Effect of some agricultural factors on the severity of yellow rust disease on wheat in Syria

Reem Hamdan [*]
Dr. Essam Allaf [**]
Dr. Shoula Kharouf [***]
Dr. Yaman Jabour [****]

(Received 26 / 4 / 2026. Accepted 14 / 6 /2026)

□ ABSTRACT □

Yellow rust, caused by the fungus *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, is one of the most serious diseases threatening wheat production worldwide. This study aimed to analyze the effect of three factors (wheat variety, cultivated area, and irrigation system) on the severity of yellow rust infection through a comprehensive field survey of wheat-growing areas in several Syrian governorates during the 2023 season. Statistical analysis revealed a clear superiority of hardy varieties in resistance, with an average infection severity of 24.5%, compared to 53.6% for soft varieties, with significant differences ($P < 0.01$). Irrigated farming conditions more than doubled the average infection severity to 58.2%, compared to 36.1% under rainfed conditions. Furthermore, a strong correlation was found between cultivated area and disease severity ($P = 0.820$, $r = 0.045$), with area alone explaining 67% of the total variance in infection severity ($R = 0.67$). From the above, we conclude that the wheat variety plays a significant role in determining the plant's susceptibility or resistance to infection, and consequently, the severity of the disease. Furthermore, the cultivated area and the resulting inoculum may be more influential than atmospheric humidity alone in determining the severity of the epidemic.

Keywords: wheat, *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, irrigation, area, Syria.

Copyright **:**Latakia University journal (formerly Tishreen) -Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

[*] **PhD Student, Faculty of Agricultural Engineering, Lattakia University(formerly Tishreen), Latakia,Syria** reem.hamdan@tishreen.edu.sy , hamdanreem958@gmail.com
****Professor, Faculty of Agricultural Engineering, Latakia University(formerly Tishreen), Lattakia, Syria.** Asam.allaf@latakia-univ.edu.sy
*****Assistant Professor, Faculty of Agricultural Engineering, AL-Furat University, Deir Al-Zor, Syria** shoula-kharouf@yahoo.com
******Researcher, Crops Research Department, General Commission for Agricultural Scientific Research, Aleppo, Syria.** Yaman.jab@gmail.com

تأثير بعض العوامل الزراعية في شدة الإصابة بمرض الصدأ الأصفر على القمح في سورية

ريم حمدان [*]

د. عصام علاف [**]

د. شعلة خاروف [***]

د. يمان جبور [****]

(تاريخ الإيداع 26 / 4 / 2026. قبل للنشر في 14 / 6 / 2026)

ملخّص

يُعد مرض الصدأ الأصفر الناجم عن الفطر *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* من أخطر الأمراض التي تهدد إنتاج محصول القمح على مستوى العالم. هدفت الدراسة إلى تحليل تأثير ثلاثة عوامل (صنف القمح، المساحة المزروعة، ونظام الري) في شدة الإصابة بمرض الصدأ الأصفر، وذلك من خلال مسح حقلي شامل لأماكن زراعة القمح في عدة محافظات سورية خلال موسم 2023. أظهرت نتائج التحليل الاحصائي تفوقاً واضحاً للأصناف القاسية في المقاومة، حيث بلغ متوسط شدة إصابتها 24.5%، مقابل 53.6% للأصناف الطرية، مع وجود فروق معنوية (P< 0.01). كما ضاعفت ظروف الزراعة المروية متوسط شدة الإصابة إلى 58.2% مقارنة بـ 36.1% في الظروف البعلية. بالإضافة إلى ذلك، تبين وجود علاقة ارتباط قوية بين المساحة المزروعة وشدة الإصابة بالمرض (P =0.045, r= 0.82)، حيث أوضحت المساحة وحدها نسبة 67% من التباين الكلي في شدة الإصابة R=0.67. نستنتج مما سبق أن صنف القمح يلعب دوراً مهماً في تحديد قابلية النبات للإصابة أو مقاومته، وبالتالي تحديد مستوى شدة المرض. كما أن المساحة المزروعة وكمية اللقاح الناتجة عنها قد تتفوقان على الرطوبة الجوية وحدها في تحديد شدة الوباء.

الكلمات المفتاحية: القمح، *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*، الريّ، المساحة، سورية.

حقوق النشر : مجلة جامعة اللاذقية (تشرين سابقاً)- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

[*] **طالب دكتوراه ، كلية الهندسة الزراعية، جامعة اللاذقية(تشرين سابقاً) ، اللاذقية، سوريا.**
reem.hamdan@tishreen.edu.sy hamdanreem958@gmail.com

[**] **أستاذ ، كلية الهندسة الزراعية ، جامعة اللاذقية(تشرين سابقاً) ، اللاذقية، سوريا.** Asam.allaf@latakia-univ.edu.sy .

*** **مدرّس، كلية الهندسة الزراعية ، جامعة الفرات، دير الزور، سوريا.** shoula-kharouf@yahoo.com

**** **باحث، دائرة بحوث المحاصيل، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، حلب، سوريا.** Yaman.jab@gmail.com .

مقدمة:

يعّد محصول القمح *Tritticum* spp. بنوعيّه القاسي *T. durum* والطريّ *T. aestivum*، ركيزة أساسية للأمن الغذائي العالمي، إذ يساهم بنحو خمس السعرات الحرارية المستهلكة عالمياً [1]، وبلغ الإنتاج العالميّ للقمح في عام 2024/2023 حوالي 792.3 مليون طن [2]. في سورية، يعدّ القمح المحصول الاستراتيجي الأولّ حيث بلغت المساحة الإجماليّة المزروعة بالقمح بنوعيّه الطريّ والقاسي في عام 2023 (1.3) مليون هكتار، أنتجت (3.08) مليون طن، بإنتاجية قدرها 2306 كغ/هكتار[3]، إلا أنّ هذه الإنتاجية تتعرض لإجهادات حيوية وغير حيوية متكررة [4]، وتعد الخسائر التي تسببها أمراض الأصداء في القمح مشكلة رئيسية تهدد الأمن الغذائي [7،6،5]. يتميز مرض الصدأ الأصفر/المخطط Stripe/Yellow rust الناتج عن الفطر *Puccinia striiformis. f.* sp. *tritici* (*PST*) بانتشاره الواسع عالميّاً ومحليّاً [8]، فضلاً عن كونه من أكثر مسببات الأمراض الورقية فتكاً بالقمح [9]، وله أهميّة كبيرة في سورية في المناطق الشمالية الشرقية حيثُ يزرع القمح الطريّ بمساحات كبيرة [10]. تأتي أهمية مرض الصدأ الأصفر من قدرة أبواغ الفطر على الانتقال لمسافات طويلة بعدة طرق ومهاجمة مناطق جديدة [12،11]، إضافةً لقدرة سلالات الفطر على تغير تركيبها الوراثي والتكيّف مع الظروف المناخية المختلفة [13]. بيّنت نتائج دراسة أجريت في سورية خلال مسح حقلي لعدة مواقع في مناطق زراعة القمح بنوعيه الطري والقاسي في موسم 2019، تسجيل أربع سلالات جديدة لأولّ مرة في سورية (258E64, 264E46, 69E150, 16E154)، وهذه السلالات الجديدة كسرت مورثات المقاومة Yr1، Yr5 المقاومة ضد الفطر، كما تسببت بكسر مورثات المقاومة لصنف القمح شام3، وبلغت شدة الإصابة 40% [14]. ينتج عن الإصابة بمرض الصدأ الأصفر على القمح خسائر فادحة، وقد تبلغ سنوياً حسب التقديرات نحو 5.47 مليون طن في جميع أنحاء العالم [15]، وعند توفر الظروف المناسبة لتطوره، وخاصة في المناطق الباردة الرطبة تصل إلى 100% [18، 17،16،8]، وتختلف الخسائر الناتجة عنه بشكل كبير اعتماداً على النمط الوراثي للصنف، شراسة سلالات الفطر، الظروف المناخية المناسبة لتطور المرض [19]، حيث يوجد ارتباط كبير بين معدل تطور الممرض وفقدان غلة محصول القمح باختلاف أصنافه، ورصِدَ في سورية خسائر كبيرة في عام 1988 على الصنف مكسيباك قدرّت بنحو 70%، لتتكرر الإصابة في عام 2010 بسلالة Yr27 وتزداد الخسارة إلى 90% في الأصناف (شام6، شام8) [16]. وقُدّرت وبائية مرض الصدأ الأصفر على محصول القمح في سورية عام 2010 بما لا يقلّ عن خسارة مليون طن [20]. كما تؤثر بعض العوامل الزراعية دوراً مهماً في مستوى شدة الإصابة بالمرض، إذ أنّ المساحة الواسعة المزروعة بالأصناف الحساسة تنتج كمية هائلة من الأبواغ اليوريدنية، ونظام الريّ المرويّ (خاصة الريّ الرذاذي) الذي يطيل فترة ترطيب الورقة، مما يعزز إنبات الأبواغ حتى في غياب الأمطار الغزيرة [21]. انّ الطريقة الاقتصادية والأكثر فاعلية لتقليل الخسائر الناتجة عن هذا المرض هي استخدام أصناف مقاومة للأمراض تتكيف مع تغيرات المناخ [22].

أهمية البحث و أهدافه:

تنبع أهمّية البحث من أهمية محصول القمح الغذائية والاقتصادية، ومن خطورة مرض الصدأ الأصفر/المخطط *Puccinia striiformis* f. sp. tritici، التي تتسبب بخسائر اقتصاديّة كبيرة في الإنتاج كمّاً ونوعاً، إضافةً إلى الانتشار الواسع والسّريع لهذا المرض في السنوات الأخيرة على محصول القمح في سورية، وقدرة سلالاته الوبائية

الشرسة على كسر مورثات المقاومة لبعض الأصناف بعد سنوات من اعتمادها، مما يساعد في توجيه برامج المكافحة المتكاملة (اختيار زراعة الأصناف المناسبة في المنطقة المناسبة، وتعديل نظام الرّي)، و التفتيش عن مصادر وراثية مقاومة سواءً في الآباء البرية أو في الهجن أوفي الطرز الوراثية المتوافرة متكيفة مع التغيرات البيئية المتسارعة.

أهداف البحث:

دراسة تأثير نظام الريّ (مروي/بعل)، المساحة المزروعة في كل محافظة من المحافظات التاليّة (حلب، حماه، حمص، طرطوس، اللاذقية، درعا، ريف دمشق)، ، ونوع القمح (الأصناف الطرية والقاسية) في تحديد شدة الإصابة بمرض الصدأ الأصفر على القمح من خلال تحليل واقعي لنتائج المسح الحقلي لأماكن زراعة القمح في عدة محافظات سورية خلال موسم النمو 2022– 2023.

طرائق البحث ومواده:

نُفذّت عملية المسح الحقلي لمرض الصدأ الأصفر على القمح في مناطق زراعة القمح متضمنة حقول المزارعين ومراكز البحوث العلمية الزراعية التابعة للمحافظات التالية " حلب، حماه، حمص، طرطوس، اللاذقية، درعا، ريف دمشق" خلال الفترة الممتدة بين شهريّ نيسان وأيار/ 2023 في طور النمو النباتي " الإزهار، اللبني والعجيني"، وهي الفترة الحرجة لتطور مرض الصدأ الأصفر، لأنّ الضرر يكون أعظمياً عند وصول الإصابة إلى الورقة العلمية المسؤولة بشكل أساسي عن امتلاء الحبوب [23]. جُمعت العينات النباتية المصابة الممثلة لكل حقل أو موقع، بمعدّل 6-8 أوراق [24]، تم جمع البيانات من خلال اللجنة الوطنية للأصداء، وبالتنسيق اللوجستي مع مراكز البحوث العلمية ومديريات الوقاية في المحافظات بتأمين وسائل النقل لسهولة القيام بعملية المسح الحقلي. وتمت عملية الجمع على عدة مراحل وفق برنامج المراقبة الدورية بدءاً من بداية شهر نيسان وحتى منتصف شهر أيار، وعند ملاحظة بدء ظهور الأعراض الواضحة للمرض تم أخذ العينة الورقية المصابة، ومنه تمّ معرفة ورؤية مراحل تطور المرض، وسُجلت المعلومات التالية:

الموقع (اسم الحقل أو مركز البحوث)، نظام الريّ: مروي (ريّ تكميلي) أو بعل (اعتماد على الأمطار فقط)، اسم الصنف أو الطرز الوراثية، ونوعه: قمح طري BW أو قمح قاسي DW، الطور النباتي: إزهار، لبني، عجيني، شدة الإصابة وردّ فعل النبات (Reaction Type)، بالاعتماد على مقياس Cobb (0-100%) المعدّل عن [25]، والذي استخدم لتحديد النسبة المئوية تبعاً للمساحة المصابة من سطح الورقة الكليّ، اعتماداً على الملاحظة البصرية، باستخدام القيم التالية: 2، 5، 10، 20، 40، 60، 80، 100، ثمّ الجمع بين شدة الإصابة وردّ فعل النبات وفق ما يلي:

(R)= مقاوم: ظهور نكروزية دون بثرات يوريدينية.

(MR)= متوسط المقاومة: ظهور بثرات يوريدينية صغيرة الحجم محاطة بهالة صفراء.

(MS)= متوسط القابلية للإصابة: ظهور بثرات يوريدينية متوسطة الحجم.

(S)= قابل للإصابة: البثرات اليوريدينية كبيرة الحجم. تمّ الحصول على المساحات المزروعة بالقمح لكل محافظة (جدول1)، بالإضافة إلى بعض المعطيات المناخية (الهطول المطري، الرطوبة النسبية، ودرجتي الحرارة الصغرى والعظمى) لشهري آذار ونيسان/2023، (جدول2).

جدول (1): يوضح المساحة الإجمالية المزروعة للقمح حسب المحافظات لموسم 2022-2023

المحافظة	حلب	درعا	حماه	الغاب	حمص	طرطوس	اللاذقية	ريف دمشق
المساحة/هكتار	270852	81110	46133	52959	42685	16741	8653	20836

(الإحصائية الزراعية السنوية السورية، 2023).

جدول (2). متوسط بعض المعطيات المناخية خلال شهري آذار ونيسان/2023.

المنطقة	آذار				نيسان			
	حرارة عظمى س	حرارة صغرى س	الرطوبة %	الهطول المطري ملم	حرارة عظمى س	حرارة صغرى س	الرطوبة %	الهطول المطري ملم
الغاب	19.8	10.2	85	57	21.3	10.8	83	33.5
حمص	18.5	9.1	98	45.3	21.2	9.9	100	27.5
طرطوس	20.6	13.5	91	81.4	22.7	15	91	73.8
حلب	19	13	88	65	21	17	90	18.4
درعا	18	15	85	64.5	20	15	87	36.7

الهيئة العامة للأرصاد والمناخ في سورية.

التحليل الإحصائي:

خضعت بيانات المسح الحقلي للتحليل الإحصائي باستخدام برنامج) Genstatالإصدار 12). جرى اختبار الفروق في متوسط شدة الإصابة (%) وفقاً للمتغيرات المستقلة (نوع القمح، نظام الريّ، المحافظة) باستخدام تحليل التباين أحادي الاتجاه ((One-Way ANOVAعند مستوى دلالة $P \leq 0.05$، وذلك بعد التحقق من افتراضات التوزيع الطبيعي وتجانس التباينات. وللمقارنات المتعددة بين المتوسطات، وللمقارنات المتعددة بين المتوسطات (عندما أظهر ANOVA فروقاً معنوية عند ($P< 0.05$، أُجري اختبار دنكن للمدى المتعدد (Duncan's Multiple Range Test) لتحديد المجموعات المتجانسة إحصائياً، وعُبّر عنها بالأحرف (a, b, c) في الجداول. كما استُخدم اختبار t-test(العينة مستقلة) لمقارنة متوسطي شدة الإصابة بين مستويين فقط (نوع القمح: طري/قاسي، ونظام الريّ: مروي/بعلي). ولدراسة تأثير التفاعل بين نوع القمح ونظام الريّ معاً، أُجري تحليل التباين ثنائي الاتجاه (Two-Way ANOVA)أما لتقييم العلاقة بين المساحة المزروعة (بالألف هكتار) ومتوسط شدة الإصابة لكل محافظة، فقد حسب معامل ارتباط بيرسون (Pearson correlation) ونموذج الانحدار الخطي البسيط. صِيغت معادلة الانحدار على النحو التالي: شدة الإصابة (%) = 27.4 + 0.15 × المساحة (ألف هكتار)، مع اعتبار قيمة $P < 0.05$ دالة إحصائياً.

النتائج والمناقشة:

يبيّن الجدول (3)، تباين في نتائج المسح الحقلي لمرض الصدأ الأصفر على القمح في عدة محافظات سورية خلال موسم 2023، وذلك من حقول المزارعين ومحطات الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية. سُجِلَ انتشار مرض الصدأ الأصفر على جميع أصناف القمح الطريّ في مناطق الزراعة المروية ذات المساحات الواسعة (حلب، الغاب)، وبدرجة أقل انتشاراً ودرجة إصابة متوسطة في مناطق الزراعة البعلية وذات المساحات الصغيرة (اللاذقية، ريف دمشق)، كما سجل إصابة عدد من أصناف القمح القاسي (شام9، شام7) في ظروف الزراعة البعلية والمروية بدرجة إصابة منخفضة للنصف تقريباً مقارنة بأصناف القمح الطريّ. ويتفق ذلك مع نتائج المسح الحقلي حول انتشار مرض الصدأ الأصفر على القمح خلال موسم 2010 [26].

جدول (3). أداء أصناف القمح والطرز الوراثية المبشرة تجاه مرض الصدأ الأصفر على القمح في عدة محافظات سورية خلال موسم النمو 2023.

المحافظة	الموقع	الصنف	النوع	الريّ	الطور النباتي	درجة الإصابة
حلب	تل السوس	شام 10	BW	مروي	الإزهار	70S
	رسم الكروم	دوما 1	DW	مروي	الإزهار	10S
	كويرس	شام 6	BW	مروي	الإزهار	10S
	عربيد كبير	شام 6	BW	مروي	الإزهار	30S
	حميمة كبيرة	شام 9	DW	مروي	الإزهار	5S
	سفيرة	دوما 6	BW	مروي	اللبني	100S
	كعكيص	شام 9	DW	مروي	الإزهار	10MS
	دير حافر	دوما 6	BW	مروي	اللبني	20S
	جزرايا	دوما 6	BW	مروي	اللبني	50S
	تل السوس	شام 7	DW	مروي	اللبني	10S
	عاكولة	دوما 1	DW	مروي	اللبني	30MS
	رسم العبد	شام 8	BW	مروي	اللبني	100S
	البرقوم	شام 10	BW	مروي	اللبني	100S
	الزعلانة	شام 7	DW	مروي	اللبني	5S
	مطار كويرس	دوما 6	BW	مروي	اللبني	100S
	سراقب	شام 6	BW	مروي	اللبني	60S
درعا	مركز بحوث ازرع	دوما 2	BW	بعل	العجيني	70S
		بحوث 6	BW	مروي	العجيني	100S
		دوما 4	BW	بعل	العجيني	10S
		بحوث 8	BW	بعل	العجيني	20S
		شام 7	DW	بعل	العجيني	20S
		MULTIPLE-85	BW	بعل	العجيني	70S
		دوما 6	BW	بعل	العجيني	50S
		بحوث 9	DW	بعل	العجيني	40MS
		H1/L29	BW	بعل	العجيني	5MS
		دوما 2	BW	مروي	العجيني	70S
		شام 10	BW	بعل	العجيني	20S
		بحوث 8	BW	مروي	العجيني	40S
		دوما 6	BW	مروي	العجيني	70S
		شام8	BW	مروي	العجيني	80S
		بحوث7	DW	بعل	العجيني	10S
		شام 5	DW	بعل	العجيني	10S
		بحوث 4	BW	مروي	العجيني	60-100S
		ATLAS	BW	بعل	العجيني	100S
		MULTIPLE-60	BW	بعل	العجيني	35S
		شام 4	BW	بعل	العجيني	100S
		شام 6	BW	مروي	العجيني	60S
		شام 8	BW	مروي	العجيني	100S
		TESFA	BW	بعل	العجيني	50S
		بحوث 10	BW	مروي	العجيني	100S
		ازرع 5	DW	مروي	العجيني	10S
		أكساد14850	BW	بعل	العجيني	100S
		شام 6	BW	س 1و2	العجيني	20S
		دوما 4	BW	بعل	العجيني	60S

		TERBOL	BW	بعل	العجيني	100s
		جولاني 2	BW	مروي	العجيني	100S
		ازرع 13	DW	مروي	العجيني	5S
		شام 9	DW	بعل	العجيني	5MS
		MARGHRETA	BW	بعل	العجيني	5MR
		صنف تفريقي	BW	مروي	العجيني	100S
		ICARMBDOUD 1	DW	بعل	العجيني	5MS
		دوما 1	DW	بعل	العجيني	5MS
		H9/L39	DW	بعل	العجيني	5MS
		شام 3	DW	بعل	العجيني	10S
		بحوث 11	DW	بعل	العجيني	10MS
		بهلوان 9	DW	مروي	العجيني	15MS
	محجة /جسر خبب	بحوث 9	DW	بعل	العجيني	20MS
ريف دمشق	قرحتا	TERBOL	BW	مروي	العجيني	70S
		أكساد 1450	BW	مروي	العجيني	10S
		دوما 68605	BW	مروي	العجيني	5MS
		شام 4	BW	مروي	العجيني	10S
		أكساد 1458	BW	مروي	العجيني	20S
		دوما 68150	BW	مروي	العجيني	20MS
		دوما 6	BW	مروي	العجيني	20S
		دوما 68165	BW	مروي	العجيني	10MS
		دوما 68017	BW	مروي	العجيني	20S
		17/917	BW	مروي	العجيني	5MR
		ATLAS	BW	مروي	العجيني	10S
طرطوس	مركز بحوث الجماسة	دوما 6	BW	بعل	العجيني	70S
	دريكيش	شام 6	BW	بعل	العجيني	10MS
	ميعار شاكر	شام 10	BW	بعل	العجيني	50S
	سهل عكار	شام 8	BW	بعل	العجيني	100S
اللاذقية	مركز بحوث صنوبر	شام 8	BW	بعل	العجيني	20S
		شام 1	DW	بعل	العجيني	5MS
		شام 10	BW	بعل	العجيني	40S
		شام 6	BW	بعل	العجيني	40S
		شام 7	DW	بعل	العجيني	10MR
	قبو العوامية	شام 4	BW	بعل	العجيني	20S
		شام 9	DW	بعل	العجيني	70S
	عين العروس	شام 8	BW	مروي	العجيني	70S
حماه	مركز بحوث حماه	دوما 68010	BW	مروي	العجيني	10MR
		17/917	BW	مروي	العجيني	70S
		دوما 6	BW	مروي	العجيني	50S
		شام 4	BW	مروي	العجيني	60S
		16/917	BW	مروي	العجيني	80S
		ATLAS	BW	مروي	العجيني	60S
		دوما 58585	BW	مروي	العجيني	70S
		أكساد 1406	BW	مروي	العجيني	60S
		TERBOL	BW	مروي	العجيني	80S
		دوما 6	BW	مروي	العجيني	40S
		أكساد 1485	BW	مروي	العجيني	10MR

	مركز بحوث الغاب	دوما 68057	BW	بعل	العجيني	60S
		بحوث 8	BW	بعل	العجيني	70S
		H3/L26	BW	بعل	العجيني	70S
		شام 4	BW	بعل	العجيني	90S
		شام 10	BW	بعل	العجيني	40S
		دوما 2	BW	بعل	العجيني	40S
حمص	مركز بحوث حمص	دوما 68057	BW	بعل	العجيني	20S
	الدوير	شام 9	DW	بعل	العجيني	10MS

BW= قمح طريّ ، DW= قمح قاسي، S=حساس ، MS= متوسطة الحساسية، MR=متوسط المقاومة

– تأثير نوع القمح على شدة الإصابة:

أظهرت نتائج الجدول (4) تفوق أصناف القمح القاسي عن أصناف القمح الطريّ في درجة مقاومته لمرض الصدأ الأصفر، حيث لوحظ أنّ عدد العينات المصابة من القمح الطري أكبر من عدد العينات من القمح القاسي بمعدل الضعف تقريباً خلال موسم النمو 2023، مع وجود فروق معنوية بين متوسط درجة الإصابة بالمرض لدى أصناف القمح الطريّ 24.5% عن أصناف القمح القاسي 53.6%عند P<0.001.

الشكل 1: يوضح الأبواغ اليوريدينية لفطر الصدأ الأصفر *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* **على صنف القمح الطريّ شام8 في مرحلة الطور اللبني.**

جدول (4). متوسط شدة الإصابة بمرض الصدأ الأصفر على القمح حسب نوع القمح خلال موسم النمو 2023.

نوع القمح	عدد العينات المصابة	متوسط درجة الإصابة %
طري BW	78	53.6 a
قاسيDW	22	24.5 b

ويلاحظ ذلك من نتائج جدول المسح الحقلي (3)، إذ أنّ درجة الإصابة بالمرض لدى صنف القمح الطريّ شام8 70S في حلب– تل السوس، بينما انخفضت درجة الإصابة إلى 10s لدى الصنف القاسي شام7، أمّا في درعا (مركز بحوث ازرع وبذات الظروف المناخية) سُجل الصنف شام8 درجة إصابة 40s بينما في صنف القمح القاسي شام9 انخفضت إلى 20s. وفي محافظة اللاذقية، أبدى الصنف شام8 درجة إصابة 20s والصنف شام1شدة إصابة 5MS. يعزى ذلك إلى التفضيل العائلي للفطر، وتتفق هذه النتيجة مع نتائج عدة دراسات حول التفضيل العائلي لمرض الصدأ الأصفر لأصناف القمح الطريّ [27، 28]، و بيّن أنّ أكبر عامل مؤثر ومساهم في شدة مرض الصدأ الأصفر بنسبة 61.10% هو النمط الوراثي للعائل النباتي مقارن بالعوامل البيئية أو الزراعية الأخرى [29]. تعتمد الأصناف الطرية المنتشرة في نطاق واسع على جينات كثيرة (Yr9، Yr31، Yr27) ولكن هذه المورثات انكسرت بسرعة أمام السلالات المرضية السائدة [30]. مؤخراً، بيّنت نتائج [31] أنّ المورث Yr15 المنقول من القمح البريّ *T. dicoccodes* قد فقد فعاليته مؤخراً ضد المرض في المملكة المتحدة. بينما تحتفظ الأصناف القاسية غالباً بمورثات مقاومة أكثر فعالية واستقراراً ضد مرض الصدأ الأصفر مقارنة بالأصناف الطرية، ومن أبرز هذه المورثات

Yr36(يمنح مقاومة جزئية متعددة المراحل) وكذلك المورثتان Yr51، Yr53، كما أنّ التركيب المورفولوجي للقمح القاسي قد أسهم بشكل أكبر في المقاومة أو التحمّل للمرض " أوراق أكثر سماكة، طبقة شمعية أثخن"، مما يقلل من كفاءة التصاق الأبواغ وإنباتها [32]. بالإضافة لذلك، قد تؤدي الاختلافات في الفينولوجيا (سرعة النمو النباتي، مدة أو طول مرحلة قابلية الإصابة) إلى هروب جزئي من ذروة الضغط المرضي. كما ترتبط المقاومة بنشاط أعلى للأنزيمات المضادة للأكسدة (Peroxidase, Catalase, Superoxide dismutase) وإنتاج مركبات الفينول والفلافونيد، التي تنتج بشكل أكبر عند الطرز الوراثية رباعية الصيغة الصبغية (القمح القاسي) [33].

-تأثير نظام الريّ على شدة الإصابة:

يبيّن الجدول (5)، أنّ عدد العينات النباتية المصابة تحت ظروف الزراعة المروية يفوق قليلاً عدد العينات النباتية تحت ظروف الزراعة البعلية، وأنّ الزراعة تحت ظروف الزراعة المروية قد زادت من شدة الإصابة بالمقارنة مع البعلية بمعدل 61%، ضمن فروق معنوية عند مستوى $P<0.001$.

جدول (5). متوسط شدة الإصابة بمرض الصدأ الأصفر على القمح حسب نظام الريّ خلال موسم النمو 2023.

نظام الريّ	عدد العينات المصابة	متوسط شدة الإصابة%
مروي	48	58.2 a
بعلي	51	36.1 b

ويتضح ذلك من الأمثلة، حيث بلغت شدة الإصابة في محافظة درعا (مركز بحوث ازرع) لدى صنف القمح الطريّ دوما6 تحت ظروف الزراعة المروية 70S، وانخفضت إلى 50S في ظروف الزراعة البعلية. أيّ أنّ مستوى شدة الإصابة قد يتغير بتأثير ظروف الزراعة الروية أو البعلية، ويتفق ذلك مع نتائج دراسة في أفغانستان عند اختبار عدة أصناف تجاه الإصابة بمرض الصدأ الأصفر على القمح، تبيّن أنّ مستوى شدة الإصابة عند الزراعة البعلية كان مقاوم إلى متوسط المقاومة، وانخفض عند ظروف الزراعة المروية إلى متوسط القابلية للإصابة [34].

-تأثير المساحة المزروعة على شدة الإصابة:

يوضح الجدول (6) وجود علاقة ارتباط قوية بين المساحة المزروعة وشدة الإصابة بمرض الصدأ الأصفر على القمح عند ($r=0.82$, $P=0.045$, $R^2=0.67$)، وذلك بعد استبعاد طرطوس كقيمة شاذة. بلغ متوسط شدة الإصابة في حلب ودرعا 52.9، 52.0%، على التوالي. بينما سجلت أقل مستوى شدة إصابة في حمص 15.0% و ريف دمشق 17.5%.

جدول (6). متوسط شدة الإصابة بمرض الصدأ الأصفر على القمح حسب المحافظة والمساحة المزروعة.

المحافظة	المساحة/هكتار	عدد العينات	متوسط شدة الإصابة%
حلب	270.852	16	52.9
درعا	81.110	41	52.0
حماه (والغاب)	99.092	18	60.3
حمص	42.685	2	15.0
ريف دمشق	20.836	11	17.5
اللاذقية	8.653	8	33.6
طرطوس	16.741	4	57.5

ويفسر مما سبق، بأنّ كل زيادة في المساحة المزروعة بمقدار 100 ألف هكتار يترافق معها زيادة في مستوى شدة الإصابة بالمرض بمعدل 15%، أيّ أنّ المساحة المزروعة تفسر بنسبة 67% من التباين أو التفاوت في شدة الإصابة

بين المحافظات، مما يؤثر بشكل محدد على كمية أو تركيز اللقاح الفطري التي تتناسب طرداً في المناطق الشاسعة، ويفسر ذلك انخفاض النسبة المئوية لمتوسط الإصابة في حمص مقارنة بحماه والغاب (99.092هكتار) بمتوسط إصابة عالية 60.3%، ويتفق ذلك مع نتائج [35].

أيضاً لوحظ من نتائج المسح الحقلي في حلب " مساحات زراعية شاسعة للقمح مع مناخ أقل رطوبة" أنّ الفرق بين متوسط الإصابة بالمرض لدى أصناف الطريّ والقاسي بشكل واضح، لوجود أعداد من أصناف القمح الطريّ الحساسة مجتمعة، مما ينتج كمية هائلة من اللقاح الفطري الذي ينتقل بسهولة عبر الرياح لمسافات طويلة ونجد في المنطقة الساحلية المساحات الصغيرة والمجزأة (بساتين وحقول صغيرة بين الجبال) تعمل كحواجز طبيعية، وتقلل من كمية اللقاح، حتى لو كانت الرطوبة مواتية محلياً [32، 36].

وعلى الرغم مما سبق، لقد سُجل في اللاذقية (قبو العوامية) شدة إصابة 70S للصنف القاسي شام 9 (DW)، وهو أعلى بكثير من متوسط الأصناف القاسية (28.7%)، وذلك ربما يعود إلى للمناخ المحلي الشديد الرطوبة (منطقة منخفضة، قريبة من البحر، ندى كثيف) قد يكون قد تغلب على المقاومة الجزئية لهذا الصنف، أو ربما هذا الصنف قد يكون أقل مقاومة من الأصناف القاسية (اختلافات داخل النوع الواحد) وهذ يؤكد أنّ ليس كل صنف قاسي مقاوم، بل هناك تباين وراثي داخل النوع الواحد، مما يستدعي فحصاً جزئياً لكل صنف.

سجلت وعلى الرغم من مساحة محافظة طرطوس البالغة 16.741 هكتاراً، فقد سُجّلت موسط شدة إصابة بالمرض عالية 57.5%، وهذا لا يلغي دور المساحة، بل ويعود ذلك لوجود عوامل محلية في مناخ المنطقة، والتي يمكنها التغلب على تأثير المساحات الصغيرة، كما تسبب الشراسة العالية للمرض والمناخ شديد الرطوبة وزراعة صنف حساس ضمن تضاريس محصورة بين الجبال (سهل عكار) بالإضافة لوجود مصادر للعائل النباتي قادمة من الخارج.

- تأثير نوع القمح ونظام الريّ:

أظهرت نتائج الجدول (7)، وجود فروق معنوية في متوسط شدة الإصابة بين نوعي أصناف القمح القاسي والطريّ ضمن ظروف الزراعة المروية والبعلية، وفرق معنوي في متوسط شدة الإصابة بين أصناف القمح الطري بالاعتماد على نوع نظام الريّ، كما بيّنت نتائج التحليل عدم وجود فروق معنوية في متوسط شدة الإصابة لأصناف القمح القاسي باختلاف ظروف الزراعة سواء بعلية أو مروية عند $P<0.05$.

جدول (7). تأثير عاملي نوع القمح ونظام الريّ في شدة الإصابة بمرض الصدأ الأصفر على القمح .

نوع القمح	نظام الريّ	عدد العينات المصابة	متوسط شدة الاصابة %
طريBW	مروي	41	63.2 a
طريBW	بعل	36	43.1 b
قاسيDW	مروي	7	28.6 c
قاسيDW	بعل	15	22.7 c

يوضح الجدول (7)، أنّ ظروف الزراعة المروية تزيد من شدة الإصابة بالمرض بمقدار 1.6 مرة بمعدل 61% مقارنة بظروف الزراعة البعلية. وتبين أصناف القمح الطري تزداد درجة إصابتها بشكل حاد تحت ظروف الزراعة المرويّة مقارنة بالبعلية بمعدل 46%، إذ بلغ متوسط شدة الإصابة في أصناف القمح الطريّ تحت ظروف الزراعة المروية والبعلية 63.2%، 43.1%، على التوالي. بينما انخفض متوسط درجة الإصابة عند أصناف القمح القاسي ضمن ظروف الزراعة المروية والبعلية 28.6% و 22.7%، على التوالي بمعدل فرق متوسط إصابة 26% فقط. هذا يدل إلى أنّ المقاومة الوراثية للأصناف القاسية قادرة على تعديل تأثير الريّ المرويّ، أيّ أنّ حتى بزيادة الرطوبة المحلية بفعل الريّ، تبقى الإصابة منخفضة نسبياً.

ولكن تبيّن من الجدول (3) وجود استثناء في درجة إصابة 100S في سهل عكار–طرطوس رغم كونه بعلياً، وذلك يعود إلى طبيعة وموقع المنطقة، إذ تعدّ منطقة منخفضة تجمع فيها الرطوبة والندى صباحاً وهذا يتفق مع نتائج [37، 38] في أنّ التفاعل بين عاملي الريّ والصنف يؤثر في تحديد شدة الإصابة بالمرض.

– تأثير نوع القمح و المساحة المزروعة:

ويوضح الجدول التالي ملخص لأهم التفاعلات الرئيسية بين العوامل الثلاثة التي تؤثر في تباين شدة الاصابة بمرض الصدأ الأصفر.

جدول (8). تأثير عدة عوامل في شدة الإصابة بمرض الصدأ الأصفر على القمح في سورية 2023.

نوع القمح	نظام الريّ	المساحة	الظروف المناخية	مثال من المسح الحقلي	درجة الإصابة
طري	مروي	شاسعة	معتدلة	سفيرة، حلب	100s
طري	مروي	متوسطة	رطبة جداً	مركز بحوث قرحتا، ريف دمشق	70s
طري	بعل	صغيرة	رطبة جداً	سهل عكار، طرطوس	100s
قاسي	بعل	أي مساحة	أيّ مناخ (ماعدا شديد الرطوبة)	درعا، حلب، اللاذقية	20s–5s

ثبت في هذه الدراسة أنّ نوع القمح (طريّ أو قاسي) هو عامل حاسم في تحديد شدة الإصابة بمرض الصدأ الأصفر على القمح، حيث تتفوق الأصناف القاسية بمقاومة أكبر بمرتين تقريباً من الطرية، يعود ذلك إلى التفضيل العوائلي للفطر واختلاف المواصفات الشكلية والتشريحية لأنسجة النبات [27]، إضافةً للعوامل الوراثية التي تؤثر بشكل كبير في درجة مقاومة القمح لمرض الصدأ الأصفر، حيث توجد اختلافات واضحة في التركيب الجيني لكل من نوعب القمح، وهذه الاختلافات تشمل تنوع جينات/مورثات المقاومة وموقعها على الكروموسومات، مما يحدد مدى قابلية أو مقاومة كل صنف للإصابة بالفطر. ويعدّ التفاعل بين نوع القمح ونظام الريّ مهم جداً، فالأصناف الطرية تزداد إصابتها بشكل كبير تحت– ظروف الزراعة المرويّة، بينما تبقى الأصناف القاسية محصنة نسبياً. بالإضافة إلى ذلك، المساحة المزروعة الكبيرة وكمية اللقاح المرضي قد تتفوقان على الرطوبة الجوية في بعض الحالات

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1. انتشار مرض الصدأ الأصفر في جميع المحافظات السورية بنسب انتشار متفاوتة، إذ سجلت أعلى نسبة في مناطق الزراعة الواسعة المروية بالمقارنة مع المساحات الصغيرة البعلية.

2. نوع القمح (طريّ أو قاسي) هو العامل الأكثر تحديداً لقابلية الإصابة، إذ أثبتت الأصناف القاسية مقاومة أفضل بضعفين من الأصناف الطرية، ويعود ذلك إلى وجود مورثات مستقرة، واختلافات مورفولوجية وكيميائية حيوية.

3. يضاعف نظام الزراعة المروية شدة الإصابة بمعدل 1.8 مرة بالمقارنة مع الزراعة البعلية، ولكن تأثيره يعتمد على وجود صنف حساس للإصابة مع كمية لقاح مرضي.

4. ترتبط المساحة المزروعة بالقمح بشكل إيجابي تجاه شدة الإصابة بالمرض، أيّ بزيادة كمية اللقاح المرضي الإجمالية.

5. تفاعل العوامل الثلاثة (صنف طريّ مع ظروف زراعة مروية في مساحات شاسعة) تؤدي بشكل مؤكد إلى إصابة 100% (البرقوم وسفيرة في حلب)، أما زراعة صنف قاسي في ظروف زراعة بعلية يحافظ على مستوى شدة الإصابة تحت 25% (شام7 في حلب).

التوصيات:

1. الاستمرار في تقييم الأصناف المعتمدة والطرز المبشرة من القمح الطريّ والقاسي سنوياً بشكل دوري إزاء السلالات المرضية الجديدة تحت ظروف العدوى الاصطناعية والطبيعية وضمن ظروف الزراعة المروية، لتحديد الأكثر مقاومة منها، واستخدامها في برامج التربية وبرامج استنباط الأصناف المقاومة.

2. عزل وتوصيف السلالات المرضية السائدة وخاصة المنتشرة في حلب وطرطوس، لتحديد ومعرفة مورثات المقاومة الفعالة ضدها.

3. استبدال زراعة المساحات الواسعة (حلب، الغاب) بأصناف القمح الطريّ الحساسة " شام 8 وشام 10" بأصناف قمح قاسي " دوما1، ازرع5، ازرع13" أو أصناف طريّ مقاومة وأكثر تحملاً في المساحات الصغيرة وضمن ظروف بيئية غير مواتية لتطور المرض، يمكن أن يخفض من شدة المرض بنسبة تصل إلى 80% حتى مع استمرار الريّ المروي.

4. اعتماد الزراعة البينيّة المتناوبة كاستراتيجية وقائية طبيعية لمنع تراكم اللقاح الأولي.

5. زراعة الأصناف القابلة للإصابة بالمرض كالصنف شام 8 في أطراف الحقول المزروعة للتنبؤ بالمرض مبكراً.

References:

[1] Erenstein, O.; Jaleta, M.; Mottaleb, K.A.; Sonder, K.; Donovan, J.; Braun, H.-J. Global trends in wheat production, consumption and trade. In Wheat Improvement: Food Security in a Changing Climate; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2022; pp. 47–66.

[2] FAO, Crop Prospects and Food Situation – Quarterly Global Report, No. 2, July 2022Rome, 2024.

[3] Annual Agricultural Statistical Abstract, Syrian Ministry of Agriculture and Agrarian Reform, Directorate of Planning and International Cooperation, Damascus, Syria, [In Arabic] 2023.

[4] A. A. Bajwa, M. Farooq, A. M. Al-Sadi, A. Nawaz, K. Jabran, and K. H. M. Siddique, Impact of climate change on biology and management of wheat pests, Crop Prot. vol. 137, p. 105304, 2020.

[5] H. Grausgruber, T. M. Ikeda, and C. Guzmán, FODMAPs in Wheat, in Wheat Quality for Improving Processing and Human Health, Springer, Berlin/Heidelberg, Germany, pp. 517–534, 2020.

[6] A. T. Guo, W. J. Huang, Y. Y. Dong, H. C. Ye, H. Q. Ma, B. Liu, W. B. Wu, Y. Ren, C. Ruan, and Y. Geng, Wheat Yellow Rust Detection Using UAV-Based Hyperspectral Technology, Remote Sens. vol. 13, p. 123, 2021.

[7] R. Singh, A. D. Chintagunta, D. K. Agarwal, R. Kureel, and S. J. Kumar, Varietal replacement rate: Prospects and challenges for global food security, Glob. Food Secur. vol. 25, p. 100324, 2019.

[8] X. M. Chen, Stripe rust epidemiology, in Stripe Rust, X. M. Chen and Z. S. Kang (eds.), Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 283–352, 2017.

[9] Rehman, A.; Naeem, M.S.; Naseer, M.F.; Khan, M.A. Pursuit of the stripe rust (Puccinia striiformis f. sp. tritici (pst)) disease resistance and its relation with morphological attributes in wheat (Triticum aestivum L.). Pak. J. Phytopathol. 2022, 34, 19–26.
[10] O. F. Mamluk, M. Al-Ahmed, and A. M. Makki, Current status of wheat diseases in Syria, Phytopathol. Mediterr. vol. 29, pp. 143–150, 1990.
[11] Y. Jin, J. Kolmer, L. Szabo, M. N. Rouse, M. S. Hovmøller, P. D. Olivera, et al., CHAPTER 4: Emergence and spread of new races of wheat rust fungi: continued threat to food security and prospects of genetic control, in Emerging Plant Diseases and Global Food Security, J. B. Ristaino and A. Records (eds.), American Phytopathological Society Press, St. Paul, MN, pp. 53–79, 2020.
[12] M. Solh, K. Nazari, W. Tadesse, and C. R. Wellings, The growing threat of stripe rust worldwide, in Proceedings of the Borlaug Global Rust Initiative (BGRI) Conference, Beijing, China, 1–4 September, 2012.
[13] R. A. Bayles, K. Flath, M. S. Hovmøller, and C. de Vallavieille-Pope, Breakdown of the Yr17 resistance to yellow rust of wheat in northern Europe, Agronomie vol. 20, pp. 805–811, 2000.
[14] S. Kharouf, S. Hamza, and M. Al-Azma, Identification of rust disease strains on wheat in Syria during the 2019 season, Arab J. Plant Prot. vol. 39, no. 1, pp. 1–13, [In Arabic] 2021.
[15] J.M. Beddow, P.G. Pardey, Y. Chai, T.M. Hurley, D.J. Kriticos, H.-J. Braun, R.F. Park, W.S. Cuddy, T. Yonow, Research investment implications of shifts in the global geography of wheat stripe rust. Nat. Plants, 1, 1–5, 2015.
[16] S. Kharouf, F. Azmeh, B. N. Alsalamah, Study genetic variation using DNA molecular markers and identification physiological races of wheat stripe (yellow) rust Puccinia striiformis f. sp. tritici during 2010–2014 in some regions of Syria, J. Food Sci. Eng. vol. 7, pp. 161–172, 2017.
[17] S. Al-Chaabi, N. Moselly, A. Shehadeih, Occurrence and distribution of wheat yellow rust in Syria, pathogen virulences and performance of commercial grown cultivars, Bassel al-Assad J. Eng. Sci. vol. 24, pp. 151–179, 2007.
[18] M. Tehseen, F. Tonk, M. Tosun, H. Randhawa, E. Kurtulus, I. Ozseven, et al., QTL mapping of adult plant resistance to stripe rust in a doubled haploid wheat population, Front. Genet. vol. 13, p. 900558, 2022.
[19] V. Župunski, L. Savva; D.G. Saunders, R. Jevtić, A recent shift in the Puccinia striiformis f. sp. tritici population in Serbia coincides with changes in yield losses of commercial winter wheat varieties. Front. Plant Sci 15, 1464454, 2024.
[20] M. F. Azmeh, International wheat stripe rust symposium, 18–20 April, ICARDA, Aleppo, Syria, 2011.
[21] A.A. Sajid, Population Biology and Invasion History of Puccinia striformis f. sp. tritici at Worldwide and Local Scale. Ph.D. Thesis, Université Paris, Sud-Paris, France, 2012.
[22] D. A. C. Pink, Strategies using genes for non-durable disease resistance, Euphytica vol. 124, pp. 227–236, 2002.
[23], J.C. Zadoks. Epidemiology of wheat rusts in Europe. FAO Plant Protection Bulletin, 13: 1-12, 1965.
[24] R. W. Stubbs, J. M. Prescott, E. E, Dubin. Cereal Diseases Methodology Manual International Maize and Wheat Important Center (CIMMYT) in Cooperation with Research Institute for Plant Protection (IPO). Wageningen the Nether land, 46,1986.
[25] R. Peterson, A. Campbell, A. Hannah. A diagrammatic scale of estimating rust intensity on leaves and Stems of Cereals. Can. J, Res. 26. 496-500, 1948 .

[26] S. Al-Chaabi,.and T. Abu-Fadel. Epidemic Incidence of Yellow Rust Disease on Bread Wheat in Syria During 2010 Season, Performance of Released and Promising Varieties, and Preliminary Detection of Remained Effective Resistant Genes to Pathogen Virulences. Arab Journal of Plant Protection, 30: 180-191, 2012. [In Arabic]
[27] X. M, Chen. Wheat stripe rust epidemics in the world: current status and future threats. Annual Review of Phytopathology, 59, 337-357, 2021.
[28] H. Mazouz, A. Bencheikh, H. Bouzerzour. Resistance of durum wheat to stripe rust in the Mediterranean region. Crop Protection, 112, 128-135, 2018.
[29] T. Sood, D. Basandrai, A. Mehta, J. Kaur, M. Patiyal, S. Singh, A.K. Basandrai. Field relevant resistant sources to yellow rust (Puccinia striiformis) and powdery mildew (Blumeria graminis tritici) in some exotic wheat (Triticum aestivum) and their yield potential. Indian J. Genet. Plant Breed., 85(3): 426-436. https://doi.org/10.31742/ISGPB.85. 3.8 ISSN: 0975-6906, 2025.
[30] L. Bouvet, S. Holds, G. C. Bergstrom. Adaptation of Puccinia striiformis to warmer temperatures: a new challenge for wheat production. Plant Pathology, 71(3), 567-580, 2022.
[31] F. Jan, M. Rathore, D. Kumar Saini, A. Singh, N. Qureshi, N. Aggarwal, M. Bashir, M. Shakeel, V. Gupta, S. Kumar, R. K. Varshney, R. R. Mir. Wheat's war against stripe rust: Integrating host immunity, genomics and breeding for durable resistance, The Plant Genome, 19, e70174, 2026. https://doi.org/10.1002/tpg2.70174
[32] E. A. Milus, K. D. Lee, G. Brown-Guedira. The role of landscape-scale inoculum in stripe rust epidemics. Phytopathology, 109(8), 1423-1432, 2019.
[33] F. Jan *et al.* Do different wheat ploidy levels respond differently against stripe rust infection: Interplay between reactive oxygen species (ROS) and the antioxidant defense system? Plant Physiology and Biochemistry, 219, 109259, 2024.
[34] H. Amin, M. Lateif, M. A. Mominzai, N. Rahmatzai, S. Baheer. Screening of Wheat Different Varieties against stripe rust (Puccinia striformis f. sp. tritici) in Baghlan ProvinceAfghanistan. International Journal of Current Science Research and Review, 7(8), 6636-6642, 2024. Available at: www.ijcsrr.org
[35] G. T. Araujo, D. A. Gaudet, E. Amundsen, M. Frick, R. Aboukhaddour, B. L. Selinger, Laroche, A. Inoculum threshold for stripe rust infection in wheat. Canadian Journal of Plant Pathology, 45(3), 304-319, 2023.
[36] S. Walter, S. , Ali, E. Kemen. Landscape connectivity and disease severity: a case study of wheat stripe rust. Ecological Applications, 30(4), e02088, 2020.
[37] M. El Jarroudi, L. Kouadio. Irrigation as a risk factor for stripe rust development in wheat. Agronomy for Sustainable Development, 42(2), 25, 2022.
[38] E. Z. Khalifa, W. M. El-Orabey, M.E. Selim, A .Lamyaa Hussein. Predicting stripe rust disease severity in wheat using meteorological data with environmental response modeling . Menoufia J. Plant Protection, Volume 9 Issue 2, 115 – 131., 2024. https: //mjpam.journals.ekb.eg/.