

دراسة تطور الإصابة بالتبغ السببوري وعلاقته ببعض الصفات الإنتاجية للقمح القاسي باستخدام بعض النماذج الرياضية

آلاء عبد الغني¹، محمد أبو شعر¹، أحمد شمس الدين شعبان² وقصي الرحية³

(1) قسم وقاية النبات، كلية الزراعة، جامعة حلب، سورية، البريد الإلكتروني: adnan-marrawi@hotmail.com

(2) قسم هندسة التقانات الحيوية، كلية الهندسة التقنية، جامعة حلب، سورية، (3) الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، مركز بحوث اللاذقية، سورية

الملخص

عبد الغني، آلاء، محمد أبو شعر، أحمد شمس الدين شعبان وقصي الرحية. 2018. دراسة تطور الإصابة بالتبغ السببوري وعلاقته ببعض الصفات الإنتاجية للقمح القاسي باستخدام بعض النماذج الرياضية. مجلة وقاية النبات العربية، 36(3): 231-242.

أجري البحث في محطة بحوث ستخريس باللاذقية خلال الموسم الزراعي 2016/2017 لدراسة أثر كل من مواعيد الزراعة والكثافة النباتية في نسبة إصابة صنف القمح القاسي "شام 3" و"شام 9" بمرض التبغ السببوري وأثره في الصفات الإنتاجية، وكذلك تحديد أفضل النماذج الرياضية الممثلة لتطور نسبة الإصابة وحساب المساحة تحت منحنى تطور المرض. أظهرت النتائج تباين معظم الصفات المدروسة معنوياً بتأثير المعاملات المدروسة. أنتجت النباتات المزروعة في الموعد المثالي غلة حبيبة بزيادة قدرها 38.4%. تفوق الصنف شام 9 (متوسط القابلية للإصابة) على الصنف شام 3 (قابل للإصابة) في معظم الصفات المدروسة. بلغ متوسط نسبة الإصابة في الصنف شام 3 مستوى 55.3% وهي أعلى من نسبة الإصابة في الصنف شام 9 والتي وصلت إلى 30.3%. كما أظهرت النتائج علاقات ارتباط سلبية بين عدد البقع ونسبة الإصابة من جهة، ومعظم الصفات الإنتاجية. وكانت صفة وزن الألف حبة الأقل تأثراً بنسبة الإصابة وعدد البقع، بينما كانت صفتي طول السنبل و عدد الحبوب في السنبل هي الأكثر تأثراً بهما. كان النموذج التربيعي أفضل نموذج رياضي يمثل العلاقة بين نسبة الإصابة والزمن. ودلت نتائج المساحة تحت منحنى تطور المرض أن معدل تطور مرض التبغ السببوري في الصنف الحساس شام 3 كان أعلى من الصنف الآخر نحو 2.11 و 2.72 و 4.6 ضعفاً في الأوراق السفلية والوسطى والعليا، على التوالي.

كلمات مفتاحية: التبغ السببوري، نماذج رياضية، منحنى تطور المرض، القمح القاسي.

المقدمة

أساسي لـ 35% من سكان العالم، ويزود النظام الغذائي العالمي بالسعرات الحرارية والبروتين أكثر من أي محصول آخر. هذا وقد تجاوز الاستهلاك السنوي للقمح 600 مليون طن (<http://www.fao.org/>) أي ما يعادل 100 كغ/فرد (Safer et al., 2010)، ومن المتوقع أن ينمو الطلب على إنتاج القمح بنسبة 40% بحلول 2020 (Bhalla, 2006).

يعد القمح المحصول الاستراتيجي الأول في سورية ولا سيما القمح القاسي. إلا أنه يُصاب بعدد من الأمراض الفطرية ومن أهمها أمراض الأصداء والتفحيمات وأمراض التبغات الورقية وفي مقدمتها مرض التبغ السببوري على أوراق القمح المتسبب عن الفطر *Zyoseptoria tritici* (*Septoria tritici* syn (Desm.)). وينتشر هذا المرض بشكل عام في حقول القمح المزروعة في منطقة الشريط الساحلي وسهلي الغاب والروج في سورية، وقد يصيب المرض وبائياً كما حدث في الأعوام 2010، و2011، و2012 (برنامج أمراض النجيليات الفطرية، إيكاردا)، عندما توافرت الظروف البيئية المناسبة (حرارة ورطوبة وسلالة شرسة وصنف

تتطلب قضية التلوث البيئي وجودة الغذاء التقليل من استخدام مبيدات الآفات الزراعية. ويهدف تأمين حماية متكاملة للمحاصيل لا بد من إيجاد ممارسات زراعية بديلة (Meynard et al., 2003)، إذ يُعد التنوع في كثافة أمراض النبات وشدتها بين المواقع والمواسم أحد المعوقات لإدارتها بشكل استراتيجي. فهناك العديد من العوامل التي تؤثر في شدة الوبائيات والتي تشكل بدورها صعوبات تعترض صانعي القرار والباحثين لتطوير استراتيجيات (سياسات) مراقبة وإدارة طويلة الأمد. وقد قام مربيو النبات بتعريف بعض خصائص الانتخاب المهمة كالمقاومة للأمراض باستخدام تقنيات التربية المختلفة منذ عقود (Duveiller et al., 2007)، لكن في حالة القمح *Triticum spp.* فإن الانتخاب بمفرده يعد غير كافٍ، باعتباره أكثر محصول غذائي منتشر على مستوى العالم إذ يحتل 17% من المساحة المحصولية في العالم (Gupta et al., 2008)، وهو غذاء

قابل للإصابة) (عبيدو، 1999).

تحدث الإصابة الأولية بمرض التبقع السببوري على أوراق القمح بشكل رئيس من الأبواغ الكونيدية المتشكلة ضمن الأوعية البكنيدية والمنتجة من الغزل الفطري الساكن المشتي على البقايا والمخلفات النباتية من محصول الموسم السابق. تنبت الأبواغ لتعطي أنابيب إنبات على سطح الورقة مخترقة الثغور التنفسية. وينمو الغزل الفطري داخل وبين الخلايا، ويعتمد ذلك على توافر الظروف المناخية السائدة خلال فترة نمو المحصول (William et al., 2010). وينتج عن هذه الإصابة الأولية بقعاً على الأوراق القديمة السفلية في الشتاء الدافئ أو لا تتشكل البقع حتى وصول المحصول إلى مرحلة الإزهار في الربيع، بسبب ارتفاع درجة حرارة الهواء وسطح التربة، منتجةً الأوعية البكنيدية من جديد ضمن مواقع الإصابة. بعدها تتحرر الأبواغ الكونيدية من الأوراق السفلية، بوجود الرطوبة والحرارة وتنتشر بواسطة تناثر قطرات مياه الأمطار إلى الأوراق العلوية وحتى وصولها إلى الورقة العلمية وهي تعد مصدراً للإصابة الثانوية المتكررة حتى نهاية الموسم، وهكذا يتطور المرض بشكل عمودي على النبات بدءاً من الأوراق السفلية القديمة منتجاً أحياناً عديدة. تتكون الأجسام الثمرية وهي من النوع الزقي الكاذب (Pseudothecia) في نهاية الموسم في مناطق الإصابة، على مخلفات العائل وتسهم في إنتاج الأبواغ الزقية لإحداث الإصابة الأولية (William et al., 2010)، لكنها لم تكتشف في سورية بعد.

يتطور المرض بشكل وبائي إذا استمرت الظروف المناخية المناسبة بوجود العائل القابل للإصابة مسبباً فقداً كمياً في إنتاج المحصول يتراوح بين 20% إلى 43% ويعود ذلك إلى انخفاض وزن المردود الحبي بالإضافة إلى تدني نوعية القمح الناتج وجودته (Bockus et al., 2010). تتطلب إدارة مثل هذه الأمراض فهماً متعمقاً لتأثير بعض الخصائص المحصولية في تطور الأوبئة النباتية ومن أهمها الظلّة النباتية (Atkinson & McKinlay, 1997). إذ يعزى هذا التأثير للظلّة النباتية على التطور المتسارع للأوبئة النباتية لأنه يوفر كمية نسيج ورقي واسع ويؤثر في الحالة الفيزيولوجية للنسيج النباتي، كما يؤمن مناخاً موضعياً ملائماً، علاوة على الكثافة العالية للنباتات في وحدة المساحة، مما يؤثر بالتالي في سرعة انتشار الأبواغ. من هنا جاءت أهمية المبادرة بوضع تصاميم رياضية تسمح بمعالجة هذه المشكلة ومعرفة التأثير المشترك لهذه العوامل المختلفة والتركيز على تأثير الظلّة النباتية لنبات القمح في وبائية مرض تبقع الأوراق السببوري الذي يعدّ أحد أهم ممرضات القمح في أوروبا والعالم، والخسارة التي يسببها في الغلة تُعزى لتأثير البقع الورقية في الأوراق العلوية للنبات بشكل خاص (Robert et al., 2008). تعدّ نماذج المحاكاة أحد وسائل الإدارة لأنها تمتلك مفتاحاً لطرائق تنبؤ كمية لسلوك الأنظمة الحيوية كوبائيات أمراض النبات اعتماداً على

عمليات التأسيس (Rabbinge et al., 1985). وقد طوّرت نماذج رياضية عديدة لتوقع ديناميكيات (آليات) شدة الأمراض ولاسيما أمراض القمح مثل صدأ الأوراق (Rossi et al., 1997) والتبقع السببوري (Djurle & Yuen 1991). إن هذه النماذج طوّرت بشكل أساسي لتساعد في اتخاذ قرارات تكتيكية في الحقل، أي بشكل أدق للمساعدة في الاستخدام الأمثل للمبيدات الفطرية. تمّ وضع وصف شامل لمعظم هذه النماذج من جهة التفاصيل المتعلقة بتطور المرض والتي تتضمن انتشار الأبواغ وانباتها وآليات الظلّة النباتية (طبقات الأوراق)، وأحياناً كانت تلك النماذج تحتاج لبيانات مناخية لإدخالها ضمن جسم النموذج. مثل هذه النماذج تعدّ جيدة لاتخاذ قرارات تكتيكية لكن تداولها وتطبيقها يبقى محدوداً بسبب تعقيدها إذ هي مخصصة غالباً لنوع محدد ولمنطقة بيئية صغيرة.

أجريت دراسة من قبل (Robert et al., 2008) بهدف تطوير نموذج رياضي لدراسة تأثير الظلّة النباتية (الكثافة الورقية) في الانتشار الوبائي لمرض التبقع السببوري، فبين أن الممرض تطور لمرحلة وبائية من خلال دوراته المتكررة أثناء فترة نمو المحصول، وباستمرار انتشار الأبواغ الكونيدية بواسطة قطرات المطر المتساقطة على سطح الورقة، وأن الوباء استمرّ بالانتشار لظلالاً هناك مسطح أخضر ملائم للمرض واختلف هذا التسارع في انتشار الوباء تبعاً لتوافر الظلّة النباتية والعوامل المناخية المناسبة، وكان عامل كثافة الأوراق ومحتواها من الكلوروفيل هو الأشد تأثيراً يليه حجم الورقة وأخيراً معدل استتالة الساق.

تمّ وضع نموذج رياضي من قبل Robert et al. (2004) للتنبؤ بمرض التبقع السببوري *Septoria tritici blotch* (STB) الاختياري التطفل وصدأ الأوراق الإجمالي التطفل وتأثيرهما في نمو نبات القمح باتباع خطوتين أساسيتين، اعتمدت الأولى على التقويم الورقي وهو فرع يختص بالتنبؤ بالمرضات بالاعتماد على معدل التمثيل الضوئي في الورقة المصابة بأحد المرضين السابقين، ثم وسع ليشمل كلا المرضين، مع الأخذ بعين الاعتبار احتمال وجودهما بأن واحد على الورقة المصابة، وبالتالي فقد أظهرت نتائج تجارب البيوت الزجاجية على الأوراق العلمية المعدة إما بأحد المرضين أو كلاهما معاً ومن ثم فحص المساحة المصابة من الورقة والتي تمّ غزوها بالمرضين السابقين. فقد لوحظ عدم وجود تأثير مشترك للمرضين في عملية التمثيل الضوئي عند وجودهما معاً على الورقة ذاتها. أما الخطوة الثانية فقد طوّرت المقياس الورقي السابق ليشمل مقياس الظلّة النباتية وتأثيرها في المعقد المرضي (التبقع السببوري مع صدأ الأوراق) وبالتالي في نمو محصول القمح، فقد أشار النموذج المدروس إلى وجود تأثير نسبي للمرض في نمو المحصول بالمقارنة مع المحصول السليم. فقد بيّن نموذج الظلّة النباتية وجود تأثيرات مختلفة في نشاط التمثيل الضوئي عبر طبقات الورقة النباتية والتي كانت مستمرة منذ بداية ظهور النكرزة على الورقة حتى شيخوختها، وقد سبب مرض

العمليات الزراعية

تمت حراثة التربة بالمحراث الحفار (الكالتياتور)، جُهزت الأرض وخططت يدوياً، إذ قُسمت إلى جزئين متساويين للموعد الأول والموعد الثاني، كما تم تقسيم كل جزء إلى 24 مسكبة مساحة كل منها 6.4 م²، تضمنت كل مسكبة 8 خطوط بطول 4 م وبمسافة 0.2 م بين الخطوط. بلغ عدد القطع التجريبية (2 موعد × 2 كثافة × 2 صنف × 3 مكررات = 24 وحدة تجريبية). تم ترك ممرات بطول 0.5 م بين المساكب و 1 م بين القطاعات.

عُشبت القطع التجريبية كافة يدوياً بعد الإنبات. ولم يتم ري المحصول بسبب الهطل المطري الغزير حيث توافرت الرطوبة العالية في منطقة التجربة طوال فترة نمو المحصول في الأرض. أُجريت مراقبة دورية للمحصول في الحقل لمعرفة كل من موعد بداية ظهور أعراض المرض وتطوره بهدف حساب شدة الإصابة على المحصول. أما بالنسبة للقراءات فقد أُخذت القراءات الحقلية التالية:

قراءات المرض

تمت زيارات حقلية دورية لتحديد بداية ظهور أعراض المرض ومتابعة تطوره على الكتلة الحيوية للنبات. أُجريت 9 زيارات حقلية دورية وفق التواريخ التالية: 2 و 16 و 30 آذار/مارس، 13 و 20 و 27 نيسان/أبريل، 4 و 11 و 18 أيار/مايو. تم في كل زيارة جمع عينات ورقية من كل قطعة تجريبية بهدف حساب مساحة المسطح الورقي لـ 9 أوراق نباتية أُخذت ثلاث أوراق من الطبقة العلوية للنبات (متضمنة الورقة العلمية)، ثلاث أوراق من الطبقة المتوسطة وثلاث من الطبقة السفلية القريبة من التربة باعتبارها تشكل المسطح المخصص لاستيطان وتوطد العامل الممرض والذي يسهم دور في إنتاج اللقاح الثانوي. تم تصوير العينات الورقية المجموعة من كل قطعة تجريبية بوساطة آلة تصوير رقمية ومعالجتها ببرنامج Assess 2.0 (Image Analysis Software for Plant Disease Quantification Version 2.0 - The American Phytopathological Society) لحساب نسبة الإصابة بالنسبة لمساحة الورقة الكلية وكذلك عدد البقع المنكرزة وعدد الأوعية البكنيدية.

أُخذت عينة عشوائية عند الحصاد شملت 10 سنابل من كل قطعة تجريبية، تم من خلالها قياس طول السنابل وعدد السنبلات في السنبل، وعدد الحبوب في السنبل ووزنها، ووزن الألف حبة. كما تم حصاد متر مربع وفرط الحبوب للحصول على الغلة الحبية، إذ تم تحويل القيم من غ/م² إلى كغ/هـ.

أُخذت البيانات المناخية خلال كامل الموسم حتى الحصاد بتاريخ 2017/6/10 وشملت درجتي الحرارة العظمى والصغرى، كمية الهطل المطري، الرطوبة النسبية الصغرى والعظمى، الإشعاع الشمسي، سرعة الرياح.

التبغ السببوري اختزالاً للمسطح الورقي الأخضر وانخفاضاً في معدل نمو النبات بنسبة بلغت أكثر من 70% (Robert et al., 2004).

تشكل أمراض النبات تحدياً لإنتاج القمح في جميع أصقاع العالم، إذ يصرف سنوياً في أوروبا ما يعادل 400 مليون دولار ثمناً لمبيدات الفطور المستخدمة في مكافحة أمراض القمح، ويصرف المزارعون في الولايات المتحدة سنوياً ما يقارب من 275 مليون دولار لمكافحة أمراض القمح (Ponomarenko et al., 2011). وينتشر مرض التبغ السببوري في سورية بشكل واسع في مناطق الرطوبة العالية والحقول التي تتبع الري التكميلي إذ أظهرت دراسة عبد الغني وآخرون (2016) انتشار هذا المرض في 66% من حقول المزارعين ضمن الدراسة، إلا أن الأبحاث التي نفذت حول آلية تطوره في سورية ما تزال قليلة. من هنا جاءت أهمية هذا البحث لدراسة تطور مرض التبغ السببوري في ظروف الزراعة الحقلية (مواعيد، كثافات، أصناف)، وبالتالي هدف البحث إلى: (1) دراسة نسب الإصابة بمرض التبغ السببوري وعلاقته ببعض الصفات الإنتاجية للقمح تحت تأثير معاملات مختلفة (مواعيد، كثافات، أصناف)، (2) تحديد طبيعة العلاقة مع ظروف المناخ الموضعية في منطقة نمو نبات القمح، (3) وضع النموذج الرياضي الأكثر تمثيلاً لتطور المرض، وقياس المساحة أسفل منحنى تطور المرض.

مواد البحث وطرائقه

موقع التجربة

نفذ البحث في مركز البحوث العلمية الزراعية بمحافظة اللاذقية (محطة ستخيرس)، الواقعة على خط الطول 35.88 وخط العرض 35.55 وارتفاع عن سطح البحر 13 م. يتسم الموقع بتربة طينية لومية وتتوافر فيها محطة أرصاد جوية.

المعاملات

صممت التجربة وفق تصميم القطع المنشقة من الدرجة الثانية بواقع ثلاثة مكررات، تضمنت القطع الرئيسة مواعدي زراعة (مثالي ومتأخر)، والقطع الفرعية من الدرجة الأولى معاملات كثافة نباتية (منخفضة 275 كغ/هـ وعالية 400 كغ/هـ)، بينما توزع الصنفان شام 3 (قابل للإصابة بمرض التبغ السببوري) وشام 9 (متوسط القابلية للإصابة بمرض التبغ السببوري) على القطع الفرعية من الدرجة الثانية.

مواعيد الزراعة

تمت الزراعة في مواعدين مختلفين الأول مثالي بتاريخ 2016/11/10، في حين زرع الموعد الثاني بتاريخ 2016/12/25.

التحليل الإحصائي

أجري تحليل التباين ANOVA وتمت مقارنة المتوسطات باستخدام قيمة أقل فرق معنوي LSD عند مستوى 5%، ودرست علاقات الارتباط وحسبت قيم معامل الارتباط لبيرسون بوساطة برنامج Genstat V12.0. النماذج الرياضية المستخدمة: استخدم البرنامج الإحصائي SPSS V18 لاختبار جودة النماذج الرياضية الممتلئة لتطور نسبة الإصابة، إذ تم استخدام كافة النماذج الرياضية المتوافرة في حزمة SPSS تحت بنية Curve Estimation وهي: Linear، Logarithmic، Inverse، Quadratic، Cubic، Compound، Power، Sigmoidal، Growth، Exponential، Logistic. واستخدم برنامج PRISM V3.0 لحساب المساحة تحت منحنى تطور المرض.

النتائج والمناقشة

التوصيف المناخي

بلغ عدد أيام الموسم في موعد الزراعة الأول 208 أيام (من 2016/11/10 حتى 2017/6/5) أما في موعد الزراعة الثاني 2017/12/25 فقد بلغ عدد أيام الموسم 163 يوماً أي بفارق 45 يوماً. بلغ عدد الأيام الماطرة 50 و41 يوماً لكل من الموعدين الأول والثاني، على التوالي. وفي نهاية الموسم بلغت كمية الهطل المطري 734 مم عند الزراعة في الموعد الأول و591.3 مم عند الزراعة في الموعد الثاني. كان شهر كانون الأول/ديسمبر الأكثر هطلاً في كلا الموعدين تلاه شهر كانون الثاني/يناير ثم آذار/مارس بينما لم يشهد شهر شباط/فبراير هطول أمطار باستثناء يوم واحد فقط (2017/2/7) هطل فيه 0.4 مم فقط، في حين كانت كمية الأمطار الهاطلة في شهري نيسان/أبريل وأيار/مايو متقاربة فبلغت 40.1 مم في شهر نيسان/أبريل و36.9 مم في شهر أيار/مايو (جدول 1).

بدأ هطول الأمطار في الموعد الأول بعد أسبوع من الزراعة أي بتاريخ 2016/11/17 أما في موعد الزراعة الثاني فقد هطلت في يوم الزراعة نفسه. وبلغ عدد الأيام الماطرة في الموعد الأول 14 يوماً في شهر كانون الأول/ديسمبر و15 يوماً في شهر كانون الثاني/يناير و12 يوماً في شهر آذار/مارس و4 أيام في نيسان/أبريل و3 في أيار/مايو ويوم واحد في كل من تشرين الثاني/أكتوبر وشباط/فبراير. بينما في موعد الزراعة الثاني بلغ عدد الأيام الماطرة في شهر كانون الأول/ديسمبر 6 أيام هطل منها 209.8 مم (شكل 1).

إن ما يميز الهطل المطري في هذا الموسم هو ارتفاع كميات الهطل في بعض الأيام، إذ بلغت أعلى كمية هطول 70.5 مم بتاريخ 2016/12/27، و53.5 مم بتاريخ 2016/12/31 و49 مم بتاريخ 2016/12/30، و46.5 مم بتاريخ 2016/12/13، و36 مم بتاريخ

2017/3/3، و35.2 مم بتاريخ 2017/5/21 وهذه القيم أسهمت في رفع الرطوبة النسبية المحيطة بالنباتات لفترة أطول من الزمن وهو أمر مهم أسهم في ظهور المرض وتطوره، وانخفض الهطل المطري إلى ما دون 25 مم في باقي الأيام. وعليه فقد هطل في هذه الأيام السبعة ما يقارب من 390 مم (شكل 1). ولدى دراسة المتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة الصغرى والعظمى لوحظ أن شهر شباط/فبراير كان الأكثر برودة بمتوسط درجة حرارة صغرى بلغت 5.03 °س. تلاه شهر كانون الثاني/يناير، كما بلغ عدد الأيام التي انخفض فيها متوسط الحرارة الصغرى عن الصفر 9 أيام. بينما لوحظ ارتفاع تدريجي في متوسط الحرارة الشهرية العظمى بدءاً من آذار/مارس (18.8 °س) مروراً بنيسان/أبريل (22.15 °س) وأيار/مايو (25.07 °س) وانتهاءً بجزيران/يونيو (27.38 °س). كانت الرطوبة النسبية دائماً مرتفعة حتى في الأشهر الأخيرة من الموسم وذلك على الرغم من ارتفاع كمية الإشعاع الشمسي كمتوسط شهري وانخفاض كمية الهطل المطري ولاسيما في شهري نيسان/أبريل وأيار/مايو (جدول 1). وتدل النتائج السابقة على أن الظروف المناخية التي سادت في موسم 2017/2016 كانت مشجعة ومناسبة لحدوث مرض التبغ السببوري وتطوره.

الصفات المحصولية

متوسط طول السنبلية - تأثرت صفة متوسط طول السنبلية معنوياً بكل من موعد الزراعة والصفة المزروع، كما لوحظت فروق معنوية للفعل المتبادل بين الأصناف والكثافة. فقد بلغ متوسط طول السنبلية (6.02 سم) عند الزراعة في الموعد المثالي، بينما أدى تأخير موعد الزراعة إلى انخفاض معنوي في متوسط طول السنبلية (5.75 سم) وتفوق الصنف شام 9 بمتوسط طول سنبلية بلغ 6.3 سم على الصنف شام 3 الذي بلغ متوسط طول السنبلية فيه 5.5 سم. ولدى دراسة الفعل المتبادل بين الأصناف والكثافة تبين اختلاف سلوك الصنفين باختلاف الكثافة النباتية (جدول 2).

متوسط عدد السنيبلات في السنبلية - وجدت فروق معنوية لصفة عدد السنيبلات في السنبلية تبعاً للمواعيد وللأصناف، وللفاعل المتبادل بين الكثافة والأصناف (جدول 2). إذ تفوق متوسط عدد السنيبلات في السنبلية لدى الزراعة في الموعد الأول (19.2 سنيبلية) على متوسط عدد السنيبلات في السنبلية لدى الزراعة في الموعد المتأخر (16.6 سنيبلية) وقد يعزى ذلك إلى انخفاض متوسط طول السنبلية كما ظهر في الصفة السابقة. ولوحظ تفوق الصنف شام 9 (18.6 سنيبلية) على الصنف شام 3 (17.2 سنيبلية). ولدى دراسة الفعل المتبادل لوحظ عدم تأثر الصنف شام 9 بشكل كبير لتغير الكثافة بينما انخفض متوسط عدد السنيبلات/السنبلية لدى الصنف شام 3 بشكل معنوي من 17.9 سنيبلية

بينما لم يتجاوز الفارق في متوسط عدد الحبوب/السنبله لدى الصنف شام 2.2 حبة عند تغيير الكثافة النباتية (جدول 2).

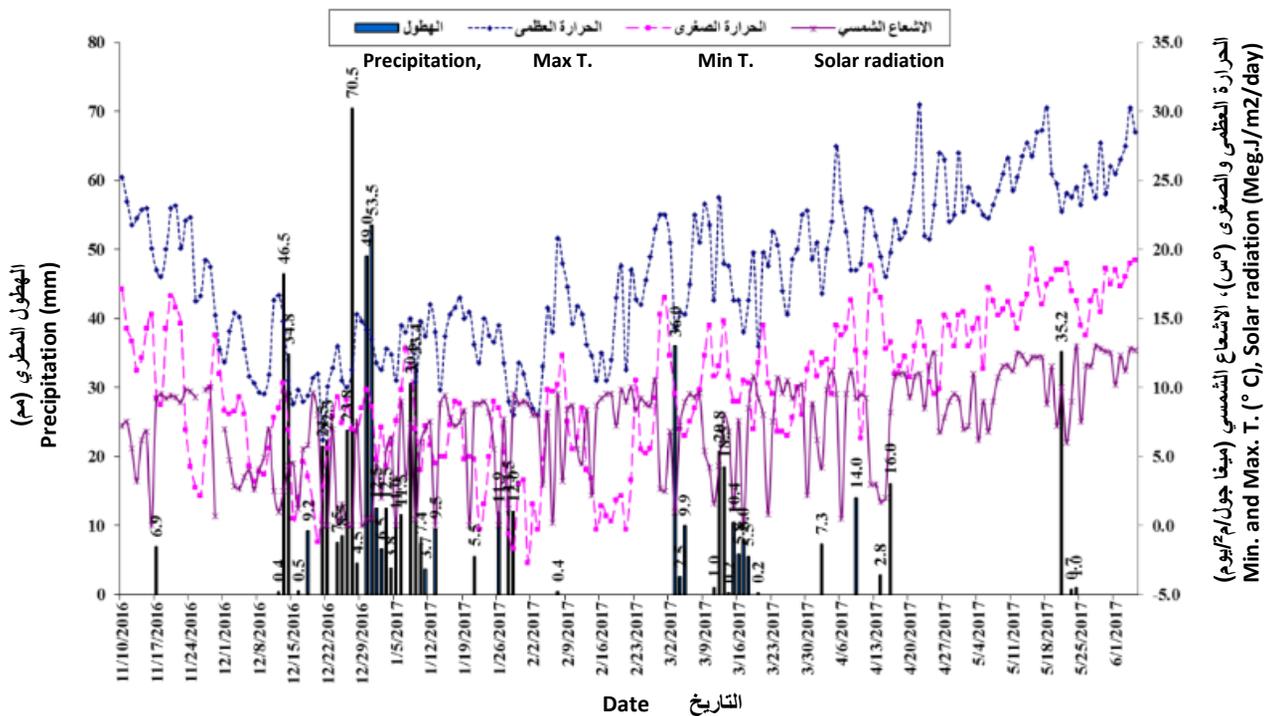
متوسط وزن الحبوب/السنبله - بلغ متوسط وزن الحب في السنبله 2.89 غ عند الزراعة بالموعده المثالي وانخفض بشكل معنوي عند تأخير موعده الزراعة بنسبه 33.8% فبلغ متوسط وزن الحبوب في السنبله لدى الزراعة في الموعده المتأخر حوالي 2.16 غ. واستمر الصنف شام 9 في تفوقه على الصنف شام 3 فبلغ متوسط وزن الحبوب 2.77 غ و2.28 غ لكل منهما على التوالي، بينما لم تظهر أية فروق معنويه بين المعاملات المتبقية (جدول 2).

متوسط وزن الألف حبة - بينت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنويه في صفة متوسط وزن الألف حبة بين المواعيد وبين الكثافات النباتية، بينما لم تظهر مثل تلك الفروق بين بقية المعاملات المدروسة. فقد بلغ متوسط وزن الألف حبة 48.02 غ لدى الزراعة في الموعده المثالي، وانخفض بشكل معنوي إلى 43.2 غ لدى الزراعة في الموعده المتأخر. بدوره بلغ متوسط وزن الألف حبة 43.56 غ و47.58 غ لدى الزراعة بالكثافة العاليه والمنخفضه على التوالي مبيناً وجود فروق معنويه لصالح الكثافة المنخفضه (جدول 2).

عند الكثافة المنخفضه إلى 16.5 سنبله عند الكثافة المرتفعه (جدول 2).

متوسط عدد الحبوب/السنبله - تباين عدد الحبوب في السنبله معنوياً بتأثير المعاملات المدروسة (مواعيد زراعه، كثافة نباتية، أصناف) وكذلك للفعل المتبادل بين الكثافة النباتية والأصناف. فقد بلغ متوسط عدد الحبوب 52.8 حبة/السنبله عند الزراعة في الموعده المثالي متفوقاً بذلك على متوسط عدد الحبوب عند الزراعة في الموعده المتأخر والذي انخفض الى 45.3 حبة/السنبله. كما أن الزراعة بالكثافة النباتية المنخفضه أسهمت في رفع متوسط عدد الحبوب إلى 50 حبة/السنبله متفوقاً بذلك على متوسط عدد الحبوب عند الزراعة بكثافة عاليه (48.1 حبة/السنبله)، وبدوره تفوق الصنف شام 9 بفارق معنوي واضح على الصنف شام 3 إذ بلغ متوسط عدد الحبوب 53.4 و44.7 حبة/السنبله لكل منهما على التوالي (جدول 2).

وكما في صفتي متوسط طول السنبله وعدد السنيبلات في السنبله فإن صفة عدد الحبوب في السنبله تباينت لدى الصنف شام 3 بشكل معنوي بتغيير الكثافة النباتية بخلاف الصنف شام 9، فلدى دراسة الفعل المتبادل للكثافة النباتية مع الأصناف لوحظ انخفاض متوسط عدد الحبوب في السنبله لدى الصنف شام 3 من 47.7 حبة/السنبله عند الزراعة بالكثافة المنخفضه إلى 41.6 حبة/السنبله عند الزراعة بالكثافة العاليه



شكل 1. القيم اليومية للهطول ولبعض العناصر المناخية المدروسة في محطة ستخيريس خلال موسم 2017/2016
Figure 1. The daily precipitation values and some of the climatic elements studied at the Setkhiris station during the 2016/2017 growing season.

جدول 1. متوسطات القيم الشهرية لبعض العناصر المناخية المدروسة ومجموع كميات الهطل الشهري في محطة ستخيرس خلال موسم 2016/2017. **Table 1.** The monthly average values of some climatic factors studied and the total monthly precipitation at the Satkhiris Station during the 2016/2017 growing season.

الإشعاع الشمسي (ميغاجول/م ² /يوم) Solar radiation (Meg.J/m ² /day)	الرطوبة النسبية (%) Relative humidity (%)	الحرارة الصغرى (س°) Min. T. (°C)	الحرارة العظمى (س°) Max. T. (°C)	الموعد الأول	الموعد الثاني
6.9	7.44	11.13	20.23	10-30 November	30-10 تشرين الثاني/نوفمبر
352.5	3.14	6.03	11.74	December	كانون الأول/ديسمبر
185.3	5.95	5.64	13.09	January	كانون الثاني/يناير
0.4	7.42	5.03	15.00	February	شباط/فبراير
118.8	6.77	10.13	18.83	March	آذار/مارس
40.1	8.22	12.90	22.15	April	نيسان/أبريل
36.9	10.23	16.25	25.07	May	أيار/مايو
0.0	11.95	18.27	27.38	1-5 June	1-5 حزيران/يونيو
2nd date (25/12/2016) 2016/12/25					
209.8	1.43	8.17	12.80	10-30 November	30-10 تشرين الثاني/نوفمبر
185.3	5.95	5.64	13.09	December	كانون الأول/ديسمبر
0.4	7.42	5.03	15.00	January	كانون الثاني/يناير
118.8	6.77	10.13	18.83	February	شباط/فبراير
40.1	8.22	12.9	22.15	March	آذار/مارس
36.9	10.23	16.25	25.07	April	نيسان/أبريل
0.0	11.95	18.27	27.38	May	أيار/مايو

جدول 2. بعض الصفات الإنتاجية لصنفي القمح شام 3 وشام 9 تحت ظروف المعاملات المختلفة. **Table 2.** Some of the agronomic features of the wheat varieties Cham 3 and Cham 9 under different treatments.

المعاملات Treatments		طول السنبلية (سم) Spike Length (cm)		عدد السنبلات /سنبلية Spikletes No./Spike		وزن الحبوب/السنبلية (غ) Grain No./Spike (g)		وزن الألف حبة (غ) 1000 Kernel weight (gr)		الغلة الحبيبة (كغ/هـ) Grain yield (kg/ha)	
الأصناف Varieties	الكثافة Density	متأخر Late	مثالي Opt.	متأخر Late	مثالي Opt.	متأخر Late	مثالي Opt.	متأخر Late	مثالي Opt.	متأخر Late	مثالي Opt.
شام 3 3 Cham 3 3	عالية High	5.0	5.3	15.3	17.7	37.2	46.2	41.4	44.7	6092	4754
شام 9 9 Cham 9 9	High	6.4	6.7	17.5	20.7	50.9	58.1	40.1	48.0	9200	7380
شام 3 3 Cham 3 3	منخفضة Low	5.9	5.8	17.0	18.7	46.3	49.1	46.1	48.0	5788	3992
شام 9 9 Cham 9 9	Low	5.8	6.2	16.8	19.7	46.7	57.9	44.9	51.3	8009	4892
متوسط المواعيد Dates average		متأخر Late	مثالي Opt.	متأخر Late	مثالي Opt.	متأخر Late	مثالي Opt.	متأخر Late	مثالي Opt.	متأخر Late	مثالي Opt.
متوسط الكثافة Density average		5.7	6.0	16.6	19.2	45.3	52.8	43.1	48.0	7272	5254
متوسط الأصناف Varieties average		عالية High	منخفضة Low	عالية High	منخفضة Low	عالية High	منخفضة Low	عالية High	منخفضة Low	عالية High	منخفضة Low
شام 3 3 Cham 3 3		5.9	5.9	18.1	17.8	50.0	48.1	47.6	43.6	6857	5670
شام 9 9 Cham 9 9		6.3	5.5	18.6	17.2	53.4	44.7	45.1	45.1	5156	7370
المواعيد Dates		0.082**	0.085***	2.432**	0.55*	1831.6*	LSD0.05				
الكثافة Density		0.203ns	0.670ns	1.083**	0.20ns	1336.3ns	LSD0.05				
المواعيد × الكثافة Dates x Density		0.201ns	0.669ns	1.923ns	0.44ns	1591.6ns	LSD0.05				
الأصناف Varieties		0.285***	0.698**	3.816***	0.47*	1178.2**	LSD0.05				
المواعيد × الأصناف Dates x Varieties		0.286ns	0.699ns	3.927ns	0.54ns	1538.9ns	LSD0.05				
الكثافة × الأصناف Density x Varieties		0.314**	0.845**	3.856*	0.48ns	1543.8ns	LSD0.05				
المواعيد × الكثافة × الأصناف Dates x Density x Varieties		0.421ns	1.076ns	5.491ns	0.71ns	2078.5ns	LSD0.05				

الغلة الحبية - تشير النتائج المبينة في الجدول 2 أن أعلى غلة حبية بلغت 9200 كغ/هـ وذلك لدى زراعة الصنف شام 9 في الموعد المثالي وبالكثافة العالية، بينما لوحظ أدنى غلة حبية (3992 كغ/هـ) لدى زراعة الصنف شام 3 في الموعد المتأخر وبالكثافة المنخفضة، وبالتالي لوحظ وجود فروق معنوية في صفة الغلة الحبية بين مواعيد الزراعة والأصناف، في حين لم تظهر أية فروق معنوية بين بقية المعاملات.

لقد أنتجت النباتات المزروعة في الموعد المثالي غلة حبية بلغت بالمتوسط 7272 كغ/هـ متفوقة بذلك على مثيلاتها المزروعة في الموعد المتأخر والتي لم تنتج سوى 5254 كغ/هـ أي بزيادة قدرها 38.4%. أما نباتات الصنف شام 9 فقد أنتجت غلة حبية بلغت بالمتوسط 7370 كغ/هـ متفوقة بذلك على نباتات الصنف شام 3 التي لم تنتج أكثر من 5156 كغ/هـ.

عدد البقع ونسبة الإصابة

تم تحديد بداية ظهور أعراض المرض على هيئة بقع صفراء صغيرة في بداية شهر آذار/مارس والتي تحولت فيما بعد إلى بقع بنية متطاولة اهليلجية ذات مركز مسمر في بداية شهر نيسان/أبريل، كما لوحظت بداية ظهور الأوعية البكنيدية السوداء في مركز البقع السمراء والمميزة للمرض في أواخر شهر نيسان/أبريل.

عدد البقع - أظهرت نتائج تحليل متوسط عدد البقع وجود فروق معنوية بين الأصناف إذ كان متوسط عدد البقع 215 بقعة في الصنف شام 3، بينما كانت 111 بقعة في الصنف شام 9 (المعروف بأنه متوسط القابلية للإصابة). وعلى الرغم من انخفاض عدد البقع عند الزراعة المتأخرة إلى 156 بقعة مقابل 170 بقعة في الزراعة المثالية إلا أن هذه الفروق لم تكن معنوية، كما لوحظ ازدياد غير معنوي في عدد البقع عند الكثافة العالية (169 بقعة) مقارنة بالكثافة المنخفضة (157 بقعة) (جدول 3). ولم تظهر فروق معنوية للأثر المشترك إلا أنه بشكل عام ولدى النظر إلى الزراعة المثلى لم يكن هناك فروق معنوية عند تخفيض أو زيادة الكثافة النباتية عند الصنفين لكن في الزراعة المتأخرة أثرت الكثافة وبشكل غير معنوي في متوسط عدد البقع إذ أن عدد البقع زاد في حال الزراعة عالية الكثافة عن الزراعة منخفضة الكثافة في الصنف شام 3 لكن في الصنف شام 9 المتحمل لم يتأثر متوسط عدد البقع في الزراعة المتأخرة وكان متوسط عدد البقع في الصنف شام 3 القابل للإصابة أعلى في كل المعاملات وفي الزراعة المثلى بالكثافة المنخفضة مساوية للزراعة المتأخرة بالكثافة العالية وكأنه عوض بالكثافة للمحافظة على توافر الظروف المشجعة لتطور المرض.

جدول 3. عدد البقع ونسب الإصابة بالتبغ السبتوري لنباتات القمح القاسي حسب المعاملات المدروسة باستخدام برنامج Assess 2.0.

Table 3. Number of spots and infection rate of *Septoria tritici* of durum wheat plants in response to different treatments, measured by Assess 2.0.

Infection rate (%)		نسبة الإصابة (%)		عدد البقع Spots No.		المعاملات Treatments	
المواعيد Dates		المواعيد Dates		الأصناف Varieties		الكثافة Density	
Late متأخر	Optimum مثالي	Late متأخر	Optimum مثالي				
54	68	250	222	شام 3 3 Cham		عالية	
37	29	84	118	شام 9 9 Cham		High	
46	53	138	250	شام 3 3 Cham		منخفضة	
30	25	153	88	شام 9 9 Cham		Low	
Late متأخر	Optimum مثالي	Late متأخر	Optimum مثالي			متوسط المواعيد	
41.9	43.7	156.0	170.0			Dates average	
Low منخفضة	High عالية	Low منخفضة	High عالية			متوسط الكثافة	
38.6	47.1	157.0	169.0			Density average	
شام 9 9 Cham	شام 3 3 Cham	شام 9 9 Cham	شام 3 3 Cham			متوسط الأصناف	
30.3	55.3	111.0	215.0			Varieties average	
LSD0.05	Sig. level مستوى المعنوية	LSD0.05	Sig. level مستوى المعنوية	Source of variance		مصادر التباين	
9.580	0.499ns	105.700	0.638ns	Dates		المواعيد	
2.020	<0.001***	55.600	0.598ns	Density		الكثافة	
8.530	0.232ns	84.000	0.624ns	Dates x Density		المواعيد × الكثافة	
19.920	0.020*	76.800	0.014*	Varieties		الأصناف	
20.200	0.352ns	94.000	0.410ns	Dates x Varieties		المواعيد × الأصناف	
19.940	0.767ns	84.900	0.384ns	Density x Varieties		الكثافة × الأصناف	
28.350	0.782ns	123.200	0.110ns	Dates x Density x Varieties		المواعيد × الكثافة × الأصناف	

نسبة الإصابة - بينت نتائج دراسة نسبة الإصابة وجود فروق معنوية بين الكثافات وبين الأصناف ولم تظهر فروق معنوية بين بقية العوامل. بلغت نسبة الإصابة في الموعد المثالي 43.7% وانخفضت بشكل غير معنوي إلى 41.9%. أما عند الزراعة بكثافة عالية لوحظ ازدياد معنوي في نسبة الإصابة إلى 47.1% بالمقارنة مع نسبة الإصابة في الكثافة المنخفضة والتي لم تتجاوز 36.6%. ولدى مقارنة نسبة الإصابة في الصنفين المدروسين تبين أن متوسط نسبة الإصابة في الصنف القابل للإصابة شام 3 بلغت 55.3% متفوقاً بذلك على نسبة الإصابة في الصنف متوسط القابلية للإصابة شام 9 والتي بلغت 30.3% فقط. أي أن الصنف شام 3 القابل للإصابة بقي متفوقاً على الصنف شام 9 في نسبة الإصابة وفي كل معاملات التجربة من مواعيد زراعة وكثافة نباتية

علاقات الارتباط

أظهرت نتائج تحليل الارتباط وفق معامل بيرسون وجود علاقة ارتباط إيجابية ومعنوية بين نسبة الإصابة وعدد البقع فبلغ معامل الارتباط ($r=0.72^{**}$). ومن ناحية أخرى ارتبطت صفتي نسبة الإصابة وعدد البقع سلباً مع جميع صفات عناصر الغلة وكانت هذه العلاقة معنوية عند مستوى ($P<0.01$) مع كل من طول السنبله وعدد الحبوب في السنبله ووزن الحب في السنبله، بينما كانت علاقة الارتباط معنوية عند مستوى ($P<0.05$) مع عدد السنيبلات في السنبله، ولم تظهر علاقة ارتباط معنوية بين عدد البقع ووزن الألف حبة، في حين ارتبطت نسبة الإصابة مع وزن الألف حبة سلباً وعند مستوى معنوية ($P<0.05$) فبلغت قيمة معامل الارتباط ($r=0.48^*$). أما الغلة الحبية فقد ارتبطت أيضاً بشكل سلبي مع كل من عدد البقع ($r=-0.47^*$) ونسبة الإصابة ($r=-0.56^{**}$) (جدول 4).

أما عناصر الغلة فقد ارتبطت مع بعضها البعض بعلاقات ارتباط إيجابية ومعنوية عند مستوى ($P<0.01$) في معظم الأحيان، باستثناء العلاقة بين طول السنبله مع وزن الألف حبة والغلة الحبية مع وزن الألف حبة فقد كانت علاقة الارتباط إيجابية ومعنوية عند مستوى ($P<0.05$). كما لوحظ أعلى قيمة لمعامل الارتباط الإيجابي ($r=0.90$) بين عدد الحبوب في السنبله وعدد السنيبلات في السنبله، في حين أن أعلى قيمة لمعامل الارتباط السلبي كان ($r=-0.75^{**}$) بين طول السنبله وعدد البقع (جدول 4). تشير النتائج السابقة إلى أن صفة وزن الألف حبة هي الأقل

تأثراً بنسبة الإصابة وعدد البقع ويشير إلى ذلك انخفاض قيمة معامل الارتباط، تليها صفة عدد السنيبلات في السنبله ثم الغلة الحبية، ثم وزن الحبوب في السنبله بينما كانت صفتي طول السنبله وعدد الحبوب في السنبله هي الأكثر تأثراً بنسبة الإصابة وعدد البقع (جدول 4).

النماذج الرياضية لحساب تطور نسبة الإصابة

تم حساب تطور نسبة الإصابة حسب مستوى الأوراق باستخدام النماذج الرياضية المبينة في الجدول 5، وقد تم اختيار النموذج التربيعي كأفضل شكل يمثل العلاقة بناءً على أعلى قيمة لمعامل التحديد R^2 .

تشير نتائج الشكل 2 للعلاقة بين تطور نسبة الإصابة والزمن باستخدام النموذج التربيعي أن الأوراق السفلية تطورت فيها نسبة الإصابة بشكل أكبر مما هي عليه في المستويات التالية، تلتها الأوراق الوسطى ثم الأوراق العلوية، ويشير إلى ذلك قيم الثوابت المبينة في الجدول 6.

كما يتضح من الشكل 2 أن تطور نسبة الإصابة كانت أعلى وبشكل واضح لدى الصنف الحساس شام 3 بالمقارنة مع الصنف شام 9. ويؤكد ذلك المساحة تحت منحنى تطور المرض الموضحة في الجدول 7 إذ بلغت المساحة لدى الصنف شام 3 حوالي 2279 و1313 و644 وحدة مربعة وفي الصنف شام 9 حوالي 1082 و483 و140 وحدة مربعة لكل من الأوراق السفلية والوسطى والعلوية على التوالي، وهذا يشير إلى أن معدل تطور المرض في الصنف الحساس كان أعلى من الصنف الآخر نحو 2.11 ضعفاً في الأوراق السفلية، و2.72 ضعفاً في الأوراق الوسطى، و4.60 ضعفاً في الأوراق العلوية، أي أن الصنف متوسط القابلية للإصابة (شام 9) لم يتأثر كثيراً بالمرض على مستوى الأوراق العلوية، وهذا ما ظهر في النتائج السابقة.

وبالتالي يمكن الاستنتاج بأن صفة تحمل المرض أو عدم تحمله (نسبة الإصابة) تأثرت بالتركيب الوراثي للصنف الواحد. وهذا الأمر يتطابق مع الدراسات الحديثة حيث أن شام 9 يتمتع بقاعدة وراثية عريضة تمكنه من حمل بعض مورثات المقاومة إزاء التبقع السببوري، في حين أن شام 3 ذو قاعدة وراثية ضيقة وهو قابل للإصابة بالتبقع السببوري مع العلم أنه جاء من آباء مكسيكية عبر برنامج ICARDA ويعرف بـ Korifla ولا يمتلك أي مورث مقاومة.

Table 4. Correlation relationships based on Pearson's coefficient of the studied traits.

وزن الألف حبة TKW	وزن الحبوب Grain weight	عدد الحبوب Grain No.	عدد السنبيلات Spikletes No.	طول السنبلية Spike length	نسبة الإصابة % Infection (%)	عدد البقع Spots No.	
							عدد البقع Spots No.
						0.72**	نسبة الإصابة % Infection (%)
					-0.70**	-0.75**	طول السنبلية Spike length
				0.79**	-0.47*	-0.43*	عدد السنبيلات Spikletes No.
			0.90**	0.89**	-0.64**	-0.68**	عدد الحبوب Grain No.
		0.83**	0.88**	0.71**	-0.59**	-0.54**	وزن الحبوب Grain weight
	0.75**	0.68**	0.73**	0.45*	-0.48*	-0.39ns	وزن الألف حبة TKW
0.43*	0.73**	0.79**	0.77**	0.71**	-0.56**	-0.47*	غلة حبة Grain yield

ns=Not significant, *, **=significant at P=0.05 and P=0.01, respectively. ns=غير معنوي, *, **=معنوي عند مستوى 5% و 1%، على التوالي.

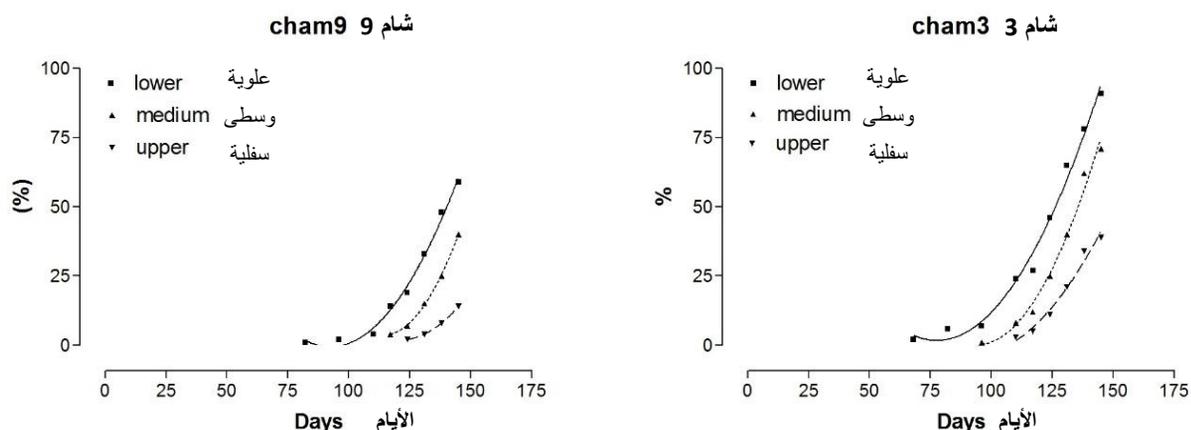
جدول 5. صيغ النماذج الرياضية المستخدمة في حساب تطور نسبة الإصابة بالتبغع السبتوري وقيم معامل التحديد لكل منها.

Table 5. Mathematical model formulas used to calculate the progress of infection rate of *Septoria tritici* and the values of their determination coefficient.

معامل التحديد R ² Coefficient of determination R ²			النموذج الرياضي Mathematical model		
أوراق علوية Upper leaves	أوراق وسطية Medium leaves	أوراق سفلية Lower leaves	الصيغة اللوغاريتمية logarithmic formula	الصيغة العادية Normal formula	
0.753	0.791	0.877	-	Y = b0 + (b1 * t)	خطي Linear
0.707	0.747	0.841	-	Y = b0 + (b1 * ln(t))	لوغاريتمي Logarithmic
0.658	0.699	0.800	-	Y = b0 + (b1 / t).	عكسي Inverse
0.980	0.988	0.986	-	Y = b0 + (b1 * t) + (b2 * t ²)	تربيعي Quadratic
0.820	0.988	0.985	-	Y = b0 + (b1*t) + (b2*t ²) + (b3*t ³)	تكعيبي Cubic
#	#	0.961	ln(Y) = ln(b0) + (ln(b1) * t).	Y = b0 * (b1 ^t)	مختلط Compound
#	#	0.961	ln(Y) = ln(b0) + (b1 * ln(t))	Y = b0 * (t ^{b1})	قوة Power
#	#	0.965	ln(Y) = b0 + (b1/t).	Y = e ^{^(b0 + (b1/t))}	سيجمويدي Sigmoidal
#	#	0.961	ln(Y) = b0 + (b1 * t).	Y = e ^{^(b0 + (b1 * t))}	نمو Growth
#	#	0.961	ln(Y) = ln(b0) + (b1 * t)	Y = b0 * (e ^{^(b1 * t)})	أسي Exponential
#	#	0.961	ln(1/y-1/u) = ln(b0)+ (ln(b1)*t)	Y = 1 / (1/u + (b0 * (b1 ^t)))	منطقي Logistic

حيث: Y = نسبة الإصابة؛ t = الزمن؛ b0، b1، b2، b3 = ثوابت النماذج؛ Ln = اللوغاريتم؛ U = القيمة الحدية العظمى؛ # = البيانات لا يمكن تمثيلها بهذا النموذج الرياضي.

Y=Disease incidence (%); t=Time; b0, b1, b2, b3 model constants; Ln= Logarithm, U=Maximum critical value; #=data that cannot be represented by the mathematical model.



شكل 2. تطور نسبة الإصابة بالتبقع السبنتوري في الصنفين المدروسين حسب مستويات العينات الورقية في نباتات صنفى القمح شام 3 وشام 9 في موعد الزراعة المتأخر.

Figure 2. Disease incidence (%) of the two wheat cultivars Sham 3 and Sham 9 as measured by leaf position in the plants of the two cultivars at late planting date.

جدول 6. قيم ثوابت النموذج التربيعي لتطور نسبة الإصابة بالتبقع السبنتوري حسب مستويات الأوراق على نباتات صنفى القمح المدروسين في موعد الزراعة المتأخر.

Table 6. The values of the quadratic model for disease incidence development of *Septoria tritici* based on different leaves position level of the two wheat cultivars studied at late planting date.

شام 9 Cham 9			شام 3 Cham 3			قيم الثوابت Coefficient values	
أوراق علوية Upper leaves	أوراق وسطية Medium leaves	أوراق سفلية Lower leaves	أوراق علوية Upper leaves	أوراق وسطية Medium leaves	أوراق سفلية Lower leaves		
298.1	496.5	187.9	127.2	258.7	123.5	*b0	
-4.918	-8.644	-4.08	-2.865	-5.483	-3.143	b1	
0.02041	0.0379	0.02208	0.01567	0.02908	0.02028	b2	
298.1	293.0	114.9	-385.3	-1.239	54.02	b0	
to 298.1	to 700.0	to 260.9	to 639.7	to 518.6	to 192.9	حدود الثقة (95%) Confidence intervals (95%)	
-4.918	-11.76	-5.391	-10.96	-9.832	-4.489		b1
to -4.918	to -5.525	to -2.770	to 5.225	to -1.134	to -1.796		b2
0.02041	0.02600	0.01634	-0.01603	0.01112	0.01401	b2	
to 0.02041	to 0.04980	to 0.02782	to 0.04737	to 0.04705	to 0.02655		

* b0, b1, b2= Constants of the quadratic model.

جدول 7. نتائج تحليل المساحة تحت منحنى تطور المرض (Y) لصنفى القمح المدروسين مع الزمن (X) في موعد الزراعة المتأخر.

شام 9 Cham 9			شام 3 Cham 3			العناصر المدروسة Features evaluated
أوراق علوية Upper leaves	أوراق وسطية Medium leaves	أوراق سفلية Lower leaves	أوراق علوية Upper leaves	أوراق وسطية Medium leaves	أوراق سفلية Lower leaves	
124	117	82	110	96	68	القيمة الصغرى لـ X Minimum value of X
145	145	145	145	145	145	القيمة العظمى لـ X Maximum value of X
138	138	138	138	138	138	قمة X Top of X
8	25	48	34	62	78	قمة Y Top of Y
140	483	1082	644	1313	2279	المساحة أسفل المنحني (وحدة مربعة) Area under the disease progress curve (square units)

الزمن. دلت نتائج المساحة تحت منحنى تطور المرض أن معدل تطور مرض التبغ السبوري في الصنف الحساس شام 3 كان أعلى من الصنف الآخر نحو 2.11 و 2.72 و 4.6 ضعفاً في الأوراق السفلية والوسطى والعلوية على التوالي. مما سبق يمكن اقتراح استخدام قيم ثوابت النماذج الرياضية التي تم الحصول عليها في هذا البحث بنماذج المحاكاة لنمو وتطور المحاصيل مثل Aquacrop أو Cropsyst. وكذلك اقتراح تأسيس نظم إنذار مبكر للكشف عن تطور المرض اعتماداً على البيانات المناخية المتوفرة، وبناءً على حساسية الصنف المزروع، واستخدام توقعات نماذج المحاكاة.

ويمكن الإستنتاج بأن الظروف المناخية أثناء هذه الدراسة كانت مشجعة لتطور التبغ السبوري. تأثرت الصفات المحصولية المدروسة بكل من موعد الزراعة والكثافة والصنف المزروع، وأنتجت النباتات المزروعة في الموعد المثالي غلة حبية بزيادة قدرها 38.4%. تفوقت نباتات الصنف شام 9 بالغلة الحبية على نباتات الصنف شام 3. كما بلغ متوسط نسبة الإصابة في الصنف شام 3 مستوى 55.3% متفوقاً وكانت أعلى من نسبة الإصابة في الصنف شام 9 والتي بلغت 30.3%. وكانت صفة وزن الألف حبة الأقل متأثراً بنسبة الإصابة وعدد البقع، بينما كانت صفتي طول السنبله وعدد الحبوب في السنبله هي الأكثر تأثراً بهما. وكان النموذج التربيعي أفضل نموذج رياضي يمثل تطور نسبة الإصابة مع

Abstract

Abdulghani, A., M. Abu Shaar, A. S-E. Shaaban and K. Rehiyeh. 2018. Progress of infection by Septoria leaf spot and its relation with some agronomic traits of durum wheat using some mathematical models. Arab Journal of Plant Protection, 36(3): 231-242.

The research was conducted at Settukhiris Research Station in Lattakia during 2016/2017 season to (i) study the effect of planting date and plant density on infection rate of wheat varieties Cham3 and Cham 9 with Septoria leaf spot, and its effects on agronomic traits, and (ii) determine the best mathematical models which represent infection rate development, and estimate the area under the disease progress curve. Most studied traits varied significantly with the effect of studied treatments. Plants at optimum planting date produced 38.4% more grain yield compared with the late planting date. Cham 9 variety (moderately susceptible) was significantly superior compared with Cham 3 variety (susceptible) in most evaluated parameters. In addition, the average infection rate of Cham 3 variety (55.3%) was higher than that of Cham 9 (30.3%). Negative correlation was observed between leaf spot number and infection rate on the one hand and most other yield traits on the other hand. The thousand kernel weight was the least affected parameter by the infection rate and leaf spot number, whereas spike length and grain number per spike were the most affected by the infection rate and leaf spot number. The quadratic model was the best model to represent relationship between infection rate and time. Monitoring the area under disease progress curve showed that the Septoria leaf spot progress was higher in Cham 3 than in Cham 9 by 2.11, 2.72 and 4.6 fold in the lower, medium and upper leaves, respectively.

Keywords: Septoria leaf spot, mathematical models, area under the disease progress curve; durum wheat.

Corresponding author: Alaa Abdulghani, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Aleppo University, Syria, email: adnan-marrawi@hotmail.com

References

- Djurle, A. and J.E. Yuen. 1991. A simulation model for *Septoria nodorum* in winter wheat. *Agricultural Systems*, 37: 193-218. [https://doi.org/10.1016/0308-521X\(91\)90005-U](https://doi.org/10.1016/0308-521X(91)90005-U)
- Duveiller, E., R.P. Singh and J.M. Nicol. 2007. The challenges of maintaining wheat productivity: pests, diseases, and potential epidemics. *Euphytica*, 157: 417-430. <https://doi.org/10.1007/s10681-007-9380-z>
- Gupta, PK., R.R. Mir, A. Mohan and J. Kumar. 2008. Wheat genomics: present status and future prospects. *International Journal of Plant Genomics*, 2008: 896451. <https://doi.org/10.1155/2008/896451>
- Meynard, J.M., T. Doré and P. Lucas. 2003. Agronomic approach: cropping systems and plant diseases. *Comptes Rendus Biologies*, 326: 37-46.
- Ponomarenko, A., S.B. Goodwin and G.H.J. Kema. 2011. *Septoria tritici* blotch (STB) of wheat. The Plant Health Instructor. <https://doi.org/10.1094/PHI-I-2011-0407-01>

المراجع

- عبد الغني، آلاء، محمد أبو شعر ومحمد قاسم. 2016. تحديد بعض عوامل شراسة ووبائية مرض تبغ أوراق القمح القاسي. مجلة وقاية النبات العربية، 34: 1-9.
- عبيدو، محمد حسام. 1999. دراسة الأمراض التي تحدثها أنواع السبوريا على القمح في سورية. رسالة ماجستير، قسم وقاية النبات، منشورات كلية الزراعة، جامعة حلب، حلب، سورية. 163 صفحة.
- Atkinson, D. and R.G. McKinlay. 1997. Crop protection and its integration within sustainable farming systems. *Agriculture Ecosystems & Environment* 64: 87-93. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(97\)00026-1](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(97)00026-1)
- Bhalla, P.L. 2006. Genetic engineering of wheat—current challenges and opportunities. *Trends in Biotechnology*, 24: 305-311. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2006.04.008>
- Bockus W.W., R.L. Bowden, R.M. Hunger, W.L. Morrill, T.D. Murray and R.W. Smiley (eds.) 2010. *Compendium of Wheat Diseases and Pests*, 3rd ed., American Phytopathological Society, USA.

- Rossi, V., P. Racca, S. Giosue, D. Pancaldi and L. Alberti.** 1997. A simulation model for the development of brown rust epidemics in winter wheat. *European Journal of Plant Pathology*, 103: 453–465. <https://doi.org/10.1023/A:1008677407661>
- Safár, J., H. Simková, M. Kubaláková, J. Cihaliková, P. Suchánková and J. Bartos.** 2010. Development of chromosome-specific BAC resources for genomics of bread wheat. *Cytogenet. Genome Research*, 129: 211–223. <https://doi.org/10.1159/000313072>
- William, R., M. Robert, L. Wendell, D. Timothy and W. Richard.** 2010. *Compendium of Wheat Diseases and pests*, 3rd ed. The American Phytopathological Society
- Rabbinge, R., I.T.M. Jorritsma and J. Schans.** 1985. Damage components of powdery mildew in winter wheat. *Netherlands Journal of Plant Pathology*, 91: 235. <https://doi.org/10.1007/BF01997967>
- Robert, C., C. Fournier, B. Andrieu and B. Ney.** 2008. Coupling a 3D virtual wheat (*Triticum aestivum*) plant model with a *Septoria tritici* epidemic model (Septo3D): A new approach to investigate plant–pathogen interactions linked to canopy architecture. *Functional Plant Biology*, 35: 997–1013. <https://doi.org/10.1071/FP08066>
- Robert, C., M.O. Bancal and C. Lannou.** 2004. Wheat leaf rust uredospore production on adult plants: influence of leaf nitrogen content and *Septoria tritici* blotch. *Phytopathology*, 94:712–721. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2004.94.7.712+247>

Received: April 11, 2018; Accepted: August 31, 2018

تاريخ الاستلام: 2018/4/11؛ تاريخ الموافقة على النشر: 2018/8/31