنات البطاطا/البطاطس يؤدي إلى شغل أكبر مساحة من حجم الدرنه مما يعطي الدرنه صلابة ومقاومة وجودة عالية لحماية نفسها من الاجهادات والمسببات المرضية (Stark et al., 2020).

كما أشار كلٌّ من Rocha et al. (2015) و Khorramifar & Rasekh (2022) أن التلاعب بظروف الخزن من حيث الضوء والظلام ودرجات الحرارة سبب تأثيراً على الدرنات المخزونة من حيث التسبب في ظهور التعفن الطري وتراكم α -chaconine و α -solanine وفقدان الوزن ومحتوى المادة الصلبة الذائبة والتأثير في محتوى الكربوهيدرات. إضافة إلى ذلك، يؤدي التغيير في درجات الحرارة إلى تسريع عملية تنفس الأحياء الموجودة في المخازن، مما يؤدي إلى فقدان الماء والكربوهيدرات (More et al., 2019). وقد جاءت نتائجنا متفقة مع ما نشر سابقاً من عدم وجود علاقة ثابتة بين محتوى البوتاسيوم في الأنسجة وحساسية الأصناف لمرض التعفن الطري، ولاحظوا وجود علاقة ارتباط عالية بين محتوى جدران الخلايا ومستوى المقاومة (Wibowo et al., 2014؛ Cieslik & Sikora., 1998).

ويمكن لتعليق سبب مقاومة بعض أصناف البطاطا/البطاطس إلى كون البوتاسيوم من المغذيات الأولية والمهمة لنمو النبات بشكل عام، وله دور في زيادة الغلة، وجودة الإنتاج ومقاومة الإجهاد الناتج عن العوامل الحيوية وغير الحيوية عند العديد من المحاصيل والخضروات. بالإضافة إلى ذلك فإن البوتاسيوم يؤثر في العمليات الفسيولوجية (Torabian et al., 2021)، ولهذه الأسباب يمكن أن تصبح بعض

الأصناف مقاومة للأمراض بما فيها مرض التعفن البكتيري الطري. كما تبين من خلال النتائج المتحصل عليها (جدول 4) أن هناك علاقة غير واضحة بين محتوى الأصناف من المادة الجافة وحساسيتها للإصابة بمرض التعفن الطري، وقد يكون لهذه العلاقة تأثير في حساسية الأصناف للإصابة بهذا المرض، فيمكن أن تكون الأصناف الحاوية على نسبة أعلى من المادة الجافة أقل عرضة للإصابة بمرض التعفن الطري، إذ تشكل مكونات جدران الخلايا حوالي 5-10% من وزن المادة الجافة للدرنه وقد يكون لذلك بعض التأثير على العلاقة بين المادة الجافة وحساسية الأصناف لمرض التعفن الطري (Weber, 1983)، كما أشار (Tzeng et al., 1990) إلى أن الدرنات ذات المحتوى العالي من المادة الجافة من المرجح أن تكون أقل عرضة للتعفن الطري البكتيري من الدرنات ذات النسب المنخفضة منها.

يملك كل صنف عوامل وراثية مختلفة تؤثر في مقاومة مرض التعفن الطري، وتتضمن نفاذية الغشاء (Membrane permeability)، انخفاض مستوى السكريات ومحتوى المادة الجافة ومستويات الكالسيوم (Chung et al., 2013). كما بينت (Kolychikhina et al., 2021) أن هناك علاقة عكسية بين زيادة المادة الجافة ونسبة الإصابة، فكلما زادت المادة الجافة في الصنف زادت مقاومته للأمراض. كما بينت النتائج التي توصل إليها Sallam et al. (2010) أن هناك تبايناً في درنات أصناف البطاطا/البطاطس المختبرة في مدى قابليتها للإصابة بمرض التعفن الطري، وكان الصنف Lady Rositta أقل الأصناف إصابة بالمرض.

تعدّ النسبة المئوية للنشاء في الدرنات من أهم المؤشرات النوعية لمحصول البطاطا/البطاطس وقد تعزى زيادتها عند مستوى الري 40% من الماء المتاح (جدول 4) إلى توفر الرطوبة الكافية، ولدور الماء في زيادة النشاط الأنزيمي، وزيادة نفاذية الأغشية ومن ثم زيادة انتقال وتراكم المواد المصنعة من المجموع الخضري على شكل سكريات بسيطة ثم يتحول هذا السكر إلى نشاء بمجرد وصوله إلى الدرنات (خليل، 1998؛ الحمداني وآخرون، 2013). لم يتم ربط التعفن الطري بحمض الأسكوربيك على الدرنات غير المصابة بعد التخزين. أشار Mondy et al. (1986) في دراسات أجراها على صنف البطاطا/البطاطس Belrus حيث قسم الدرنات إلى قسمين أصاب القسم الأول من الدرنات بجروح وكدمات والقسم الآخر بدون إصابة حيث لاحظ ارتفاع حمض الأسكوربيك بشكل كبير ويتراكم في الدرنات المصابة بالكدمات والجروح، ثم يبدأ بالانخفاض، أما القسم الآخر فلم يلاحظ أي تغيير في حمض الأسكوربيك. من الممكن أن يرتبط حمض الأسكوربيك سلباً بإمكانية الأكسدة والاختزال فقط قبل التخزين والتي تؤثر بدرجات متفاوتة أثناء التخزين (Workman et al., 1984).

زيادة التنفس من قبل الأحياء الموجودة داخل المخزن بشكل مباشر (Lutman, 1926). أما زيادة محتوى النشاء من المحتمل أن يكون سببه فقدان وزن الدرنات بسبب فقدان الماء من خلال التنفس مما يؤدي إلى تركيز محتوى النشاء في الدرنات (Knutsson, 2012). كما يعلل سبب المقاومة المتزايدة للدرنات ذات التراكيز العالية من المادة الصلبة الجافة والنشاء للتأثيرات الميكانيكية مرتبط ببنية هذه الدرنات. كما أظهرت الدراسات أن المادة الصلبة الجافة للدرنات ومحتوى النشاء يرتبطان بالصفة، والتي بدورها يمكن أن تؤثر على مقاومة الدرنات للتشقق والكدمات والجروح حيث بين Koch *et al.* (2019). إن الدرنات ذات التراكيز العالية من المادة الصلبة الجافة والنشاء تكون أعلى مقاومة للتأثيرات الميكانيكية.

يمكننا أن نستنتج مما سبق أن مرض التعفن الطري من أهم الأمراض التي تصيب البطاطا/البطاطس، وتنتقل من الحقل إلى المخزن، ويعد استخدام الأصناف المقاومة من الطرائق المهمة لمقاومة أو تقليل مرض التعفن الطري، ونوصي باستخدام الأصناف التي تحتوي على نسب عالية من الكربوهيدرات والنشاء والبوتاسيوم للتقليل من مرض التعفن الطري.

يعد النشاء من أهم خصائص جودة البطاطا/البطاطس، فهو يتأثر بالظروف البيئية التي توجد فيها الدرنه، وكان هناك ارتباط قوي بين وجود التلف الميكانيكي على الدرنات ونسبة حدوث التعفن الطري تحت ظروف الخزن، وفي المقابل، لم يكن هناك ارتباط بين التعفن الطري في محتوى النشاء ووقت التخزين. كان هناك اختلافات في التنوع البكتيري بين أصناف البطاطا/البطاطس المختلفة بالإضافة إلى تقصير بعض الأنواع البكتيرية لبعض أصناف البطاطا/البطاطس. كما تلعب الجروح والخدوش دوراً في تقليل كمية النشاء، الوزن والجودة أثناء التخزين، وأن العملية الحيوية لتحلل النشاء في درنات البطاطا/البطاطس هي غير مفهومة بشكل عام، ولكن يعتقد أن زيادة الحرارة عند التخزين 3°س يزيد من نشاط β -amylase مما يؤدي إلى تقليل النشاء بسبب الضغط الذي يحدثه في درنات البطاطا/البطاطس (Nielsen *et al.*, 1997)؛ (Sarian *et al.*, 2012).

تشير الكثير من الدراسات إلى أن اختيار الصنف مهم للغاية من أجل ضمان ارتفاع عائد النشاء والذي له دور كبير في تقليل الإصابة بمرض التعفن الطري لأن أغلب الأصناف يزداد فقدان محتواها من النشاء طوال فترة التخزين. يعلل سبب انخفاض محتوى النشاء ربما إلى

Abstract

Al-Aboudi, H.R.D. and F.A.A. Al-Rikabi. 2025. Susceptibility of Some Potato (*Solanum tuberosum*) Varieties to Soft Rot Disease Caused by *Enterobacter cloacae* and its Relationship to the Biochemical Contents of its Tubers. Arab Journal of Plant Protection, 43(1):113-125. <https://doi.org/10.22268/AJPP-001299>

This study investigated the susceptibility of 30 potato varieties to soft rot disease caused by the bacterium *Enterobacter cloacae* and its effect on the starch, potassium, and ascorbic acid content of tubers. The results obtained showed that the Elmundo variety was the most susceptible to the disease, with the diameter of inhibition zone reaching 8.90 cm within 6 days, followed by the Burren variety (7.87 cm), with a significant difference to all other varieties. The varieties most resistant to bacterial soft rot disease were Lady Rositta and Amarin, with a significant difference from all other tested varieties, as the inhibition zone reached 0.33 and 0.37 cm, respectively. The results obtained also showed that the tubers of the "Lady Rositta" variety were significantly superior in starch content, which reached 23.02%, whereas the lowest starch content was in the "Donata" variety, which reached 4.52%. The "Universa" potato variety had significantly the highest potassium content, which reached 4.645%. The "Lady Rositta" potato variety had the highest ascorbic acid content, which reached 0.84%, with a significant difference from all other varieties. The "Fandango" variety had the lowest content of ascorbic acid of 0.06%. Increase in starch, ascorbic acid and potassium content in the tubers has a role in giving their cell walls strength and rigidity and make them resistant to infection with bacteria that cause the soft rot disease. In addition, potassium is an important nutrient for plant growth in general and has a major role in increasing the thickness of the cell wall, which makes the latter resistant to harsh conditions.

Keywords: Potato, soft rot, starch, potassium, ascorbic acid, *Enterobacter cloacae*.

Affiliation of Authors: H.R.D. Al-Aboudi* and F.A. Al-Rikabi, Department of Plant Protection, College of Agriculture, University of Kufa, Iraq. *Email address of the corresponding author: hawraa1991h97h@gmail.com

References

[Al-Hamdani, S.A., H.S.H. Al-Obaidi and S.A.W. Al-Muhammadi. 2013. Effect of drying, removal of vegetative growth, and irrigation cut-off on yield components and quality of potato tubers. Diyala Journal of Agricultural Sciences, 5(1): 144-158. (In Arabic)]

خليل، محمود عبدا لعزیز إبراهيم. 1998. العلاقات المائية ونظم الري: الأراضي الرملية، الزراعات المحمية، محاصيل الخضرا. منشأة المعارف الإسكندرية. جمهورية مصر العربية. 442 صفحة.

أحمد، فراس علي وأكرم علي محمد. 2023. البكتيريا الممرضة للنبات. كلية الزراعة، جامعة الكوفة، العراق. 150 صفحة.

[Ahmed, F.A. and A.A. Mohammad. 2023. Plant Pathogenic Bacteria. Faculty of Agriculture, University of Kufa, Iraq. 50 pp. (In Arabic)].

الحمداي، صبيح عبد الوهاب، حميد صالح حماد العبيدي وسعد عبد الواحد المحمدي. 2013. تأثير تجفيف وإزالة النمو الخضري وقطع الري في مكونات الحاصل ونوعية لدنات البطاطا. مجلة دياي للعلوم الزراعية:5(1):158-144.

- Cieslik, E. and E. Sikora.** 1998. Correlation between the levels of nitrates and nitrites and the contents of potassium, calcium and magnesium in potato tubers. *Food Chemistry*, 63(4):525-528.
[https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00027-2](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00027-2)
- Cresser, M.S. and J.W. Parsons.** 1979. Sulphuric-perchloric acid of digestion of plant material for determination of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium. *Analytica Chimica Acta*, 109(2):431-436.
[https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(01\)84273-2](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(01)84273-2)
- des Essarts, Y.R., J. Cigna, A. Quêtu-Laurent, A. Caron, E. Munier, A. Beury-Cirou, V. Hélias and D. Faure.** 2016. Biocontrol of the potato blackleg and soft rot diseases caused by *Dickeya dianthicola*. *Applied and Environmental Microbiology*, 82(1):268-278.
<https://doi.org/10.1128/aem.02525-15>
- Dongyu, Q.** 2022. Role and potential of potato in global food security. FAO, Rome, Italy.
- Doolotkeldieva, T., S. Bobusheva and A. Suleymankisi.** 2016. Biological Control of *Erwinia carotovora* ssp. *Carotovora* by *Streptomyces* species. *Advances in Microbiology*, 6:104-114.
<https://doi.org/10.4236/aim.2016.62011>
- Gasic, K., V. Gavrilovic, N. Dolovac, N. Trkulja, S. Zivkovic, D. Ristic and A. Obradovic.** 2014. *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* – the causal agent of broccoli soft rot in Serbia. *Pesticidi i fitomedicina*, 29(4):249-255.
<https://doi.org/10.2298/PIF1404249G>
- Herbert, D., P.J. Philips and R.E. Strange.** 1971. Determination of total carbohydrates. Pp. 209-344. In: *Methods in Microbiology*. J.R. Norris and D.W. Robbins (eds.). Academic Press. London, England.
- Herforth, A., Y. Bai, A. Venkat, K. Mahrt, A. Ebel and W.A. Masters.** 2020. Cost and affordability of healthy diets across and within countries: Background paper for The State of Food Security and Nutrition in the World 2020. FAO Agricultural Development Economics Technical Study No. 9.
- Horwitz, W., P. Chichilo and H. Reynolds.** 1970. *Official Methods of Analysis*. 11th edition. Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C., USA. 1015 pp.
- James, A. and V. Zikankuba.** 2017. Postharvest management of fruits and vegetable: A potential for reducing poverty, hidden hunger and malnutrition in sub-Saharan Africa. *Cogent Food and Agriculture*, 3(1):1312052.
<https://doi.org/10.1080/23311932.2017.1312052>
- Jonca, J., M. Waleron, P. Czaplewska, A. Bogucka, A. Steć, S. Dziomba and K. Waleron.** 2021. Membrane vesicles of *Pectobacterium* as an effective protein secretion system. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(22):12574.
<https://doi.org/10.3390/ijms222212574>
- Jongerden, J., W. Wolters, Y. Dijkhoorn, F. Gür and M. Öztürk.** 2019. The politics of agricultural development in Iraq and the Kurdistan Region in Iraq (KRI). *Sustainability*, 11(21):5874.
- [Khalil, M.A.I.** 1998. *Water relations and irrigation systems: Sandy soils, protected agriculture, vegetable crops*. Al-Maarif Establishment, Alexandria, Egypt. 442 pp. (In Arabic)].
- رمضان، محمد نديم وزهراء سالم المشهداني. 2006. عزل وتشخيص بكتريا مرض الساق الاسود في البطاطا. مجلة علوم الراقدين، 17(11):193-203.
- [Ramadan, M.N. and Z.S. Al-Mashhadani.** 2006. Isolation and identification of black leg disease bacteria in potatoes. *Al-Rafidain Science Journal*, 17(11): 193-203 (In Arabic)].
- السعدون، رسل محي حسين. 2021. التشخيص الجزيئي وتحديد عامل الضراوة لمسبب مرض التعفن الطري البكتيري على ثمار الطماطة وتطبيق بعض الاملاح اللاعضوية والمواد النانوية للسيطرة. رسالة ماجستير، كلية الزراعة، جامعة الكوفة، العراق. 90 صفحة.
- [Al-Saadoun, R.M.H.** 2021. *Molecular diagnosis and identification of the virulence factor of the cause of bacterial soft rot disease on tomato fruits and application of some inorganic salts and nanomaterials for control*. MSc. thesis, College of Agriculture, University of Kufa, Iraq. 90 pp. (In Arabic)].
- الصحاف، فاضل حسين. 1989. تغذية النبات التطبيقي. جامعة بغداد. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. العراق. 126 صفحة.
- [Al-Sahhaf, F.H.** 1989. *Applied plant nutrition*. University of Baghdad, Ministry of Higher Education and Scientific Research, Iraq. 126 pp. (In Arabic)].
- مرزة، نزار راشد. 2019. عزل وتصنيف وامراضية البكتريا المسببة لتعفن درنات البطاطا الطري ومقاومته بالعوامل الحيوية البكتيرية *Pseudomonas fluorescense* و *Azotobacter chroococcum* و حامض السالسلك. أطروحة دكتوراه، كلية الزراعة، جامعة الكوفة، العراق. 140 صفحة.
- [Marza, N.R.** 2019. *Isolation, classification, and pathogenicity of bacteria causing potato tuber rot and their resistance to the bacterial biological agents Pseudomonas fluorescense, Azotobacter chroococcum, and salicylic acid*. Doctoral thesis, College of Agriculture, University of Kufa, Iraq. 140 pp. (In Arabic)].
- A.O.A.C.** 2012. *Official methods of analysis*. 19th edition. Association of official analytical chemists. Monotype Composition. Washington. USA.
- Ahmed, F.A. and A.M. Alvarez.** 2018. Reduction of gray mold with preharvest applications of potassium tetraborate in greenhouse tomato. *Plant Health Progress*, 19(2):131-135.
<https://doi.org/10.1094/PHP-01-18-0002-RS>
- Charkowski, A., K. Sharma, M.L. Parker, G.A. Secor and J. Elphinstone.** 2020. Bacterial diseases of potato. Pp. 351-388 In: *The potato Crop: its Agricultural, Nutritional and Social Contribution to Humankind*. H. Campos and O. Ortiz (eds.). Springer Cham, Switzerland.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5_10
- Chung, Y.S., N.J. Goeser, X. Cai and S. Jansky.** 2013. The effect of long-term storage on bacterial soft rot resistance in potato. *American Journal of Potato Research*, 90(4):351-356.
<https://doi.org/10.1007/s12230-013-9311-6>

- Pasco, C., M. Bozec, D. Ellisseche and D. Andrivon.** 2006. Resistance behaviour of Potato cultivars and advanced breeding clones to tuber soft rot caused by *Pectobacterium atrosepticum*. *Potato Research*, 49:91-98. <https://doi.org/10.1007/s11540-006-9006-1>
- Ranjan, R.K., D. Singh and D. Rai.** 2021. Postharvest diseases of potato and their management. Pp. 305-326. *In: Postharvest Handling and Diseases of Horticultural Produce*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. <https://doi.org/10.1201/9781003045502>
- Rocha, A.B., S.L. Honório, C.L. Messias, M. Otón and P.A. Gómez.** 2015. Effect of UV-C radiation and fluorescent light to control postharvest soft rot in potato seed tubers. *Scientia Horticulturae*, 181:174-181. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.10.045>
- Sallam, M.A.A., K.M.H. Abd El-Moneem, M.A.E. Hassan and H.M.M. Khalil.** 2010. Resistance induced in potato tubers to soft rot caused by *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* by treatments with salicylic acid and acetylsalicylic acid. *Assiut Journal of Agricultural Sciences*, 41(1):81-92. <https://doi.org/10.21608/ajas.2010.267822>
- Salman, S.A., S. Shahid, H.A. Afan, M.S. Shiru, N. Al-Ansari and Z.M. Yaseen.** 2020. Changes in climatic water availability and crop water demand for Iraq region. *Sustainability*, 12(8):3437. <https://doi.org/10.3390/su12083437>
- Sambrook, J., E.F. Fritsch and T. Maniatis.** 1989. *Molecular cloning: a laboratory manual* 2nd ed. Cold Spring Harbor Laboratory Press, NY, USA. 1546 pp.
- Sarian, F.D., R.M. van der Kaaij, S. Kralj, D.J. Wijbenga, D.J. Binnema, M.J. van der Maarel and L. Dijkhuizen.** 2012. Enzymatic degradation of granular potato starch by *Microbacterium aurum* strain B8. *A. Applied Microbiology and Biotechnology*, 93:645-654. <https://doi.org/10.1007/s00253-011-3436-7>
- Stark, J.C., S.L. Love and N.R. Knowle.** 2020. Tuber quality. Pp. 479-497. *In: Potato Production Systems*. J. Stark, M. Thornton and P. Nolte (eds.). Springer, Cham, Switzerland. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-39157-7>
- Torabian, S., S. Farhangi-Abriz, R. Qin, C. Noulas, V. Sathuvalli, B. Charlton and D.A. Loka.** 2021. Potassium: A vital macronutrient in potato production-A review. *Agronomy*, 11(3):543. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030543>
- Tzeng, K.C., R.G. Mc Guire and A. Kelman.** 1990. Resistance of tubers from different potato cultivars to soft rot caused by *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*. *American Potato Journal*, 67(5):287-305.
- Weber, J.** 1983. The role of pectin on the significance of varietal and seasonal differences in soft rot susceptibility of potato tubers. *Phytopathologische Zeitschrift*, 108(2):135-142.
- Wibowo, C., K. Wijaya, G.H. Sumartono and E. Pawelzik.** 2014. Effect of potassium level on quality traits of Indonesian potato tubers. *Asia* <https://doi.org/10.3390/su11215874>
- Kamysz, W., A. Krolicka, K. Bogucka, T. Ossowski, J. Lukasiak, A. Keskitalo, E. Munukka, R. Toivonen, M. Hollmén, H. Kainulainen, P. Huovinen and S. Pekkala.** 2018. *Enterobacter cloacae* administration induces hepatic damage and subcutaneous fat accumulation in high-fat diet fed mice. *PLoS One*, 13(5):e0198262. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198262>
- Khorrarifar, A. and M. Rasekh.** 2022. Changes in sugar and carbohydrate content of different potato cultivars during storage. *Journal of Environmental Science Studies*, 7(1):4643-4650. <https://doi.org/10.22034/jess.2022.144411>
- Knight, O.S., H.N. Asemota and A.U. Osagie.** 2019. Cell wall degrading enzyme activities in plant-bacteria Interaction involving Dasheen (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) *in vitro*. *NISEB Journal*, 11(1):9177-9188.
- Knutsson, J.** 2012. Long-term storage of starch potato and its effect on starch yield. MSc thesis. Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences Department of Forest Mycology and Plant Pathology. Swedish University of Agricultural Sciences. 30 pp.
- Koch, M., M. Naumann and E. Pawelzik.** 2019. Cracking and fracture properties of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers and their relation to dry matter, starch, and mineral distribution. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(6):3149-3156. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9530>
- Kolychikhina, M.S., O.O. Beloshapkina and C. Phiri.** 2021. Change in potato productivity under the impact of viral diseases. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 663:012035. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/663/1/012035>
- Liu, F., P. Jin, Z. Sun, L. Du, D. Wang, T. Zhao and M.P. Doyle.** 2021. Carvacrol oil inhibits biofilm formation and exopolysaccharide production of *Enterobacter cloacae*. *Food Control*, 119:107473. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107473>
- Lutman, B.F.** 1926. Respiration of potato tubers after injury. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 53(7):429-455. <https://doi.org/10.2307/2480025>
- Mohammed, M.J. and E.D. Selman.** 2013. Detection of local *Erwinia* isolates causing disease in potato by using DNA Amplification by Polymerase Chain Reaction Technique (PCR). *Journal of Al-Nahrain University*, 16(3):224-229.
- Monody, N.I. and M. Leja.** 1986. Effect of mechanical injury on the ascorbic acid content of potatoes. *Journal of Food Science*, 51(2):355-357. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1986.tb11128.x>
- More, S.J., V. Ravi, S. Raju, S.T. de Freitas and S. Pareek.** 2019. Tropical tuber crops. *Postharvest Physiological Disorders in Fruits and Vegetables*, 1:719-758.
- Nielsen, T.H., U. Deiting and M. Stitt.** 1997. A β -amylase in potato tubers is induced by storage at low temperature. *Plant Physiology*, 113(2):503-510. <https://doi.org/10.1104/pp.113.2.503>

Workman, M. and D.G. Holm. 1984. Potato clone variation in blackspot and soft rot susceptibility, redox potential, ascorbic acid, dry matter and potassium. *American Potato Journal*, 61:723-733. <https://doi.org/10.1007/BF02888975>

Pacific Journal of Sustainable Agriculture, Food and Energy, 2(1), 11-16.

Wiles, T.J. and K. Guillemin. 2020. Patterns of partnership: surveillance and mimicry in host-microbiota mutualisms. *Current Opinion in Microbiology*, 54:87-94. <https://doi.org/10.1016/j.mib.2020.01.012>

Received: December 7, 2023; Accepted: February 19, 2024

تاريخ الاستلام: 2023/12/7؛ تاريخ الموافقة على النشر: 2024/2/19