دراسة فعالية عزلات من الفطر Fusarium oxysporum . f . Sp .tuberosi على درنات البطاطا (Solanum tuberosum L.) الصنف سبونتا "Spunta"

عماد علي التيناوي* فهد البيسكي**

جودت فضّول***

الملخص

نفذ البحث في مختبرات إدارة بحوث وقاية النبات وقسم التقانات الحيوية في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية خلال الفترة الممتدة من نيسان 2018م وحتى نهاية كانون أول 2019م، حيث جُمعت عينات من نباتات البطاطا (Solanum tuberosum L.) الصنف سبونتا (cv. Spunta) مصابة بمرض الذبول الوعائي ودرنات مصابة بعفن نهاية الساق والعفن الجاف من مراكز الغاب وطرطوس وحمص ومحطات الجمازة والجوسية الخراب والغوطة وسرغايا التابعين للهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية.

تم تحديد الجنس Fusarium والنوع F. oxysporum من النباتات والدرنات، عزلت ونقية عشر عزلات وحيدة البوغ من النوع (FOT) F. oxysporum. f. sp. tuberosi على البطاطا باستخدام تقانة القُطيرة المعلّقة ودُرست الخصائص المظهرية والمجهرية لها. قُدّرت القدرة الإمراضية للعزلات العشرة على درنات بطاطا سليمة من صنف سبونتا (cv. Spunta) وسُجلت البيانات لكل 3 مكررات من كل معاملة لكل

* قسم التقانات الحيوية- الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية-دمشق.

** قسم التقانات الحيوية - الهيئة العامة للتقانة الحيوية -وزارة التعليم العالي والبحث العلمي- دمشق.

*** قسم علوم وقاية النبات– كلية الزراعة- جامعة دمشق-وزارة التعليم العالي والبحث العلمي-دمشق.

عزلة بما فيها الشاهد. بينت النتائج أنّ جميع العزلات كانت شرسة وتكشف مرض العفن الجاف على درنات البطاطا، وأظهرت النتائج تفوّق العزلة FOT23 على جميع العزلات من حيث شدة الإصابة، بينما كانت العزلة FOT49 الأقل شراسة.

الكلمات المفتاحية: نبات البطاطا، F. oxysporum. f. sp . tuberosi، صنف سبونتا، اختبارات القدرة الإمراضية ، الشراسة، العفن الجاف.

Study the Efficiency of Fusarium oxysporum. f. Sp. Solanum (tuberosi Isolates on Potato Tubers from "cv. Spunta") tuberosum L.

Jaoudat Faddoul [**] **Fahed Albiski** [*]

Abstract

The diseased potato plant samples (Solanum tuberosum L.) (cv. Spunta) infected by the Vascular wilt and Dry rot on the tubers had aggregated from many research centers AL Ghab, Tartous, and Homs, and stations jmmaza, Jussie, gota and Srugaia (AL-Zabadani) in the general commission of the agricultural scientific research in Syria and 2019. the genus and F. oxysporum Had over two seasons 2018 been defined from the fungal population. Ten isolates of F. oxysporum. f. sp. tuberosi (FOT) monospores were selected by using the method of hanging small according to Van Dieghem drop. The morphological and microscopically of the isolates were identified. The pathogenicity test was conducted on potato tubers from (cv. Spunta). The data was recorded to three replicate tubers from each treatment in addition to the control. All the isolates were pathogenic causing Dry rot disease on the tubers, but that isolate FOT23 was the other isolates, While the isolate FOT49 most virulence compared with had the weaker virulence.

Keywords: Solanum tuberosum, F. oxysporum. f. sp. tuberosi, (cv. Spunta), Pathogenicity tests, virulence ,Dry rot.

[*] Department of Biotechnology, General Commission for Scientific Agricultural Research, Syria

[**] National Commission for Biotechnology (NCBT), Damascus, Syria

المقدمة

تعد البطاطا (Solanum tuberosum L.) من محاصيل الخضار الهامة اقتصادياً والأكثر انتشاراً في العالم(Wang et al, 2008; Visser et al, 1975)، تزرع البطاطا في حوالي 140 دولة في العالم (Beukema, 1993)، وتنتمي البطاطا إلى الجنس Solanum، وتتبع الفصيلة الباذنجانية Solanaceae التي تضم نحو 90 جنساً و2000 نوع تقريباً (بوراس وزملاءه 2006)، وبلغت الانتاجية في سوريا عام2018 حوالي 562342 طن بغلَّة مقدارها 25298 كغ/هكتار على مساحة كلية 22229 هكتار (المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية، 2018)، ويواجه نبات البطاطا عدد كبير من الإجهادات الأحيائية وغير الأحيائية (Roberts et al., 2002)، فمن الإجهادات الأحيائية ما هو ناجم عن تأثير ضغط بعض الأنواع الممرضة من الجنس Fusarium المسبب الرئيس لمرض الذبول الوعائي على نبات البطاطا وعفن نهاية الساق والعفن الجاف على الدرنات (Mejdoub-Trabelsi et al.,2015)، فالأمراض مسؤولة عن نقص 21-30% من إنتاج البطاطا سنوياً (Eken et al., 2000)، يؤثر العفن الجاف على الإنبات والإشطاء في بداية الموسم، مما يؤدي لنقص الإنتاج وسوء نوعية الدرنات أثناء التخزين حيث تراوحت الخسائر من 6% إلى 25% من الدرنات، وقد يصل الفاقد أحياناً إلى أكثر من 60% خلال التخزين لفترات طويلة (Carnegie et al. 1998; Estrada et al., 2010). الدراسات المرجعية Review of literature: يسبب النوع F. oxysporum. f. sp. Tuberosi (FOT) من الجنس Fusarium إصابة حقول البطاطا في العالم بنسبة تصل إلى 70% (Gachango et al, 2012)، أظهرت الدراسات أنّ العفن الجاف ناجمٌ عن إصابة درنات البطاطا بأنواع فوزاريوم متباينة الشراسة virulence، ويعد النوع [F. oxysporum Schlecht. emend. Snyd& Hans] من أكثر أنواع جنس Fusarium ضرراً في المناخ الحار الجاف ويؤدي إلى مرض

الذبول الوعائي على نباتات عديدة من بينها نبات البطاطا الذي تصاب درناته بالعفن الجاف الناجم عن الإصابة بهذا الفطر (Manici and Cerato, 1994; Chehri et al. 2011; Isfahani et al., 2013) ، تختلف درجة الإصابة حسب الصنف، فصنف البطاطا سبونتا(Spunta) يعد حساساً إلى عالي الحساسية لهذا النوع الفطري المسبب لمرض الذبول الوعائي وعفن نهاية الساق والعفن الجاف (Trabelsi et al , 2016)، يعتمد تشخيص المرض على الصفات الشكلية والمزرعية والمجهرية لتحديد شكل وحجم الأبواغ الكونيدية الكبيرة macroconidia مجهرياً، ووجود أو غياب الأبواغ الكونيدية الصغيرة microconidia وحجم وشكل وترتيب الأبواغ الكلاميدية chlamydospores (Nelson et al., 1983; Burgess et al.,1994). فالأبواغ الكبيرة قليلة، تتكون من (3-5) خلايا مقسمة بـ (2–4) حاجزاً، مستدقة الرأس ومنحنية عند النهايات، هلالية الشكل غالباً ومستقيمة إلى أسطوانية أحياناً، تنشأ على حوامل كونيدية متفرعة في الحبيكة sporodochiam وتتراوح أبعادها ما بين (23–54×3–4.5) ميكروناً وهي المميزة لأنواع الفيوزاريوم، وتكون الأبواغ الكونيدية الصغيرة بيضاوية إلى بيضاوية منحنية قليلاً وأحياناً مستطيلة، تتكون من خلية بدون حواجز أو خليتين بحاجز واحد، أبعادها (5–12 × 2.2–3.5) ميكروناً، (Leslie and Summerell, 2006; Ahmad, 2010)، وتعد الأبواغ الكلاميدية، كروية الشكل وتنشأ من خلايا هيفات المشيجة، وذات جدر خشنة ملوّنة، تتواجد طرفياً أو بينياً على هيفات المشيجة القديمة أو في الأبواغ الكونيدية، (Agrios, 1988) تتواجد بشكل مفرد أو أشفاع ونادراً ما تكون في سلاسل، أبعادها ما بين (5–13) ميكروناً (Ahmad, 2010)، وللسيطرة على المرض، لا بد من اتباع استراتيجيات معينة أهمها التشخيص الصحيح وتحديد جنس ونوع الممرض على الدرنات المصابة، وزراعة أصناف مقاومة للمرض (Aydın et al., 2016)، ونظراً لخطورة الفطر F. oxysporum ولعدم وجود دراسات سابقة حول إمراضية هذا الفطر على البطاطا في

سوريا، كان هدفنا دراسة فعالية عزلات نقية من الفطر F. oxysporum. f. (FOT) sp. Tuberosi في إحداث مرض العفن الجاف على درنات البطاطا.

المواد وطرائق العمل Materials and Methods:

نفذ هذا البحث في مختبرات إدارة بحوث وقاية النبات وقسم التقانات الحيوية في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية خلال الفترة الممتدة من نيسان 2018م وحتى نهاية كانون أول 2019م.

المادة النباتية: تم جمع عينات من نباتات ودرنات بطاطا مصابة بمرض الذبول مع درناتها المصابة بعفن نهاية الساق والعفن الجاف خلال عامي 2018 و2019 من مركز بحوث طرطوس (محطة الجمازة) ومركز بحوث الغاب ومركز بحوث ريف دمشق (محطة بحوث الغوطة) وبعض حقول المزارعين في منطقة الزبداني، وتم ترميزها حسب المناطق التي جمعت منها الجدول (1)، الشكل(1-أ، ب).

تم الحصول على درنات بطاطا (Solanum tuberosum L.) صنف سبونتا Spunta من المؤسسة العامة لإكثار البذار في سوريا عام 2019 لاختبار القدرة الإمراضية لعزلات من الفطر.

الجدول (1) رموز ومصادر ومناطق وتاريخ جمع العينات المصابة

متسلسل	رمزها	مصدرها	المنطقة	الموقع	العام
1	Za22S1	ساق	الزيداني	مزرعة خاصة	2018
2	Z6ES	ساق	الزيداني	مزرعة خاصة	2018
3	Z2S5	ساق	الزيداني	مزرعة خاصة	2018
4	Z4	ساق	الزيداني	مزرعة خاصة	2018
5	Za13A1-1	عفن نهاية الساق	الزيداني	مزرعة خاصة	2018
6	Za12-1"	درنة	الزيداني	مزرعة خاصة	2018
7	Za12-3"	درنة	الزيداني	مزرعة خاصة	2018
8	Za16	ساق	الزيداني	مزرعة خاصة	2018
9	G1S	ساق	الغوطة	محطة الغوطة	2018
10	G6T	عفن نهاية الساق	الغوطة	محطة الغوطة	2018
11	G5S2	ساق	الغوطة	محطة الغوطة	2018
12	G3T4	درنة	الغوطة	محطة الغوطة	2018
13	TR3-S1-1-1"	ساق	طرطوس	محطة الجمازة	2019
14	TR1R1	جذر	طرطوس	محطة الجمازة	2019
15	TR1R3-2	جذر	طرطوس	محطة الجمازة	2019
16	GA2T4	درنة	الغاب	مركز الغاب	2018

تحديد وعزل الفطر: تم غسل النباتات والدرنات المصابة بالماء الجاري ومعاملتها بهيبوكلويد الصوديوم تركيز 0.5% لمدة 15 دقيقة وغسلها بالماء المقطر المعقم عدة مرات، وتقطيع ساق وجذور النباتات والدرنات بحجم(0.5–1)سم عند منطقة إصابة الأنسجة وزرعت على وسط PDA درجة حموضته pH تعادل 5.5 وحُضّنت على درجة حرارة 25±2 سْ وإضاءة 12 ساعة لمدة (4–5) يوماً الشكل (1– أ و د)، لتحديد وتعريف الأجناس والأنواع في المجتمع الفطري النامي على الوسط لكل عينة نباتية مصابة حسب (Trabelsi et al, 2016 ;Theron and

Holtz, 1989) وحُسبت النسبة المئوية لتردد Frequency الفطريات المعزولة وفق المعادلة: F=(عدد عزلات الفطر الواحد/عدد عزلات الأنواع الفطرية الكلية المجموعة من المنطقة)x 100 ، حيث تمثل F= النسبة المئوية لتردد كل فطر (Krebs ,1978) الجدول(2)، ثم تم عزل وتنقية النوع F. oxysporum. f. sp. tuberosi (FOT) المسبب للذبول والعفن الجاف على البطاطا بعزل أبواغ مفردة بطريقة Van Dieghem باستخدام تقانة القُطيرة المعلّقة (Faddoul,1973)، الشكل (1–جـ ود) ودراسة الخصائص المظهرية والمجهرية للعزلات، الشكلين(2, 3).

الشكل (1) عينات البطاطا المصابة ومراحل عزل وتنقية العزلات من بوغ مفرد:

(أ) يظهر نباتات ودرنات بطاطا المصابة | (ب) زراعة العينات على وسط PDA

(جـ) بوغ وحيد تحت المجهر الضوئي | (د) العزل بطريقة القطيرة المعلقة

وتم تعريفها بالاعتماد على دراسة صفاتها المزرعية وتعضياتها ونموها بمقارنتها مع الصفات المعتمدة حسب (Nelson et al, 1983; Summerell et al ., 2003; Leslis and Summerell., 2006)، حيث تم توصيف المزارع الفطرية وفق نمط نموها وقوامها إضافة إلى ألوانها.....إلخ، وتم قياس معدل سرعة نمو العزلات بقياس

اقطار المزرعة المتعامدة كل 72 ساعة حتى اكتمال النمو لأسرع العزلات نمواً ثم اتبعت طريقة Elad et al., 1981 لحساب معدل سرعة النمو (مم/يوم) وفق المعادلة التاليـة: ALG(mm\day)= {C2-C1}\T، إذ تمثل ALG: معدل سرعة النمو الخطي Average linear growth rates، وC2: قطر المزرعة في القراءة الثانية (مم)، وC1: قطر المزرعة في القراءة الأولى (مم)، وT: اختلاف الزمن (يوم).

حُفظت العزلات في الثلاجة على درجة حرارة 4 سْ لحين إجراء اختبارات القدرة الإمراضية، وكان يتم تجديدها كل 30 يوماً خلال مدة البحث حسب (Trabelsi et al, 2016).

تحضير وتمديد معلق الأبواغ الكونيدية للفطر F .oxysporum . Tuberosi . f. sp لتقييم القدرة الإمراضية للعزلات النقية العشرة: تم تحضير معلق الأبواغ لكل من العزلات (من المزرعة الفطرية بعد تنمية كل منها على الوسط الغذائي وسط PDA وبنفس الخطوات السابقة ولحين وصول تبوغ الفطر إلى الذروة (8–10) يوماً من التحضين)، وذلك بإضافة 10 مل ماء مقطر معقم إلى كل مزرعة فطرية لكل عزلة وتم هزّها لمدة 5 دقائق باستعمال مازج كهربائي وحُصدت الأبواغ الكونيدية باستخدام قضيب زجاجي معقم ورُشِّح المعلق من خلال 8 طبقات من الشاش الطبي المعقم ومررت عِبر ورق ترشيح Whatman No.1 وتم عدّ الأبواغ تحت المجهر الضوئي باستخدام شريحة العدّ Malassez hemacytometer لضبط تركيز المعلق إلى التركيز $10X1^6$ بوغ/مل ماء مقطر معقم للعزلات العشرة (Marlatt et al ., 1996)، بهدف اختبار وتقيم القدرة الإمراضية على إحداث مرض العفن الجاف على درنات البطاطا صنف سبونتا حسب (Romberg and Davis, 2007;Trabelsi et al, 2016) .

اختبار القدرة الإمراضية لعزلات الفطر (FOT) F. oxysporum . f. sp. Tuberosi:

قُدّرت القدرة الإمراضية أو ما يسمى (عامل الشدة المرضية) (Disease Intensity Index) (DII) للعزلات العشرة للفطر (FOT) على إحداث مرض العفن الجاف على درنات بطاطا باختيار 3 درنات من صنف سبونتا خالية من أي مرض تراوح وزنها

بين (80–100)غ، وتم غسلها بماء الصنبور العادي وغمرها في محلول هيبوكلوريد الصوديوم (0.5%) لمدة 5 دقائق وغسلها عدة مرات بالماء المقطر المعقم وتجفيفها بالهواء، ثم قمنا بثقب كل درنة بآلة تثقيب No2 معقمة باللهب بواقع ثقب واحد لعمق 0.5مم وقطر 0.5مم وحقنت كل درنة مثقوبة بـ 100 (ميكرولتر) من المعلق البوغي الطازج تركيز $10X1^6$ بوغ كونيدي/مل من كل عزلة، وحقنت درنات الشاهد من كل معاملة بحجم مماثل من الماء المقطر المعقم، ثم وضعت الدرنات المعداة ضمن كيس ورقي لكل معاملة وحضّنت على درجة حرارة 25±2 سْ ورطوبة نسبية RH (50–70)% لمدة (21 يوم) لينمو ويتطور الفطر داخل كل درنة مُعداة، وكررت كل معاملة 3 مرات، وقُطِعَت الدرنات بعد انتهاء فترة الإعداء من ثقب الإعداء إلى نصفين الشكل (4) وسُجّلت درجات الإصابة اعتماداً على سلم قياسي يتراوح من (0–5) درجة حسب (Theron & Holz 1987) كما يلي:

0 = لا يوجد إصابة بالعفن الجاف (عدم وجود تغير باللون وعدم تطور العفن الجاف في مكان الإعداء).

1 = عدم وجود تغير في لون النسيج الوعائي الناقل مع تطور محدود للعفن الجاف في مكان الإعداء.

2 = نمو المشيجة بشكل زائد، مع وجود تغيير محدود في لون النسيج الوعائي الناقل في مكان الإعداء.

3 = نمو المشيجة بشكل واسع مكان التلقيح، مع وجود تغيير محدود في لون النسيج الوعائي الناقل.

4 = الدرنة مصابة بالعفن الجاف مع تغيير واسع في لون النسيج وتحلل جزئي للدرنة.

5 = الدرنة مصابة بالعفن الجاف ومتحللة بشكل كامل.

وتم التعبير عن النتائج كنسبة مئوية وفقاً لطريقة Unterstenhofer Kremer and (1967)، وتم تحليل النتائج إحصائياً وفقاً للتصميم العشوائي الكامل completely randomized design (CRD) باستخدام برنامج GenStat12 وكُررت التجربة 3 مرات، وقُورنت المتوسطات بتحليل التباين ANOVA باتجاه واحد وحُسبت قيمة (LSD) أقل فرق معنوي عند احتمال 0.5% ، وحُسب معامل التباين (CV) لكل مؤشر وفقاً لـ (Snedecor and Cochran, 1976).

النتائج والمناقشة RESULTS and DISCUSSION:

عزل وتوصيف الفطر: تم تشخيص النوعين Fusarium oxysporum و Fusarium solani التابعين

لجنس Fusarium والنوع Alternaria alternata التابع لجنس Alternaria في المجتمع الفطري اعتماداً

على مقارنة الصفات الشكلية مظهرياً ومجهرياً حسب (Nelson et al , 1990; Summerell et al , 2003; Leslis and Summerell., 2006)، وتم حساب النسبة المئوية لتردد كل نوع في كل موقع من مواقع جمع العينات حسب (Krebs ,1978) الجدول (2). ثمَّ تم عزل وتنقية عشرة عزلات من الفطر F. oxysporum. f. sp. tuberosi (FOT) بعزل أبواغ مفردة بطريقة Van Dieghem باستخدام تقانة القُطيرة المعلّقة (Faddoul,1973)، الشكل (1–جـ ود).

الجدول (2) مصادر ومناطق الجمع للعينات والنسبة المئوية لتردد الأنواع في كل منطقة:

م	رمزها	مصدرها	المنطقة	الجنس والنوع	تردد الفطر%	العام
1	Za22S1	ساق	الزبداني	A. alternata	14.29	2018
2	Z6ES	ساق	الزبداني	F. solani	37.5	2018
3	Z2S5	ساق	الزبداني	F. Solani		2018
4	Z4	ساق	الزبداني	F. Solani		2018
5	Za13A1-1	عفن نهاية الساق	الزبداني	F. oxysporum	50	2018
6	Za12-1"	درنة	الزبداني	F. oxysporum		2018
7	Za12-3"	درنة	الزبداني	F. oxysporum		2018
8	Za16	ساق	الزبداني	F. oxysporum		2018
9	G1S	ساق	الغوطة	F. Solani	50	2018
10	G6T	عفن نهاية الساق	الغوطة	F. Solani		2018
11	G5S2	ساق	الغوطة	F. oxysporum	50	2018
12	G3T4	درنة	الغوطة	F. oxysporum		2018
13	TR3-S1-1-1"	ساق	طرطوس	F. oxysporum	100	2019
14	TR1R1	جذر	طرطوس	F. oxysporum		2019
15	TR1R3-2	جذر	طرطوس	F. oxysporum		2019
16	GA2T4	درنة	الغاب	F. oxysporum	100	2018

وتم دراسة خصائصها المظهرية والمجهرية وتوصيفها شكلياً حسب (Nelson et al, 1990; Summerell et al , 2003; Leslis and Summerell., 2006) الشكلين(3، 2)، وتم ترقيمها كما في الجدول (3). حيث تباينت كثافة وأشكال وألوان المزارع

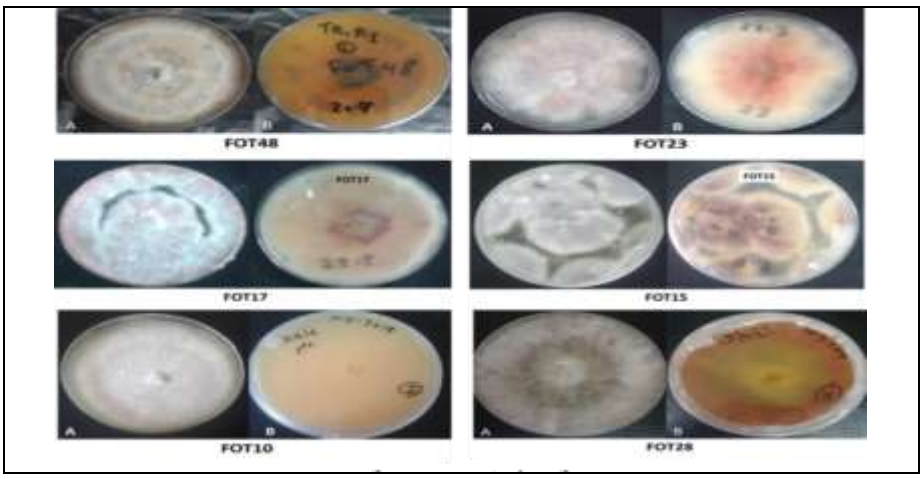
الفطرية لكل عزلة مظهرياً، فتراوحت بين الكثيفة إلى الخفيفة وكان غالبها بيضاء اللون قطنية في بداية نموها على الوجه الأمامي للطبق ثم تحولت ألوانها فيما بعد إلى اللون الوردي والبنفسجي مع تدرج اللون، أمّا على الوجه الخلفي فكانت ألوانها قشدية في بداية نموها ثم تحولت فيما بعد إلى اللون الأرجواني مع تدرج اللون الجدول (3) (الشكل2).

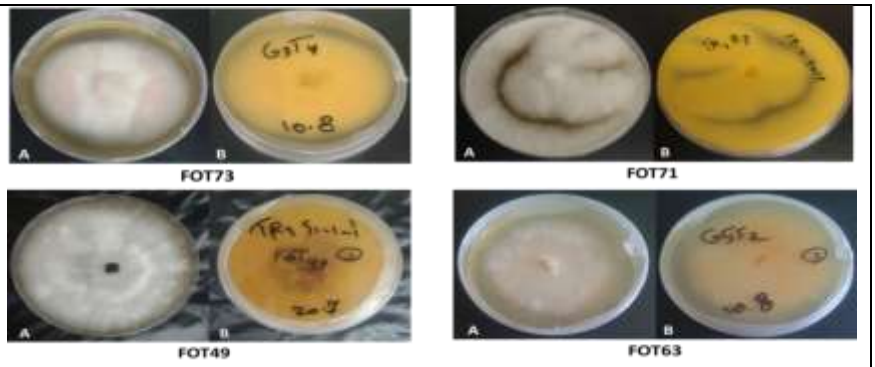
الجدول(3) الصفات الشكلية المظهرية لمزارع عزلات الفطر(FOT) :F. oxysporum. f. sp. tuberosi

م	رقم العزلة	رمز العزلة	لون المزرعة من الخلف	لون المزرعة من الامام	شكل المزرعة
1	FOT10	Za16	قشدي فاتح وردي	أبيض قطني ناصع كثيف مائلة للوردي	منتظمة
2	FOT15	Za12-1"	قشدي داكن أرجواني في مركزه	قطني كثيف بنفسجي	متعرجة
3	FOT17	Za12-3"	كريمي داكن أرجواني في المركز	قطني كثيف بنفسجي	متعرجة
4	FOT23	Za13A1-1	قشدي محيطياً وأرجواني مركزياً	أبيض قطني هوائي خفيف بنفسجي	مشتتة
5	FOT28	GA2T4	قشدي مركزياً وأرجواني محيطياً	أبيض قطني مائل للوردي هوائي خفيف	منتظمة
6	FOT48	TR1R1	قشدي داكن	بيضاء لبادية وردية على شكل ناعورة	منتظمة
7	FOT49	TR3-S1-1-1"	قشدي داكن	يضاء قطنية كثيفة هوائية	منتظمة
8	FOT63	G5S2	قشدي ارجواني	ابيض قطني خفيف مائل للوردي	مسننة
9	FOT71	TR1R3-2	قشدي داكن	بيضاء قطنية ناعمة مائل للبنفسجي	منتظمة
10	FOT73	G3T4	قشدي داكن	أبيض قطني هوائي خفيف مائل للوردي	منتظمة

أما مجهرياً، فقد لوحظ أنّ جميع العزلات تُنتِج من أبواغ كونيدية صغيرة غزيرة حرة بيضوي إلى بيضوي منحني قليلاً وبدون حواجز ومحمولة على حوامل كونيدية أحادية قصيرة (MF) monophialides، وتراوحت متوسطات أطوالها في العزلات العشرة من (4.1~10.5)µm ومتوسطات عرضها من (3~5.2)µm الجدول(4)، وتتكون أيضاً من أبواغ كونيدية كبيرة مُنتَجة في الحبيكات Sporodochia بشكل متباين بعد 15–20يوم من الإعداء، وتراوحت متوسطات أطوالها من (11.6~30.5)µm ومتوسطات عرضها بين (3.6~5.7)µm، وكان معظمها على شكل هلالي وهلالي منحني قليلاً تملك خليتين طرفيتين بشكل حاد مستدق وأحياناً تأخذ شكلاً مستقيماً مع (3–5)
حواجز، كما في عزلات الجدول (4) حيث (الشكل2،3).

الشكل (2): الخصائص الشكلية للعزلات العشرة للفطر F. (FOT) oxysporum. f. sp. tuberosi:

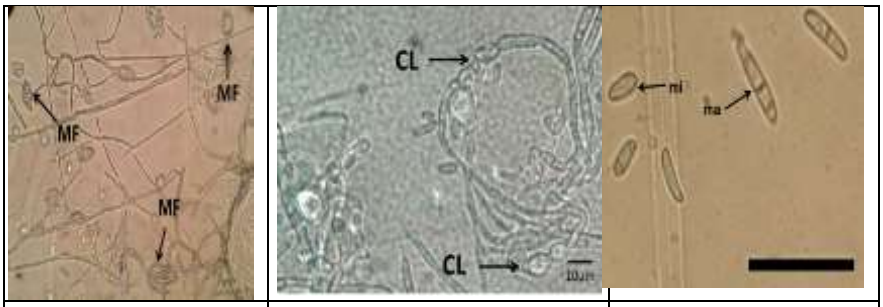




A: الوجه الأمامي للطبق B: الوجه الخلفي للطبق.

تعد خصائص الأبواغ الكونيدية الكبيرة سمة مهمة في تصنيف أنواع الجنس Fusarium (Nelson et al. ,1994)، بينما تكونت الأبواغ الكلاميدية كبيرة الحجم في المزرعة بعد 25–30 يوم من الإعداء بشكل مفرد أو أشفاع أو سلاسل قصيرة بشكل حرشفي كروي حيث أنتجت أغلب العزلات هذا النوع من

الأبواغ وتراوحت متوسطات أطوالها بين (6.6~12.5)µm ومتوسطات عرضها بين (5.5~10.4)µm الجدول(4) الشكل(3).



آ	ب	جـ

آ– الابواغ الكونيدية ب– الأبواغ الحرشفية الكلاميدية (CL) جـ – الحوامل القصيرة (1000X)

الشكل (3) نماذج من أبواغ وحومل كونيدية للعزلة FOT23:

وهذه الأوصاف السابقة تتفق مع ما ذكره (Nelson et al., 1990; Summerell et al. , 2003; Leslie and Summerell.2006)، حيث تباينت العزلات بدرجة كبيرة فيما بينها في الخصائص المظهرية والمجهرية خاصة الصفات المزارع الفطرية وأشكال وأطوال الأبواغ الكونيدية الصغيرة والكبيرة والكلاميدية وتوضّع الأخيرة وتفرع الحوامل الكونيدية ومعدل سرعة نمو العزلات على الوسط PDA عند مقارنتها بالصفات المعتمدة في كتب التصنيف للباحثين (Nelson et al ., 1990; Summerell et al. , 2003; Leslie and Summerell.2006)، وكذلك تطابقت صفاتها مع ما ذكره عدد آخر من الباحثين في دراساتهم (Ciampi 2009; Amini & Sidovich 2010; Dariva 2011) من أنَّ الأبواغ الكونيدية الكبيرة لفطر Fusarium oxysporum هلالية مقوسة محدبة، وقد تمت دراسة نفس المواصفات من قبل Chehri وزملاءه عام2011 فأثبتوا أنّ الأبواغ الصغيرة كانت على شكل بيضوي وبدون حواجز.

بينما أثبت Booth عام 1977 أنّ الأبواغ الكونيدية الصغيرة المميزة للنوع Fusarium oxysporum متباينة في عدد الحواجز وتتراوح من (0– 2) وأنّ شكل الأبواغ الكبيرة مستقيمة أو هلالية منحنية قليلاً مع 3–5 حواجز، ووافقهم بذلك Altaf وزملاءه عام 2014 عندما أكّدوا أنّ الأبواغ الكونيدية الصغيرة ذات شكل بيضوي إلى بيضوي–كمثري. أظهرت النتائج في جدول (4) أنّ عزلات الفطر (FOT) تختلف فيما بينها في سرعة نمو المشيجة على الوسط PDA، حيث تباينت العزلات على مستوى النمو وتراوحت بين (7–15) مم/يوم، وهذا النتائج تتوافق إلى حد ما مع نتائج دراسات سابقة التي عزت الاختلافات المظهرية وسرعة النمو المشيجة بين العزلات إلى الاختلافات الوراثية (Kawabe 2005) والظروف الطبيعية (Dariva 2011; Teixeira et al., 2016)، وقد أكّد Kawabe عام 2005 على وجود فروقات وراثية بين سلالات الفطر F. oxysporum f. sp. Lycopersici

(FOL) المجموعة من مناطق مختلفة، وتقارب وراثي بين المجاميع الفطرية المعزولة من نفس الموقع الجغرافي، و ينمو الفطر في مدى واسع جداً من درجات الحموضة pH بين (2.2– 9) عند درجة حرارة مثالية 25±2سْ (Domsch et al., 1980)، وبناءً على ما تقدم يتبيّن أنّ عزلاتنا متباينة فيما بينها بالخصائص المظهرية والمجهرية وأنّها من النوع F. oxysporum. f. sp. tuberosi مقارنة بباقي أنواع جنس الفيوزاريوم.

م	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
العزلات	FOT10	FOT15	FOT17	FOT23	FOT28	FOT48	FOT49	FOT63	FOT71	FOT73
رمزها	Za16	Za12-1"	Za12-3"	Za13A1-1	GA2T4	TR1R1	TR3S1-1-1'	G5S2	TR1R3-2	G3T4
الأبواغ الكندية الصغيرة										
الشكل	بيضوي	بيضوي	بيضوي	بيضوي	بيضوي	بيضوي	بيضوي– منحني قليلاً	بيضوي	بيضوي	بيضوي– منحني قليلاً
العرض(µm)	3.6	4.5	4.1	3.6	4	3.5	3	3.6	5.2	3.6
الطول(µm)	4.1	10.5	9.5	5.5	6.3	9.5	6.2	5.5	9.1	5.1
الأبواغ الكونيدية الكبيرة										
الشكل	مستقيمة	منحني قليلاً	منحني قليلاً	منحني قليلاً	منحني قليلاً	منحني قليلاً	منحني قليلاً	مستقيمة	منحنية قليلاً	منحنية قليلاً
عدد الحواجز	3	3	3	3	3-5	3	4	3	3	3
العرض(µm)	3.6	5.5	4.2	3.8	4.6	4.5	3.8	3.7	5.7	3.9
الطول(µm)	11.6	30.5	30.3	20.8	16.3	29.5	15.5	15.5	30.2	13.5
الأبواغ الكلاميدية										
الترتيب	مفردة	مفردة	مفردة	مفردةوثنفع	مزدوجة	مفردة	مفردة	مفردة	مفردة	مفردة
العرض(µm)	7.9	9.1	7.3	10.4	7.2	8.4	8.6	5.5	8.6	9.9
الطول(µm)	9	10.2	8.4	12.5	9.3	9.5	9.7	6.6	9.7	11
معدل سرعة النمو الخطي للعزلات مم/يوم	15	11	9	11	15	13	13	8	10	7

الجدول (4). التبيانات المظهرية والمجهرية بين الأبواغ الكونيدية والكلاميدية للعزلات العشرة للفطر (FOT) F. oxysporum. f sp. Tuberosi

اختبارات القدرة الإمراضية:

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي لبيانات اختبار القدرة الإمراضية (عامل الشدة المرضية) (DII) (Disease Intensity Index) على الدرنات عند مستوى معنوية 5%الجدول (5) الشكل (4) وجود فروق معنوية بين العزلات العشرة المدروسة من حيث درجات الإمراضية والنسب المئوية للمقدرة الإمراضية على درنات البطاطا، فقد تفوقت العزلة FOT23 على باقي العزلات حيث بلغ عامل الشدة المرضية DII للعزلة FOT23 الدرجة (5) على السلم القياسي المعتمد وتعادل نسبة قدرها 100% من الإصابة بالمرض وأحدثت إصابة كاملة على الدرنات المعداة، ثم تلتها العزلة FOT48 حيث بلغت درجة عامل الشدة المرضية DII قيمة مقدارها (4.67) بما يعادل 93.34% من النسبة المئوية لعامل الشدة المرضية، بينما لم نجد أي فرق معنوي بين العزلات الثلاثة FOT15 و FOT17 و FOT28 حيث تساوت في درجة الشدة المرضية DII وكانت قيمتها (4.33) بنسبة مئوية مقدارها 86.66% من الشدة المرضية مع وجود فروق معنوية بينها وبين باقي العزلات المدروسة، ووصل قيمة DII للعزلة FOT10 إلى درجة مقدارها(4) ونسبة 80% من الإمراضية، وأظهرت النتائج أيضاً أنّ العزلتين FOT71 و FOT73 تساوتا في التأثير على أنسجة درنات البطاطا المعداة بهما حيث كان عامل الشدة المرضية DII لكل منهما متساوي ومنخفض نوعاً ما ومقداره (1) ونسبة مئوية من DII مقدارها 20% مع عدم وجود أي فرق معنوي بينهما ووجوده بينهما وبين باقي العزلات، وكذلك كانت قيمة DII للعزلة FOT63 هي (0.667) والنسبة المئوية لإمراضيتها (13.34%) وهي مختلفة معنوياً عن باقي العزلات، بينما لم تتفوق العزلة FOT49 على جميع العزلات سابقة الذكر وكانت الأقل شراسة virulence من بين العزلات المدروسة الأخرى وبلغت شدتها الإمراضية DII (0.333)، والنسبة المئوية لإمراضيتها 6.66%، مع وجود فروق معنوية بينهما وبين باقي العزلات. ومن هنا يتضح لنا أنّ العزلة FOT49 هي

العزلة الأقل شراسة من باقي العزلات من حيث تأثيرها على انحلال وتهتك أنسجة درنات البطاطا المعداة في هذا الاختبار وهي مختلفة معنوياً عن باقي العزلات المدروسة.

يعد تقييم القدرة الإمراضية DII هام جداً لتحديد شراسة العزلات في مختلف مناطق إنتاج البطاطا(Wu et al., 2005) ، لذا، فقد تبيّن لنا في نهاية الاختبارات التي أجريناها في بحثنا هذا أنّ جميع العزلات النقية من الفطر (FOT) F. oxysporum . f . Sp .tuberosi كانت ممرضة وشرسة وأدت إلى ظهور أعراض إصابة بالعفن الجاف على جميع الدرنات المعداة مع تباين في قدراتها الإمراضية على الدرنات والنسب المئوية للشدة المرضية DII، وهذا يوضّح انتشار الفطر على محصول البطاطا في أغلب المناطق التي جمعت منها العينات المصابة في سوريا حيث تراوحت النسبة المئوية لتردد هذا الفطر الممرض في تلك المناطق بين (100-50)% (الجدول2)، وتُفسَّر هذه النتيجة على ضوء الحقيقية المثبتة على أنّ أنواع جنس الفيوزاريوم تتواجد بشكل شائع في التربة ككائنات ممرضة تعيش فيها تتشئ في مجتمعات (Summerell et al., 2003) أو تعيش داخل البذور الملوثة أو تنتشر لمسافات طويلة ضمن ذرات التربة (Skovgaard et al, 2002)، وأكدت نتائجنا أيضاً أنّ النوع (FOT) ذو تأثير فعال في إحداث مرض العفن الجاف على الدرنات كما أكدت ذلك كثير من الدراسات في كثير من بلدان العالم كفرنسا (Tivoli and Jouan 1981) وجنوب أفريقيا (Theron and Holz.,1989) واسكتلاندا (Wastie et al., 1989) والولايات المتحدة الأمريكية (Secor and Salas 2001) وتونس (Ayed et al. 2006) والمملكة المتحدة UK (Peters et al. 2008)، وبشكل مطابق للنتائج التي حصل عليها العالم Song وزملاءه 2008.

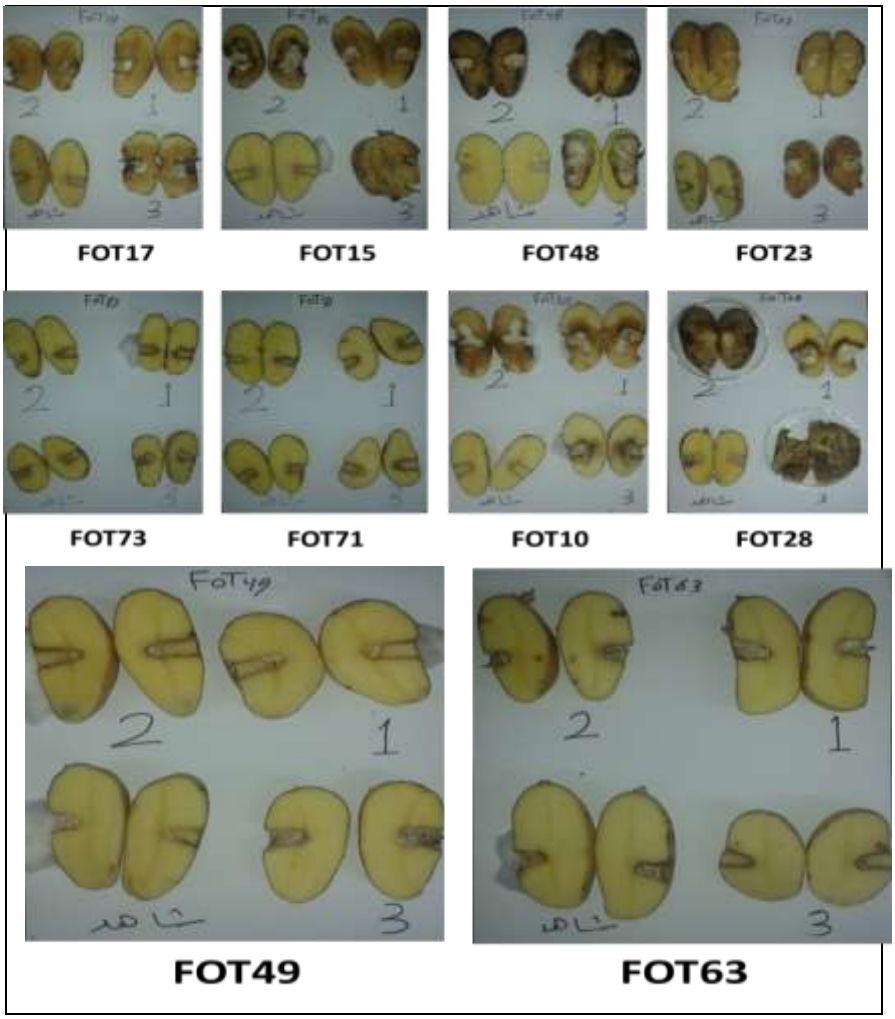
ومن جانب آخر، أوضح الباحثان Manici و Cerato عام 1994 أنّ عزلات من الفطر F. oxysporum . f . Sp .tuberosi (FOT) يمكن أن تختلف في إمراضيتها على النبات أو الدرنات تحت ظروف متباينة لنموها، وأكد العالم Summerell وزملاءه 2003 على أنّ حدوث أمراض النبات يمكن أن يُحدّد بالعائل والكائن الممرض والبيئة، وقد بيّنت نتائج اختباراتنا قدرة عزلاتنا على إحداث مرض العفن الجاف على درنات البطاطا حيث تراوحت ما بين القوة والضعف، فقد وجدنا أنّ العزلة FOT23 هي الأشرس على الدرنات، وأنّ العزلة FOT49 كانت أقل العزلات شراسة وأضعفها من حيث تأثيرها الإمراضي، الجدول (5) الشكل (4)، وقد تطابقت نتائجنا مع نتائج الباحث Chehri وزملاءه عام 2011 في دراسة أجروها في ماليزيا لإثبات حدوث الإمراضية على درنات البطاطا، وتطابقت مع ما أثبته الباحثان Salami و Popoola (2007) والباحث Mejdoub-Trabelsi وزملاءه عام 2012 من تمايز الأصناف المُعداة بالنوع (FOT) إلى مجموعتين حساسة وأقل حساسية، فقد أظهر الصنف سبونتا مستويات مختلفة من الحساسية تجاه مختلف العزلات مما يؤشر إلى وجود استجابات أليلية أو جينية متعددة بشأن آلية مقاومة نبات البطاطا ودرناته لمسبب مرض العفن الجاف على الدرنات او مرض الذبول على النبات كما هو مفسر من قبل (Saxena and Cramer, 2009) على نبات البندورة و (Thakur and Rao 1997) على نبات الدخن، وقد أثبتنا في هذه الدراسة أنّ جميع العزلات العشرة من النوع (FOT) كانت ممرضة ويعزى الاختلاف في سلوكها إلى الاختلافات الوراثية وقد أدت إلى إصابة الدرنات المعداة بالعفن الجاف مما أثر سلباً على نوعية الدرنات مقارنة بالشاهد وقد تميّزت العزلة FOT23 التي مصدرها درنة مصابة حقلياً بعفن نهاية الساق من منطقة الزبداني بأعلى قدرة إمراضية وكانت أشرس العزلات Virulence مقارنة بباقي العزلات والشاهد .

الجدول (5) القدرة الإمراضية للعزلات العشرة للفطر (FOT) oxysporum . f . Sp F. .tuberosi المسببة لمرض العفن الجاف على الدرنات:

م	العزلات	درجة الإصابة بالعفن الجاف (DII)	النسبة المئوية للتعفن %	الترتيب
1	FOT23	5	100	a
2	FOT48	4.667	93.34	b
3	FOT15	4.333	86.66	c
4	FOT17	4.333	86.66	c
5	FOT28	4.3	86.66	c
6	FOT10	4	80	d
7	FOT71	1	20	n
8	FOT73	1	20	n
9	FOT63	0.667	13.34	o
10	FOT49	0.333	6.66	p
11	الشاهد	0	0	q
d.f.		130		
Cv%		1.9		
*(l.s.d) 0.05		0.6		

*** تشير إلى دلالة إحصائية على مستوى 5%**

الشكل (4) إصابة درنات البطاطا صنف سبونتا"Spunta" بمرض العفن الجاف بعد21 يوم من الإعداء بمعلق أبواغ العزلات العشرة للفطر (FOT) oxysporum . f F. . Sp .tuberosi المرتبة حسب شراستها:



الاستنتاجات Conclusion:

تم في هذه الدراسة تنقية عزلات مختلفة من النوع (FOT) F. oxysporum .f. sp. Tuberosi مسببة لمرض مرض العفن الجاف على درنات البطاطا صنف سبونتا، وبيّنت النتائج أنّ هذا النوع الممرض موجوداً في أغلب مناطق زراعة البطاطا في سوريا، وجميع العزلات ممرضة ومتباينة في الإمراضية وأثرت سلباً على نوعية الدرنات المختبرة فأدت إلى تحلل أنسجتها مقارنة بالشاهد، وتبيّن أنّ العزلة الأكثر شراسة هي FOT23 ، حيث سببت أعلى إجهاد أحيائي على الدرنات المختبرة، فبلغت درجة إصابتها 5 درجات أي ما يعادل نسبة مئوية لشدة الإصابة مقدارها (100%) مقارنة مع الشاهد.

شكر وتقدير Acknowledgements يتقدم القائمون على هذا البحث بالشكر والتقدير للهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية والهيئة العامة للتقانة الحيوية لتوفيرهما الظروف المادية والمعنوية لإتمام البحث.

المراجع العربية Arabic References:

- بوراس، متيادي وبسام أبو ترابي وابراهيم البسيط .2006 .إنتاج محاصيل الخضر، منشورات جامعة دمشق، 466 صفحة.
- المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية، 2018.

المراجع الأجنبية Foreign References:

Agrios, G.N. 1988. Plant Pathology, 3rd. ed. Academic Press, Inc.: New York. 803pp.

Ahmad, M.A. 2010. Variability in Fusarium oxysporum f. sp. ciceris for chickpea wilt resistance in Pakistan. A thesis submitted for the Degree of Doctor in Microbiology, Faculty of Biological Sciences، Quaid-i-Azam University, Islamabad, Pakistan. 162 pp.

Altaf R., Ch A Rauf, F Naz, G Shabbir. 2014. Surveillance and morphological characterization of Fusrium isolates associated with lentil wilt, Pakistan Journal of phytopathology 26, 85-90.

Amini, J. and D.F Sidovich. 2010. The effects of fungicides on Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici associated with Fusarium wilt of tomato, J. Plant Prot. Res., 50, 172–178.

Aydın, M. H., F Pala., C Kaplan. 2016. Potato tuber sprout rot caused by Fusarium sambucinum in Turkey, Scientific Papers. Series A. Agronomy 59: 189-193.

Ayed F., M.DaamiRemadi ., H.JabnounKhiareddine , MEl Mahjou b .2006.Effect of potato cultivars on incidence of Fusarium oxysporu m f. sp. Tuberosiand its transmission on progeny tubers. Journal of Agronomy 5, 400-430.

Beukema HP .1993. A comparison of different seed potato production system. In: M. M. Rasid A. A Siddique and M. M Hussain

(eds).Seed potato in Bangladesh. BADC, Dhaka, Bangladesh,pp.43-62.
Booth, C. 1977. Fusarium: laboratory guide to the identification of the major species. Kew: Common Wealth Mycological Institute,. 58 p.
Burgess, L. W., B. A. Summerell., S.Bullock., K. P. Gott., D. Backhouse. 1994: by method of Townsend and Heuberger. Pf/anzenschutz-Nachrichten "Bayer"20:625-628.
Carnegie SF., A.M.Cameroun ., D.A.Lindsay., E.Sharp ., I.M. Nevi son .1998. Theeffect of treating seed potato tubers with benzilidazole, imidazole and phenylpyrrole fungicides on the control of rot and skin blemish diseases, Annals of Applied Biology 133, 343-36.
Chehri K., N.F. Mohamed, B. Salleh and Z. Latiffah. 2011. Occur rence and pathogenicity of Fusarium spp. on the potato tubers in Malaysia, African J. Agric. Res. 6: 3706–3712.
Christin, A. L., 1986. A comparison of the effects of temperature on the growth of Fusarium oxusporum f. sp. narcissi in solid and liquid media, J. Phytopathology, 166: 287-281.
Ciampi, L.; J. Nissen. E. Venegas. R. Fuentes. M. Costa. R.
Alvarez and P. Alvarado. 2009. Identification of two ، Schöbitz. E species of Fusarium Link that cause wilting of colored callas (Zantedeschia aethiopica (L.) Spreng.) cultivated under greenhouse conditions in Chile. Chilean Journal of Agricultural Research,
n.4, p.516-525.،Santiago, v.69
etiologia e :Dariva, J.M. 2011. Fusarioses do maracujazeiro sintomatologia. 71 f. Dissertação
Domsch, K. H., W. Gams, and T. H. Anderson. 1980.
.Compendium of Soil Fungi, Vol. 2 London: Academic Press
Eken, C., E. Demirci. F. Sahin. 2000. Pathogenicity of the fungi determined on tubers from potato storages in Erzurum, Turkey, Journal of Turkish Phytopathology 29: 61-69.
Elad, Y; I. Chet. and Y. Henis. 1981. A selective medium for improving quantitative isolation of Trichoderma spp from soil, Phytopathology, 9: 59 – 6.
Estrada, J. R., N. C. Gudmestad. V. V. Rivera. G. A. Secor. 2010. Fusarium from potato

Faddoul (J) 1973. Contributions al e'lud du coryneum cardinals Wag, Morpheologie, Biologie,physiologie, The de Docteur Ingenieur, Ecade Nationale de sciences Agricole de Toulouse, France.
Gachango, E., L. E.Hanson. A.Rojas. J. J.Hao. W. W. Kirk. 2012. Fusarium spp.Garden, Sydney, Australia.
Isfahani M. N., G. Alizadeh and S. Ramazani. 2013. Genetical diversity of Fusaria dry rot species of potato in disease severity, Archives of Phytopathology and Plant Protection, http://dx.doi.org/10.1080/03235408.2013.809225.
Kawabe, M., Y. Kobayashi, G. Okada, I. Yamaguchi, T. Teraoka, T.
Three evolutionary lineages of tomato wilt pathogen, . Arie. 2005
lycopersici, based on sequences of IGS, .Fusarium oxysporum f. sp
MAT1 and pg1 are each composed of isolates of a single mating type, and a single or closely related vegetative compatibility groups, J Gen. Plant Pathol . vol : 71 . pp : 263 – 272 .
Krebs C.J. 1978. Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance .Harper and Row Publisher, New York.
Kremer, W. & G. Unterstenhöfer, 1967. Computation of results of crop protection experiments by the method of Townsend and Heuberger, Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer 20: 625–628.
Leslie, J. F., B. A. Summerell.
2006. The Fusarium Laboratory Manual. 1sted.
Manici LM, C.Cerato .1994. Pathogenicity of Fusarium oxysporu m f. sp.tuberosi isolats from tubers and potato plants. Potato Research 37, 129-134.
Marlatt, M. L.; J.C. Correll, P. Kaufmann and P. E. Cooper.1996. Two genetically distinct populations of Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici race 3 in the United States. Plant Dis., 80:1336-1342.
Mejdoub-Trabelsi B , H. Jabnoun-Khiareddine, M. Daami-Remadi .2012.
Potato cultivar susceptibility to Fusarium spp. depending on temperatu re, pest Technology 6 (Special Issue 1), 41-
46 ©2012 Global Science Books.
Mejdoub-Trabelsi B., H. Jabnoun-Khiareddine, M. Daami-Remadi .2015. Interactions between Four Fusarium Species in Potato Tubers and Consequences for Fungal Development and Susceptibility

Assessment of Five Potato Cultivars under Different Storage Temperature, J Plant Pathol Microbiol 6: 293.
Nelson, P. E., M. C. Dignani and E. J. Anaissie.1994. Taxonomy, Biology, and Clinical aspects of Fusarium species, Clinical Microbiolpgy Review 7: 479-504.
Nelson, P. E.; T. A. Toussoun, and W.F.O. Marasas. 1983. Fusarium Species: an Illustrated Manual for Identification. Pennsylvania State University Press, University Park ,PA,USA, 193 ٠pp
Nelson, P.; L. W. Burgess, and B. A. Summerall. 1990. Some morphological and physiological characters of Fusarium species in sections Liseola and Elegans and similar species. Mycologia 82: 99-106.
Nelson, P.E., T.A. Toussoun and R.J. Cook. 1981. Fusarium: Disease, Biology and Taxonomy. Pennsylvania State University Press, University Park and London: 43-49.
Peters J.C., A.K. Lees, D.W. Cullen, L. Sullivan, G.P. Stroud and A.C. Cunnington. 2008. Characterization of Fusarium spp. responsible for causing dry rot of potato in Great Britain. Plant Pathol. 57 : 262–271.
Roberts, C. M., C J. McClean, E. N. Veron, J. P. Hawkins, G. R Allen, D. E. McAllister, C. G. Mittermeier, F. W Schueler, M. Spalding, F. Wells, C. Vynne, B. W. Timothy. (2002). Marine biodiversity hotspots and conservation priorities for tropical reefs, Science 295, 1280–1284.
Romberg, M. K., and R. M. Davis. 2007. Host range and phylogeny of Fusarium solani f. sp. eumartii from potato and tomato in California, Plant Dis. 91:585-592.
Salami A.O. and O.O. Popoola. 2007. Thermal control of some post-harvest rot pathogens of Irish potato (Solanum tuberosum L), Journal of Agricultural Sciences 52: 17–31.
Saxena, A. and C. S. Cramer,.2009. Screening of onion seedlings for resistance against new mexico isolates of Fusarium oxysporum f. ٠sp. Cepae, J. Plant. Pathol 91:199–202.

Secor G.A.and B .Salas. 2001.Fusarium dry rot and Fusarium wilt. In: 2nd Compendium of Potato Diseases, American Phytopathologica l Society Press, St. Paul MN, pp 23-25.

Skovgaard, K., L. Bødker and S.Røsendahl, 2002. Population stru cture andpathogenicity of members of the Fusarium oxysporum compl ex isolated from soil androot necrosis of pea (Pisum sativum L.), FEM S Microbiology Ecology 42: 367 – 374.

Snedecor, G. W., & W. A. Cochran. 1976. Statistical methods (6th ed.), Ames, Iowa: The Iowa State University Press.

Song H., H. Lee, J. Jeong, H. Park and C. Lee. 2008. Diversity in beauvericin and enniatins H, I and MK1688 by Fusarium oxysporum isolated from potato, Int.J. Food Microbiol.122:296–301.

Summerell, B. A.; B. Salleh, and J. F. Leslie. 2003. A utilitarian approach to Fusarium identification, Plant Disease 87: 117-128.

Teixeira, E.I., P. Johnstone, E. Chakwizira, J. de Ruiter, B. Malcolm, N. Shaw, R. Zyskowski, E. Khaembah, J. Sharp, E. Meenken, P. Fraser, S. Thomas, H. Brown and D. Curtin. 2016. Sources of variability in the effectiveness of winter cover crops for mitigating N leaching. Agriculture, Ecosystems & Environment 220: 226-235.

Thakur, R.P., V.P. Rao. 1997. Variation in virulence and aggressiveness among pathtypes of Sclerospora graminicola on pearl millet, Indian Phytopathol.50, 41–47.

Theron, D.J. & G. Holz. 1987. Laboratory assessment of potato tuber resistance to dry rot caused by Fusarium solani, Phytophylactica .17: 521 - 523

Theron, D.J. & G. Holz. 1989. Fusarium species associated with dry and stem-end rot of potatoes in South Africa, Phytophylactica 21: 175 - 181

Tivoli B and B. Jouan. 1981. Inventaire, frequence et agressivite des differentes especes ou varieties de Fusarium responsables de la ،pourriture seche des tubercules de pomme de terre [Inventory frequency and virulenceness of different species or varieties of Fusarium responsible for the dry rot of potato tubers], Agronomie. 1:787–794.

Trabelsi B.M., R.A.B. Abdallah, N. Ammar, Z. Kthiri and W. Hamada . 2016. Bio-suppression of Fusarium Wilt Disease in Potato Using Nonpathogenic Potato-associated Fungi, J Plant Pathol Microbiol 7: 347. doi:10.4172/2157-7471.100034

Visser, C. P. N., 1975. Droevrot van aartappels op die Transvaalse Hoeveld, M.Sc. (Agric.) Thesis, University of Pretoria.

Wang Q., E. Zhang, F. Li .2008. Runoff efficiency and the technique of microwater harvesting with ridges and furrows, for potato production in semiarid areas, Water Res Manag 22: 1431-1443.

Wastie, R. L., H. E. Stewart, J. Brown. 1989. Comparative susceptibility of some potato cultivars to dry rot caused by Fusarium coeruleum, Potato Research . sulphurum and Fusarium solani var 32:49-55.

Wu, A.B., H.P. Li, C.S. Zhao and Y.C. Liao. 2005. Comparative pathogenicity of F. graminearum.

Saxena A, Cramer CS, 2009. Screening of onion seedlings for resistance against New Mexico isolates of Fusarium oxysporum f. sp. cepae. Journal of Plant Pathology 91, 199–202.