مورثات المقاومة الفاعلة إزاء الفطر المسبب لمرض التفحم المغطى على الشعير في العراق

محمد عبد الخالق الحمداني، جمال عبد الرحمن صبار، حسن عبد الواحد عباس، سحر نعيم عبد الوهاب، اياد حسن كاظم، حيدر شاغي كيطان، عبد الكريم محمد تقي ونبيل نوري محمد علي
قسم أمراض النبات، مركز تربية وتحسين النبات، دائرة البحوث الزراعية، وزارة العلوم والتكنولوجيا، بغداد، العراق، البريد الالكتروني: ma_alhamdany@yahoo.com

الملخص

الحمداني، محمد عبد الخالق، جمال عبد الرحمن صبار، حسن عبد الواحد عباس، سحر نعيم عبد الوهاب، اياد حسن كاظم، حيدر شاغي كيطان، عبد الكريم محمد تقي ونبيل نوري محمد علي. 2011. مورثات المقاومة الفاعلة إزاء الفطر المسبب لمرض التفحم المغطى على الشعير في العراق. مجلة وقاية النبات العربية، 29: 240−244.

درس رد فعل العائل لمجموعة من أصناف الشعير العراقية ومجموعة الأصناف التفريقية إزاء عدد من عزلات الفطر المسبب لمرض التفحم المغطى على الشعير *Ustilago hordei*. أكدت النتائج وجود تباين في القدرة الإمراضية لعزلات الممرض من العراق، التي ظهرت على بعض الأصناف التفريقية. حافظ مورث المقاومة *Ruh2* على فاعليته في مقاومة الفطر الممرض، إذ لم تتمكن العزلات الأربع من إصابة الصنف Excelsior الذي يحمل هذا المورث. وتدل أنواع ردود فعل على عدد من الأصناف التفريقية وجود ثلاثة مورثات شراسة على الأقل في كل عزلة وهي: *avr1*، *Avr2*، *Avr4:Avr5* في العزلتين الأولى والرابعة *avr1*، *Avr2*، *Avr4:Avr5* في العزلة الثانية و *Avr1*، *Avr2*، *Avr4:Avr5* في العزلة الثالثة. وعلى الرغم من تشابه العزلتين الأولى والرابعة في احتوائهما على مورثات الشراسة آنفة الذكر، إلا إنهما مختلفتان في رد فعلهما إزاء أصناف تفريقية أخرى مثل Lion، Rihan 03 و Tichdert.

كلمات مفتاحية: تفحم مغطى في الشعير،الفطر المسبب لمرض التفحم المغطى للشعير مورثات مقاومة مرض التفحم المغطى في الشعير.

المقدمة

يمثل التفحم المغطى على الشعير المتسبب عن الفطر البازيدي *Ustilago hordei* (Pers.) Lagerh أحد أهم أمراض الشعير (*Hordeum vulgare* L.) في العالم وفي العراق حيث تلاحظ اعراضه في جميع مناطق زراعة الشعير (1، 14). يوصف المرض بأنه من الأمراض التي تنقل بالبذار سجلت أعراضه المرضية على سبيل المثال في أكثر من 80% من حقول الشعير في غرب كندا على الرغم من أن معدل الخسارة السنوية بسبب المرض لاتتعدى 1% (24)، وعلى الرغم من انخفاض تلك النسبة فإنها كافية جداً لرفض اعتماد حقول الشعير المخصصة لإنتاج البذار، لأن وجود أكثر من خمسة سنابل مصابة بمساحة 150 م² من الحقل يجعل حبوب ذلك الحقل غير صالحة لإنتاج البذار المعتمد (14، 17). يمكن مكافحة أمراض التفحم في محاصيل الحبوب بوساطة المبيدات الفطرية، إلا إن استخدام المبيدات مع التفحم المغطى في الشعير يصطدم بمشكلة مقاومة المسبب لبعض المبيدات إذ سجل تحمل سلالات من المسبب لأربعة مبيدات فطرية مخصصة لمكافحة المرض (5، 12، 13). ولذلك فإن تطوير أصناف شعير تحمل مورثات مقاومة يوفر أفضل وسيلة لمكافحة هذا المرض، وذلك بعد معرفة شراسة (Virulence) سلالات الفطر المسبب المنتشرة. وعلى الرغم من أهمية هذا المرض في العراق، إلا أنه لم يحظَ بإهتمام كبيرمن قبل المختصين بالأمراض النباتية. سجل الحمداني وآخرون (1) في العراق وجود تباين وراثي في عزلات الفطر المسبب بعد اختبارها على مجموعة من أصناف وسلالات شعير محلية وأجنبية.

بدأ الحديث عن مورثات مقاومة لمسبب هذا المرض على الشعير منذ فترة طويلة، إذ وصفت 14 سلالة ممرضة على مجموعة الأصناف التفريقية منذ عام 1945 (21). ومن تلك الأصناف التفريقية ما زال بعضاً منها يستخدم في تحديد سلالات هذا الممرض. كما أسفرت الدراسات اللاحقة عن تحديد ستة مورثات ذات قدرة إمراضية ضعيفة (Low Pathogenicity) نتيجة امتلاكها مورثات غير فاعلة (Avirulent Genes) أطلق عليها *Avr1*، *Avr2*، *Avr3* (18، 20) والمورث *Avr4/Avr5* المزدوج سواء في موقع واحد او موقعين (8) والمورث *Avr6* (23). وتتآثر كل من مورثات الممرض وتلك المقاومة عند العائل وفقاً لنظرية الجينات المتناظرة ، حيث يتصف المورث *Avr1* بعدم قدرته على إحداث إصابة على صنف الشعير Hannchen، أي عدم تمكن المورث *Avr1* من التفوق على جين المقاومة *Ruh1* الموجود في الصنف المذكور (19). كما أن *Avr2* عند هذا المسبب غير فاعل على مورث المقاومة *Ruh2* عند الصنف

Excelsior (19، 20)، والمورث *Avr6* غير فاعل على مورث المقاومة *Ruh6* عند الصنف Plush، والمورث *Avr3* لا يصيب Nipal الذي يمتلك مورث المقاومة *Ruh3*. وأخيراً فإن السلالة التي تمتلك *Avr4/Avr5* غير قادرة على إصابة الصنفين Keystone و Himalaya لأنهما يحملا مورث المقاومة المركب *Ruh4/Ruh5* (8). وعلى العكس من تلك المورثات غير الممرضة (Avr genes)، هناك مورثات أخرى فاعلة قادرة على التفوق على بعض مورثات المقاومة في العائل وإحداث الإصابة، ويرمز لها بـ *avr*. فالمورث *avr1* على سبيل المثال قادر على التفوق على مورث المقاومة *Ruh1* عند صنف الشعير Hannchen (11).

وبسبب عدم توافر معلومات عن طبيعة المورثات المسؤولة عن القدرة الإمراضية لمجتمع سلالات هذا الفطر الممرض داخل العراق، فقدهدفت هذه الدراسة الى تحديد مورثات المقاومة الفاعلة وتلك غير الفاعلة عند الشعير.

مواد البحث وطرائقه

عزلات الفطر الممرض

جمعت سنابل شعير مصابة بالفطر المسبب لمرض التفحم المغطى *U. hordei* من أربعة مناطق مختلفة من العراق وهي CV1 من قضاء الحي في محافظة الكوت، CV2 من مزرعة الحميدية بمحافظة الكوت، CV3 من منطقة السلام في المحافظة الجنوبية العمارة، و CV4 من منطقة الصينية بين قضائي بيجي وسامراء. سحقت سنابل كل عزلة، ومرر المسحوق عبر منخل لاستبعاد الكتل الكبيرة والأجزاء النباتية، ثم استخدمت الأبواغ التيلية في العدوى الإصطناعية.

العائل النباتي

استخدمت عشرة أصناف من مجموعة الأصناف التفريقية الخاصة بمرض التفحم المغطى على الشعير وهي Himalaya، Excelsior، Lion، Trebi، Hannchen، Pannier، Rihane 03، WI 2291، Carbo و Tichdret، كما أضيف إليها الطراز المقاوم لمرض البياض الدقيقي H-421 (4). استخدمت الهجن 613 و605 (الهجين الرجعي الخامس بين مصدر المقاومة لمرض البياض الدقيقي H-421 والطفرة Na/20، والهجين 704 الذي يمثل الهجين الرجعي الخامس للصنف نومار مع مصدر المقاومة المذكور (2) والسلالة العارية IR28 (3). كما استخدمت بعض أصناف الشعير المعتمدة في العراق مثل: أمل، سمير، شعاع، براق ،الحضر، الخير، بلادي وفرات 9.

إعداء الحبوب وزراعتها

هُيئت حبوب الطرز الوراثية لإعدائها من خلال نزع أغلفتها الخارجية. غُمرت البذور في الماء لمدة خمس دقائق لتسهيل نزع غلافها الخارجي، مع مراعاة عدم إحداث أي ضرر لمنطقة الجنين (1). أعديت الحبوب بالأبواغ التيلية قبل زراعتها في تربة رطبة، وذلك خلال الأسبوع الثاني من شهر تشرين الثاني/نوفمبر عام 2009 في محطة أبحاث التويثة جنوب بغداد. استخدمت في الدراسة الأصناف التفريقية آنفة الذكر إضافة الى الطراز المقاوم H-421، كما استخدمت أبواغ عزلات الممرض الأربعة، بينما لوثت الطرز الوراثية الأخرى بخليط من العزلات الأربع. زرعت الحبوب في خطوط، بواقع 100 حبة للمكرر الواحد، وبثلاثة مكررات. سجلت أعداد السنابل المصابة في كل طراز وراثي، واعتبر العائل مقاوماً عند عدم حدوث أي إصابة في سنابله ، بينما يعتبر العائل قابلاً للإصابة إذا شوهدت أي سنبلة مصابة (11).

النتائج والمناقشة

يمكن تلخيص نتائج تآثر الأصناف التفريقية العشرة (ثلاثة منها تمتلك مورثات مقاومة معروفة وهي *Ruh1*، *Ruh2* و *Ruh4/Ruh5* عند الأصناف Hannchen، Excelsior و Himalaya، على التوالي) وعزلات الفطر الأربع المذكورة في جدول 1، بالحقائق التالية:

1. تأكيد وجود تباين في مجتمع مسبب مرض التفحم المغطى على الشعير *U. hordei* في العراق.
2. تباين القدرة الإمراضية لعزلات الممرض الأربع.
3. تشابه سلوك الصنف Excelsior الذي يمتلك مورث المقاومة *Ruh2* مع كل من الأصناف Trebi، Pannier و Carbo، حيث قاومت تلك الأصناف جميع العزلات، بينما أظهر الصنف التفريقي WI 2291 قابلية للإصابة إزاء جميع العزلات.
4. تشابه رد فعل كل من طراز المقاومة H-421 والصنف Tichdert.
5. فعالية عالية لمورث المقاومة *Ruh2* في مقاومة مجموعات الفطر *U. hordei* في هذه الدراسة.
6. يمكن القول إن هناك ثلاثة أزواج من المورثات تتحكم بالتآثر الحاصل بين الأصناف التفريقية وعزلات الفطر المسبب لمرض التفحم المغطى في هذه الدراسة.
7. وتأكيداً للفقرة السادسة فإن العزلات الأربع تحتوي على مورثات الضراوة المدونة إزاء كل منها: عزلة الحي (CV1): *avr1*، *Avr2*، *Avr4/Avr5*؛ عزلة الحميدية (CV2): *avr1*، *Avr2*، *avr4/avr5*؛ عزلة العمارة (CV3): *Avr1*، *Avr2*، *Avr4/Avr5*؛ عزلة الصينية (CV4): *avr1*، *Avr2*، *Avr4/Avr5* وهي بذلك تماثل عزلة الحي في محتواها من مورثات الضراوة الفعالة وغير الفعالة الثلاثة فقط.

جدول 1. النسب المئوية للإصابة والسلوك المرضي لأصناف الشعير التفريقية للفطر المسبب لمرض التفحم المغطى بعد التلويث الإصطناعي بأبواغ أربع عزلات من الفطر *Ustilago hordei*.

Table1. Disease incidence and disease response of barley differential varieties in relation to the causal agent of barley covered smut *Ustilago hordei* following artificial inoculation with four isolates.

الأصناف التفريقية Differential Varieties	عزلات الفطر المسبب* Pathogen Isolates*			
	عزلة الحي CV1	عزلة الحميدية CV2	عزلة العمارة CV3	عزلة الصينية CV4
Himalaya (*Ruh4/Ruh5*)	0.0 R	10.0 S	0.0 R	0.0 R
Excelsior (*Ruh2*)	0.0 R	0.0 R	0.0 R	0.0 R
Lion	25.0 S	0.0 R	0.0 R	0.0 R
Tribi	0.0 R	0.0 R	0.0 R	0.0 R
Hannchen(*Ruh1*)	8.5 S	25.0 S	0.0 R	9.0 S
Pannier	0.0 R	0.0 R	0.0 R	0.0 R
Rihane 03	0.0 R	0.0 R	0.0 R	10.5 S
WI 2291	37.5 S	28.5 S	5.3 S	11.7 S
Carbo	0.0 R	0.0 R	0.0 R	0.0 R
Tichdret	0.0 R	0.0 R	3.12 S	2.4 S
طراز المقاومة لمرض البياض الدقيقي H-421 Mildew Resistant Source H-421	0.0 R	0.0 R	1.2 S	13.9 S

* R = مقاوم، S= حساس * R= Resistant, S= Susceptible

8. يمكن كتابة معادلة ضراوة غير فعالة/ضراوة فعالة لمجتمع الفطر في هذه الدراسة (العزلات الأربعة) كما يلي: العزلتين CV1 و CV4: *Avr5/avr1 :Avr4، Avr2* (ونعني بها بأن هاتين العزلتين غير فعالتين على مورثي المقاومة *Ruh2* و *Ruh4/Ruh5* المحمولين في الصنفين Excelsior و Himalaya، على التوالي، بينما تكونا فعالتين على مورث المقاومة *Ruh1* الموجود في الصنف Hannchen. العزلة CV2: *avr4:avr5، Avr2/avr1* (غير فعالة على الصنف Excelsior الحامل لمورث المقاومة *Ruh2* لكنها فعالة على الصنفين Hannchen و Himalaya الحاملة لمورثي المقاومة *Ruh1* و *Ruh4:Ruh5*، على التوالي. العزلة CV3: *Avr1، Avr2، Avr4:Avr5/avr?* (تحمل مورثات ضراوة غير فعالة على الأصناف Hannchen، Excelsior و Himalaya لكنها قد تحوي على مورثات ضراوة فعالة غير معروفة (*avr* ?) طالما تفوقت على مورثات المقاومة المحمولة في الصنفين WI 2291 و Tichdret (جدول 1).

9. على الرغم من التشابهه الموجود بين عزلتي الصينية (CV4) والحي (CV1) قدر تعلق الأمر بمورثات المقاومة الثلاثة المعروفة، إلا أنهما مختلفتان في علاقة كل منهما بأصناف تفريقية عديدة مثل Lion، Rihan 03 و Tichdert (جدول 1).

ولما كان تشخيص السلالات المرضية يعتمد بالدرجة الأساس على نتائج التآثر (التداخل) الحاصل بين مجتمع المسبب الممرض والمتمثل بالعزلات وبين العائل المتمثل بأصناف تفريقية خاصة تحمل مورثات مقاومة معروفة أو غير معروفة، فقد يحدد سلوك أي عدد من الأصناف التفريقية للممرض مؤشرات وجود السلالات، إذ استخدمت في أحد الدراسات خمسة أصناف تفريقية ضمت: Lion، Hannchen، Pannier، Nepal وExcelsior في تشخيص ثماني سلالات من خلال مفتاح تصنيفي يعتمد على حساسية ومقاومة هذه الأصناف لعزلات الفطر *U. hordei* (15).

إنعكس التغاير الوراثي الخاص بالقدرة الإمراضية للفطر *U. hordei* على السلوك المرضي لمجموعة الأصناف المعتمدة في العراق والتراكيب الوراثية الأخرى المستخدمة في الدراسة (جدول 2). وعلى الرغم من استعمال خليط العزلات الأربع في التلويث فقد أظهرت معظم الأصناف الحديثة تفاعل الحساسية ماعدا الصنفين امل والخير. أما الهجن المستخدمة في هذه الدراسة فقد أظهر الهجين 613 المنتخب من التهجين الرجعي الخامس للطفرة Na/20 (أصل الصنف أمل) مع طراز المقاومة لمرض البياض الدقيقي (H-421) والهجين 704 المنتخب من أفراد التهجين الرجعي الخامس لصنف الشعير نومار مع طراز المقاومة (2)، والسلالة العارية IR28 الناتجة من برنامج تطوير أصناف شعير ذات مقاومة متضاعفة (3) من خلال توصيف مصادر مقاومة لأمراض البياض الدقيقي والتفحم المغطى والتخطط مقاومة واضحة للفطر *U. hordei*. وعلى الرغم من تأكيد الكثير من الدراسات على عدم وجود تركيب وراثي من الشعير سواء كان صنفاً تجارياً أو سلالة قادر على مقاومة كل السلالات المرضية أو لجميع عزلات الفطر *U. hordei* (9، 11، 16) إلا أن هناك بعض الخطوط التي أظهرت مقاومة لمعظم العزلات الممثلة لمجتمع الفطر في كندا مثل CDC Helgason، CDC Dolly، Q21861، TR246، TR244 يمكن أن تكون مصادر مقاومة (10). لذلك تدعو الدراسة الحالية المختصين بأمراض هذا المحصول المهم بزيادة العزلات بحيث تشمل أكبر مساحة ممكنة من حقول زراعة الشعير في العراق مع تنفيذ التجارب في مواقع بيئية مختلفة.

جدول 2. السلوك المرضي لبعض أصناف الشعير والهجن والسلالات العراقية بعد التلويث الإصطناعي بأبواغ خليط العزلات الأربع للفطر لمسبب لمرض التفحم المغطى *Ustilago hordei*.

Table 2. Disease responses of some Iraqi barley cultivars, Hybrid lines and strains following artificial inoculation with mixed population of *Ustilago hordei.*

التراكيب الوراثية للشعير Barley Genotypes	النسب المئوية للسنابل المصابة Percentage of infected heads	السلوك المرضي* Disease Response*
امل	0	R
سمير	18.9	S
فرات 9	2.0	S
شعاع	4.37	S
براق	1.64	S
الحضر	2.63	S
الخير	0	R
بلادي	8.82	S
IR28	0	R
الهجين 613	0	R
الهجين 704	0	R
الهجين 605Y بذور صفراء	3.22	S
الهجين 605G بذور خضراء	4.16	S

* R = مقاوم، S= حساس * R= Resistant, S= Susceptible

قد يكون التعامل مع تآثر عائل الشعير مع الفطر المسبب لمرض التفحم المغطى *U. hordei* له بعض الخصوصية من حيث تحديد السلالات الممرضة عند الفطر المسبب للمرض. فالمورث غير الفاعل (Avirulent gene) يستخدم في تحديد السلالة، إضافة إلى الاستخدام الشائع للمورثات الفاعلة (Virulent genes) القادرة على التفوق على مورثات المقاومة (18، 19، 20، 22، 23). لذلك فإن رد فعل الأصناف التفريقية إزاء العزلات الأربع للممرض، قد أكد وجود التباين الوراثي في الفطر المسبب داخل العراق (1). وتوضح تلك النتائج وجود حاجة ماسة لتوسيع نطاق العمل بموضوع التخصص الفسيولوجي للفطر *U. hordei*، وذلك من خلال زيادة عدد العزلات، وتنفيذ الدراسة تحت بيئات مختلفة لاستبعاد تأثير عامل الظروف البيئية في أنواع الإصابة. إن تباين القدرة الإمراضية لسلالات هذا الممرض تعزى عادة إما إلى التوليفات المختلفة خلال مراحل الإنقسام الإختزالي (6)، أو إلى الإصابات المتكررة في الحقل ذاته خلال المواسم المتتابعة أو إلى الصنف المزروع، والذي غالباً ما يسبب عدم استقرار القدرة الإمراضية (6، 7)، وهذا ما يفسر إنخفاض نسبة الإصابة لتوافر مورثات ذات قدرة إمراضية منخفضة (22).

Abstract

Al-Hamdany, M.A., J.A. Sabar, H.A. Abbas, S.N. Abdulwahab, I.H. Kadhem, H.S. Kytan, A.M. Taqi and N.N.M. Ali. 2011. Effective Barley Cover Smut Resistance Genes in Iraq. Arab Journal of Plant Protection, 29: 240-244.

Reaction of Iraqi barley cultivars and differential varieties to four isolates of *Ustilago hordei* was thoroughly investigated. Results confirmed pathogen variation in Iraq, which was reflected in clear variation in the pathogenicity of isolates used on some differential varieties. Resistant gene carried on barley cultivar Excelsior (*Ruh2*) was still effective regardless of the isolates used. Infection types observed on some differential varieties indicated that the isolates used carried at least the following genes: *Avr4: Avr5*, *Avr2*, *avr1*, in isolates 1 and 4; *avr4: avr5*, *Avr2*, *avr1* in isolate 2; and *Avr4: Avr5*, *Avr2*, *Avr1* in isolate 3. Although isolates 1 and 4 were identical concerning those genes, they were different when inoculated to other differential varieties such as Lion, Rihan 03 and Tichdert.

Kewwords: Barley covered smut, *Ustilago hordei*, resistant gene for barley covered smut.

Corresponding author: ***Mohammed A. Al-Hamdany, Agricultural Researches Directorate, Ministry of Science & Technology, P.O. Box 765, Bagdad, Iraq, Email: ma_alhamdany@yahoo.com***

المراجع

1. **الحمداني، محمد عبد الخالق، إسماعيل عباس الدليمي، محمد محي الدين صالح، عادل طه أمين، جمال عبد الرحمن صبار ونهى رجب شريدة.** 1997. تشخيص السلالات الفسلجية للفطر المسبب لمرض التفحم المغطى في الشعير في العراق. مجلة الزراعة العراقية، 2: 88-97.
2. **الحمداني، محمد عبد الخالق، محمد محي الدين صالح، عادل طه أمين، جمال عبد الرحمن صبار ونهى رجب شريدة.** 1999. تطوير صنفين من الشعير ذات مقاومة لمرض البياض الدقيقي. مجلة الزراعة العراقية، 4: 1-7.
3. **الحمداني، محمد عبد الخالق، جمال عبد الرحمن صبار، أياد حسن كاظم وعبد الكريم محمد تقي.** 2000. تحسين صفة المقاومة في الشعير ضد أمراض البياض الدقيقي والتفحم المغطى والتخطط. مجلة الزراعة العراقية، 5: 8-18.

References

4. **Al-Hamdany, M.A., J.H. Jorgensen, M.M. Salih and I.A. Al-Dulaimi**. 1993. Supper mildew resistance gene in barley. Pages 65-72. Proceedings of Workshop on Technology Transfer in Production of Cereals and Legumes, ICADRA, Mousel, Iraq, 20-22 September 1993.
5. **Ben-Yephet, Y., Y. Henis and A. Dinoor.** 1975. Inheritance of tolerance of carboxin and benomyl in *Ustilago hordei*. Phytopathology, 65: 51–56.
6. **Cherewick, W.J.** 1958. Cereal smut races and their variability. Canadian Journal of Plant Science, 38: 481-489.
7. **Darlington, L.C.** 1975. Inheritance of pathogenicity in *Ustilago nigra*. PhD Thesis. North Dakota State University, Fargo, 56 pp.

8. **Ebba, T. and C. Person.** 1975. Genetic control of virulence in *Ustilago hordei*. IV. Duplicate genes for virulence and genetic and environmental modification of a gene-for-gene relationship. Canadian Journal of Genetics and Cytology, 17: 631–636.
9. **Grewal, T.S., B.G. Rossnagel and G.J. Socoles.** 2006. Inheritance of resistance to covered smut *Ustilago hordei* (Pers.) Lagerh in barley. Canadian Journal of Plant Science, 86: 829-837.
10. **Grewal, T.S., B.G. Rossnagel, G. Bakkeren and G.J. Scoles** 2003. Evaluation of barley lines for resistance/susceptibility to covered smut isolates defined avirulence genes and mapping of *Ruh1* to the short arm of barley chromosome 1 (7H). Page 99. In: Proceedings o the 3rd Canadian Barley Symposium, June 19-20, 2003, Black Knight Inn, Red Deer, Alberta.
11. **Grewal, T.S., B.G. Rossnagel, G. Bakkeren and G.J. Scoles.** 2008. Identification of resistance genes to barley covered smut and mapping of the Ruh1 gene using *Ustilago hordei* strains with defined avirulence genes. Canadian Journal of Plant Pathology, 30: 277-284.
12. **Henry, C.E., V. Gaines, B. Bullock and R.W. Schaefer.** 1987. Genetics of *Ustilago hordei*: fungicide resistant mutants. Botanical Gazette, 148: 501–506.
13. **Leroux, P. and G. Berthier.** 1988. Resistance to carboxin and fenfuram in *Ustilago nuda* (Jens.) Rostr., the causal agent of barley loose smut. Crop Protection, 7: 16–19.
14. **Mathre, D.E**. 1997. Compendium of barley diseases. 2nd ed. American Phytopathological Society, St. Paul, Minn. 90 pp.
15. **Pedersen, W.L. and R.L. Kiesling**. 1979. Effect of inbreeding on pathogenicity in race 8 of *Ustilago hordei*. Phytopathology, 69: 1207-1212
16. **Person, C. and W.J. Cherewick**. 1964. Infection multiplicity in *Ustilago*. Canadian Journal of Genetics and Cytology, 6:12-18.
17. **Rutz, H.W**. 1998. Sorten-und Saatgut-Recht. 8. Aufl. Agrimedia Verlag, Bergen.
18. **Sidhu, G. and C. Person.** 1971. Genetic control of virulence in *Ustilago hordei*. II. Segregation for higher levels of virulence. Canadian Journal of Genetics and Cytology, 13: 173–178.
19. **Sidhu, G. and C. Person.** 1972a. Genetic control of virulence in *Ustilago hordei*. III. Identification of genes for host resistance and demonstration of gene-for-gene relationship. Canadian Journal of Genetics and Cytology, 14: 209–213.
20. S**idhu, G. and C. Person.** 1972b. Single locus control of two levels of virulence in *Ustilago hordei*. Canadian Journal of Genetics and Cytology, 14: 737.
21. **Tapke, V.F**. 1945. New physiologic races of *Ustilago hordei*. Phytopathology, 35: 970–976.
22. **Thomas, P.L. and C. Person.** 1965. Genetic control of low virulence in *Ustilago*. Canadian Journal of Genetics and Cytology, 7: 583-588.
23. **Thomas, P.L.** 1988. *Ustilago hordei*, covered smut of barley and *Ustilago nigra*, false loose smut of barley. Pages 415-425. In: Advances in Plant Pathology. Vol. 6. G.S. Sidhu (ed.). Academic Press, London.
24. **Thomas, P.L. and J.G. Menzies.** 1997. Cereal smuts in Manitoba and Saskatchewan, 1989–95. Canadian Journal of Plant Pathology, 19: 161–165.

Received: September 7, 2010; Accepted: November 4, 2010

تاريخ الاستلام: 2010/9/7؛ تاريخ الموافقة على النشر: 2010/11/4