تأثير التغيرات المناخية على أمراض وآفات النبات وأثرها على الأمن الغذائي

الصادق محمد غزالة[*1]، منى نوري عكريم[2]، محمد علي زائد[3]، رتاج عبدالسلام المقروس[4]

[4،3،2،1] قسم وقاية النبات، كلية الزراعة، جامعة طرابلس، طرابلس، ليبيا

[*] al.ghazala@uot.edu.ly

تم الاستلام بتاريخ 10-11-2024، تم القبول بتاريخ 11-01-2025 ، تم النشر بتاريخ 31-03-2025

doi.org/10.5281/zenodo.15332997

المستخلص:

تعد التغيرات المناخية من أبرز التحديات التي تواجه القطاع الزراعي في العصر الحالي، إذ تؤثر بشكل كبير على الأمراض والآفات الزراعية، مما يهدد الأمن الغذائي العالمي. مع ارتفاع درجات الحرارة وتغير أنماط الهطول، وزيادة مستويات ثاني أكسيد الكربون، فإن التغيرات المناخية تشكل أحد أبرز التحديات البيئية التي تؤثر على الإنتاج الزراعي والأمن الغذائي العالمي. يؤدي ارتفاع درجات الحرارة، التغيرات في أنماط الهطول، وزيادة الكوارث الطبيعية إلى تغيير بيئات نمو النباتات والممرضات، مما يؤثر على انتشار وشدة الأمراض النباتية والآفات.

يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير التغيّرات المناخية على أمراض النبات والآفات بصورة مباشرة أو غير المباشرة على المحاصيل الزراعية، حيث شملت الدراسة مراجعة تأثيرات العوامل البيئية مثل الحرارة والرطوبة وزيادة مستويات ثاني أكسيد الكربون على بعض الأمراض مثل الصدأ الفطري، الذبول الفيوزاريومي واللفحة المتأخرة، إضافة إلى تأثيرها على النيماتودا والآفات الحشرية، كما يناقش البحث تداعيات هذه التغيرات على الأمن الغذائي، والاستراتيجيات الممكنة للتكيّف مع هذه التغيرات من خلال تحسين نظم الزراعة والإدارة البيئية. أصبحت البيئات الزراعية أكثر ملائمة لنمو وتكاثر المسببات المرضية والآفات. وهذا أدى إلى زيادة انتشار الأمراض الفطرية والبكتيرية، مثل الصدأ الفطري واللفحة المتأخرة، التي تتوسع في نطاقاتها بسبب الظروف المناخية الجديدة. كما أن الآفات الحشرية مثل سوسة النخيل والحشرات المنقولة تجد بيئة مناسبة للتكاثر في مناطق لم تكن آهلة في السابق. تؤثر هذه التغيرات سلباً على الإنتاج الزراعي، الأمر الذي يؤثر على الإمدادات الغذائية، ويزيد من صعوبة إدارة الآفات والأمراض، بالإضافة أن التغيرات المناخية تساهم في تدهور التربة ومسارات توزيع المياه، مما يجعل المحاصيل أكثر عرضة للإصابة. للحد من تأثير هذه التغيرات، يتطلب الأمر تبني استراتيجيات زراعية مستدامة تشمل تطوير أصناف مقاومة للأمراض والآفات، تحسين تقنيات الزراعة وإدارة الموارد المائية، بالإضافة إلى استخدام أنظمة إدارة متكاملة للآفات. علاوة على ذلك، يتعين تعزيز الأبحاث الزراعية وتدريب المزارعين على مواجهة تحديات التغيرات المناخية. تعتبر هذه الإجراءات ضرورية لضمان استدامة الزراعة والأمن الغذائي في ظل الظروف المناخية المتغيرة.

الكلمات المفتاحية: *التغيرات المناخية، الأمراض، الآفات، الاحتباس الحراري، الامن الغذائي.*

المقدمة:

تعتبر التغيرات المناخية من أبرز القضايا البيئية التي تهدد كوكب الأرض في العصر الحديث، فمنذ بداية الثورة الصناعية، شهدت الأرض زيادة ملحوظة في درجات الحرارة، وأسهم ذلك في حدوث تغيُّرات غير مسبوقة في أنماط الطقس وزيادة في تكرار حدوث الكوارث الطبيعية، وتدهور النظم البيئية. يعود السبب الرئيسي للتغير المناخي لزيادة انبعاثات الغازات الدفيئة مثل ثاني أكسيد الكربون والميثان الناتجة عن الأنشطة البشرية، مثل حرق الوقود الأحفوري وإزالة الغابات (IPCC, 2021; NASA, 2020). أدى التغير المناخي العالمي إلى تغيُّرات ملحوظة في درجات الحرارة، الرطوبة، ومعدلات سقوط الأمطار، وهذا انعكس بشكل مباشر على الإنتاج الزراعي، كما أن هذه التغيرات

تتسبب في تغير توزيع وانتشار الأمراض النباتية والآفات الحشرية، وأصبح يؤثر على الإنتاج الزراعي ويشكل تحدياً للأمن الغذائي. يُعَد فهم تأثير التغير المناخي على مسببات الأمراض والآفات أمراً أساسياً لتطوير استراتيجيات إدارة متكيفة .لا تقتصر تأثيرات التغيرات المناخية على البيئة فحسب، بل تمتد لتشمل الجوانب الاقتصادية والاجتماعية والصحية، فقد أدى الارتفاع المتواصل في درجات الحرارة إلى تغيُّر كبير في معدلات سقوط الأمطار والجفاف، مما أدى إلى تراجع الإنتاج الزراعي في العديد من المناطق، كما أسهم ذلك في زيادة معدلات الفقر في بعض الدول النامية، حيث يعاني ملايين البشر من آثار الجفاف والفيضانات وارتفاع أسعار المواد الغذائية (IPCC, 2021; FAO, 2020)، من جهة أخرى، تمثل التغيرات المناخية تهديداً مباشراً للتنوع البيولوجي، حيث يواجه العديد من الأنواع الحيوانية والنباتية صعوبة في التكيّف مع الظروف المناخية المتغيرة. ونتيجة لذلك، فإن العديد من الأنواع مهددة بالانقراض، ويعيق ذلك التوازن البيئي بشكل كبير. تعد المحيطات أيضاً واحدة من أكثر النظم البيئية عرضة لهذه التغيرات، حيث تتسبب زيادة درجات الحرارة في تدهور الشعاب المرجانية وارتفاع مستويات البحار، مما يهدد بعض المناطق السكنية الساحلية إضافة لحياة البحار بشكل عام. لقد أصبحت التغيرات المناخية قضية ذات أبعاد عالمية، حيث تسعى الحكومات والمنظمات الدولية إلى إيجاد حلول فعالة للحد من هذه الظاهرة، ويُعد مؤتمر الأمم المتحدة للتغير المناخي (COP) أحد المنابر العالمية الرئيسية التي تعمل على اتخاذ تدابير للحد من انبعاثات الغازات الدفيئة وتعزيز الطاقة المتجددة، إلا أن العوامل الاقتصادية والسياسية، إضافة إلى التفاوت الكبير في القدرة على التكيف بين الدول، تزيد تحديات مكافحة التغيرات المناخية تعقيداً (IPCC, 2021; UNEP, 2020 and UN, 2021). إن التأثيرات الاجتماعية للتغيرات المناخية تتطلب اهتماماً متزايداً، خاصة في مناطق الدول النامية التي تفتقر إلى البنية التحتية اللازمة لمواجهة الكوارث الطبيعية، إضافة إلى ذلك فإن التغيرات المناخية تؤثر بشكل مباشر على الصحة العامة، إذ يعاني السكان من الأمراض المرتبطة بارتفاع درجات الحرارة، مثل أمراض القلب والسكتات الدماغية، بالإضافة إلى الأمراض التي تنقل عن طريق المياه والحشرات (IPCC, 2018; UNDP, 2020 and WHO, 2021).

التصدي للتغيرات المناخية:

بناءً على ذلك، يتطلب التصدي للتغيرات المناخية تعاوناً دولياً مستمراً، إذ ينبغي العمل على تقليل الانبعاثات من خلال تبني سياسات فعالة للطاقة المتجددة وتحسين كفاءة استخدام الطاقة، وتعزيز وسائل النقل المستدامة. في ذات السياق، من المهم تعزيز جهود التكيّف مع هذه التغيرات من خلال تطوير أنظمة التنبؤ المبكر لحدوث الكوارث، وتحسين البنية التحتية الزراعية، وتعزيز قدرة المجتمعات المحلية على التعامل مع المخاطر المناخية المتزايدة.

لقد أضحى التغير المناخي حقيقة لا يمكن تجاهلها، وهو يشكل تهديداً لمستقبل الحياة على كوكب الأرض في شتى مجالاتها. الأمر الذي يتطلب اتخاذ إجراءات فعالة ومستمرة من الجميع ، بداية من الأفراد والحكومات، مروراً بالمنظمات الدولية، للتعامل مع هذه القضية بشكل جاد لضمان مستقبل أكثر استدامة (IPCC, 2021; UNDP, 2021; UNFCCC, 2015).

تأثير التغيرات المناخية على الأمراض والآفات الزراعية:

تعد التغيرات المناخية من أبرز العوامل التي تؤثر على الزراعة في جميع أنحاء العالم، حيث يؤدي التغير في درجات الحرارة، الرطوبة وسقوط الأمطار إلى تغيُّرات كبيرة في بيئة نمو المحاصيل الزراعية، مما يساهم في انتشار العديد

من الأمراض النباتية والآفات الزراعية. يشكل هذا التحدي تهديداً كبيراً للأمن الغذائي، حيث يؤدي إلى انخفاض الإنتاجية الزراعية، و ينعكس ذلك سلباً على الاقتصادات المحلية والعالمية، و نستعرض من خلال هذه الدراسة بعض التأثيرات الرئيسية للتغيرات المناخية على الأمراض والآفات الزراعية (IPCC, 2021; FAO, 2016; World Bank, 2013).

تأثير درجة الحرارة على الأمراض النباتية:

إن ارتفاع درجات الحرارة الناجم عن التغيرات المناخية له تأثير كبير على نمو وتكاثر الكائنات الممرضة مثل الفطريات، البكتيريا، الفيروسات والنيماتودا، فالعديد من هذه الكائنات الممرضة تكون حساسة للحرارة، وعندما ترتفع درجات الحرارة، قد تزيد من سرعة انتشارها، فعلى سبيل المثال، يساهم ارتفاع درجات الحرارة في تسريع دورة حياة الفطريات الممرضة، مثل الفطر المسبب لمرض الصدأ (*Hemileia vastatrix*) الذي يصيب القهوة، ومرض اللفحة المتأخرة المتسبب عن الفطر (*Phytophthora infestans*) الذي يصيب البطاطس والطماطم (IPCC, 2021 and FAO, 2020; Johnson & Davis, 2018; Allen & Zubair, 2019).

زيادة الرطوبة وارتفاع معدلات سقوط الأمطار:

تؤدي زيادة الرطوبة بسبب ارتفاع معدلات الأمطار في بعض المناطق إلى توفير بيئة ملائمة للكائنات المسببة للأمراض مثل الفطريات والأعفان، فعلى سبيل المثال تشهد العديد من المحاصيل الزراعية زيادة في معدلات الإصابة بالأمراض المتسببة عن الفطريات البيضية، مثل البياض الزغبي على العنب (Downy mildew) المتسبب عن الفطر *Plasmopara viticola*، كما أن فطريات أخرى مثل *Alternaria solani*، المسبب لمرض اللفحة المبكرة على الطماطم، تتزايد خطورتها في البيئة الرطبة (IPCC, 2021; FAO, 2017; Singh & Kumar, 2019; Lankau & Smith, 2020).

تأثير ارتفاع نسبة ثاني أكسيد الكربون على انتشار الأمراض:

أظهرت الدراسات أن زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي يؤثر على نمو النبات وزيادة غزارة نمو بعض الأمراض. عند زيادة ثاني أكسيد الكربون، قد تشهد النباتات تحسناً في نموها، إلا أن ذلك يعزز أيضاً من قابلية النباتات للإصابة بالأمراض، فمثلاً في بعض الحالات، قد يزيد النمو السريع للنباتات من كثافة الأوراق، مما يوفر بيئة غنية بالمواد العضوية و أكثر رطوبة، وهو ما يزيد من فرصة نمو الفطريات الممرضة للنبات (IPCC, 2021; Ainsworth & Rogers, 2018; Evaristo & Zhang, 2020; Johnson & Hill, 2017).

تأثير التغيرات المناخية على انتشار الآفات الزراعية:

التغيرات في درجات الحرارة والرطوبة تؤثر أيضاً على تكاثر وانتشار الآفات الزراعية. حيث أن بعض الآفات الحشرية والنيماتودا تصبح أكثر انتشاراً في ظل الظروف المناخية المتغيرة، فعلى سبيل المثال، يُلاحظ أن درجات الحرارة المرتفعة تؤدي إلى زيادة نشاط بعض الآفات الحشرية مثل سوسة النخيل الحمراء (*Rhynchophorus ferrugineus*) ودودة القطن (*Helicoverpa armigera*)، ما يزيد من خطر تدمير المحاصيل، كما تسبب زيادة درجات الحرارة في زيادة سرعة تكاثر الحشرات، وهذا يعزز زيادة بعض الآفات الحشرية، مثل حشرات المنّ الماصة للعصارة النباتية، والتي يعزى لها نقل الكثير من الأمراض الفيروسية التي تصيب النباتات المختلفة (IPCC, 2021; FAO, 2020; Bale & Hayward, 2019; Faleiro, 2018).

تأثير التغيرات المناخية على النيماتودا الممرضة للنبات:

تؤثر التغيّرات المناخية على انتشار النيماتودا التي تعد من أخطر الآفات الزراعية التي تصيب جذور النباتات، حيث يؤدي ارتفاع درجات الحرارة إلى تسريع دورة حياة النيماتودا، كما هو الحال في نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp. ونيماتودا الحوصلات *Heterodera glycines*. كما أن تغيّر أنماط الأمطار قد يسهم في انتشار النيماتودا في مناطق جديدة لم تكن موجودة فيها من قبل (IPCC, 2021; FAO, 2017; Chen & Yang, 2018; Jones & Perry, 2019).

تأثير التغيّرات المناخية على مكافحة الأمراض والآفات الزراعية المختلفة:

في ظل التغيرات المناخية، تصبح بعض الأساليب التقليدية لمكافحة الآفات والأمراض أقل فعالية، فعلى سبيل المثال، قد تتأثر فعالية المبيدات الحشرية بسبب التغيرات في سلوك الحشرات والآفات، مما يؤدي إلى زيادة انتشارها وصعوبة التحكم فيها، وهذه الزيادة في مقاومة الآفات للمبيدات، قد تتفاقم نتيجة لارتفاع درجات الحرارة (IPCC, 2021; FAO, 2018; Patel & Sharma, 2020; Denholm & Devine, 2019; Bale & Hayward, 2018.

التدابير الممكنة للتكيف مع التغيرات المناخية:

لمواجهة تأثير التغيرات المناخية على الأمراض والآفات الزراعية، يجب تبني سياسات تكيف مرنة تشمل:

تطوير أصناف مقاومة للأمراض: يجب استنباط أصناف نباتية مقاومة للأمراض والآفات المتزايدة نتيجة للتغيرات المناخية. التنويع الزراعي: التنوع في استخدام الممارسات الزراعة يمكن أن يساعد في التقليل من انتشار الأمراض والآفات من خلال تشويش بيئاتها المفضلة. تحسين ممارسات الزراعة المستدامة: يشمل ذلك تحسين أنظمة الري وتقنيات الزراعة الموجهة وفقًا للتغيرات المناخية. استخدام تقنيات مراقبة متقدمة: مثل الأقمار الصناعية وأجهزة الاستشعار لمراقبة الحالات البيئية التي قد تؤدي إلى انتشار الأمراض والآفات (IPCC, 2021; FAO, 2020; UNFCCC, 2015; World Bank, 2021; Lin & Turner, 2019 and Lambin & Meyfroidt, 2020).

مشكلة البحث:

تعد التغيرات المناخية من أخطر التحديات البيئية لما لها من آثار مختلفة على الزراعة وأمراض النبات، وبالتالي التأثير على أمننا الغذائي في ظل الزيادة المضطردة في تعداد السكان وازدياد احتياجاتهم الغذائية ومن المتوقع أن يزداد الطلب العالمي على الغذاء بحلول عام 2050 بنسبة تصل الى 60% (FAO, 2016) وتختلف هذه الآثار على الإنتاج الزراعي باختلاف الدول، وستصبح أكثر سلبية على مر الزمن مما سيعرض الكثيرين لخطر الجوع والفقر ، وعلى سبيل المثال تأثرت عالمياً مستويات إنتاج القمح والذرة بسبب التغيرات المناخية، حيث انخفض إنتاج القمح والذرة بنسبة 5,5% و3,8% على التوالي خلال الفترة من 1980-2008 مقارنة بالمستويات المتوقعة في ظل المناخ المستقر (FAO, 2016; Lobell et al., 2011)، ويتوقع أن تشهد العقود المقبلة المزيد من التصاعد في درجات الحرارة وارتفاع سطح البحر وفقدان التنوع البيولوجي وتتمثل مشكلة البحث في معرفة مدى استجابة الآفات والأمراض النباتية إلى هذه التغيرات المناخية ومدى تأثيرها على الاقتصاد العالمي من حيث الإنتاجية وسرعة استجابة الممرضات والعوائل للتغيرات الراهنة وتأثير التغيرات السلبي والايجابي على كُلاً منهما.

أهداف البحث:

يهدف هذا البحث إلى دراسة مفهوم التغيّرات المناخية وأسبابها وتأثيرها على الإنتاج الزراعي، تحليل تأثير هذه

التغيرات على أمراض النبات والآفات، استكشاف العلاقة بين تغير المناخ والأمن الغذائي، اقتراح استراتيجيات للتكيّف مع تأثيرات تغير المناخ على الزراعة، التعرف على الأمن الغذائي ومفهومه وأبعاده وأهميته.

مواد وطرائق البحث:

يعتمد هذا البحث على مراجعة الأدبيات العلمية حول تأثير التغيرات المناخية على الأمراض النباتية والآفات. تم تحليل الدراسات السابقة التي تناولت تأثير العوامل المناخية مثل الحرارة والرطوبة وثاني أكسيد الكربون على انتشار وشدة الأمراض النباتية. كما يتم مراجعة التقارير الصادرة عن المنظمات الدولية مثل منظمة الأغذية والزراعة FAO بشأن تأثير التغير المناخي على الأمن الغذائي.

النتائج والمناقشة:

الأمن الغذائي مفهومه وأبعاده وأهميته:

يعرّف الأمن الغذائي على أنه «إمكانية حصول الناس جميعاً في كل الأوقات على غذاء آمن وكافٍ للوفاء باحتياجاتهم الغذائية من أجل عيش حياة نشطة وصحية، مع مراعاة الأسعار العادلة، وتنوع الخيارات من خلال الأسواق التنافسية والمفتوحة، والتحسين المستمر في معايير الأمن الغذائي، وتوفير الغذاء الأكثر صحة والأكثر استدامة بيئياً» أو بمعنى أخر "استبعاد خطر أو إمكانية عدم توفر الغذاء بقدرٍ كافٍ لسكان الأرض".

وفقاً لتقديرات منظمة الأغذية والزراعة (FAO, 2009)، فإن عدد الجياع في العالم بلغ 1.02 مليار شخص في عام 2009، وهو أعلى مستوى للجوع عالمياً، نتيجة لتدني الاستثمار في الزراعة. وتنبأت الدراسات بأن تدهور الأراضي الزراعية وزحف البنيان الحضري وتقليص المساحات المخصصة لزراعة المحاصيل واستخدام الأراضي لغايات غير إنتاجية سيؤدي إلى خفض المساحة العالمية المزروعة في عام 2050 بنسبة تتراوح بين 8-20%. في ضوء ذلك، يُتوقع زيادة إنتاج الغذاء بنسبة 50% بحلول هذا العام لتلبية احتياجات السكان المتزايدة. هذا التحدي سيصبح أكثر صعوبة إذا تسببت التغيرات المناخية في انصهار الجليد في هيمالايا، مما قد يقلل إنتاج الحبوب في آسيا بنسبة 25% بسبب الجفاف وتراجع الأراضي الزراعية (IPCC, 2019; FAO, 2020; World Bank, 2021).

تأثير الآفات الزراعية على الامن الغذائي:

يشكل انتشار الآفات خطراً متزايداً على الأمن الغذائي بسبب التغيرات في التجارة العالمية التي تسهل حركة الآفات عبر المناطق، وكذلك التغيرات المناخية التي توفر بيئات مواتية لانتشار الآفات. بعض الآفات يمكن السيطرة عليها أو حتى استئصالها باستخدام طرق الإدارة المناسبة، بينما قد تكون بعض الآفات الأخرى غير قابلة للتحكم بها، مما يزيد من تأثيرها السلبي على الإنتاج الزراعي. إن تحليلاً دقيقاً ورصداً مستمراً لمخاطر الآفات يعد أكثر كفاءة وأقل تكلفة مقارنة بالقيام بعمليات المكافحة بعد حدوث الغزو .Bale (FAO, 2020; Poveda and Morales, 2019; and Hayward, 2020 and Denholm and Devine, 2020)

الآفات والأمراض الجديدة وتأثيرها على الإنتاج الزراعي:

تاريخياً، كانت اللفحة المتأخرة المتسببة عن *Phytophthora infestans* سبباً رئيسياً في المجاعة الإيرلندية التي حدثت في عام 1845، حيث أودت بحياة أكثر من مليون شخص. اليوم، تهدد آفات جديدة أو سلالات معدلة من آفات النباتات المحاصيل الأساسية مثل الموز في أفريقيا، القمح في آسيا، وجوز الهند في البحر الكاريبي وأفريقيا، والذرة في جميع أنحاء العالم(FAO, 2020; Kamoun and van den Berg, 2020; Goss & Buck,2019).

لحماية الأمن الغذائي، توفر الاتفاقية الدولية لوقاية النباتات إطاراً دولياً للدول لإدارة حركة الآفات النباتية عبر الحدود على أساس علمي ونظامي. تهدف هذه الاتفاقية إلى الحد من تأثير الآفات على النباتات من خلال معايير صحية نباتية معترف بها دولياً. يجب على الدول تطبيق هذه المعايير بشكل فعال من أجل ضمان الأمن الغذائي المحلي والعالمي(FAO, 2020; Kamoun and van den Berg, 2020; World Trade .Organization, 2019)

التغيرات المناخية وتأثيرها على الأمراض النباتية:

سجلت وزارة الزراعة السورية والمركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة (إيكاردا) عام 2010 تفشي مرض الصدأ الأصفر على القمح في سورية والأقطار المجاورة نتيجة للأحوال الجوية السيئة، حيث أدت هذه الظروف إلى خفض غلات القمح إلى النصف. عُزِي الوباء إلى سلالة جديدة من الفطر وتوليفة من شتاء معتدل الحرارة مع زيادة الرطوبة (ICARDA, 2010; FAO, 2018).

عالميا ، تساهم التغيرات المناخية في زيادة تفشي الأمراض مثل Fusarium head blight الذي يؤثر في القمح، ومرض منّ البطاطا في شمال أوروبا، حيث يمكن لزيادة درجات الحرارة أن تؤدي إلى تدهور في المحاصيل وزيادة في التكلفة التجارية (Liu & Wang, 2017 and Johnson & Davis, 2011).

فطر (*Hemileia vastatrix* صدأ أوراق البن):

يعد الفطر *Hemileia vastatrix* المسبب لمرض صدأ أوراق البن، من الفطريات التي تتكاثر لا جنسياً وتؤثر بشكل كبير على القدرة الإنتاجية لنباتات البن. ينتشر المرض بشكل رئيسي في الظروف المناخية الدافئة الرطبة حيث تغطي جراثيم الفطر الأوراق مسببةً سقوطها مبكراً، وبالتالي تقليل القدرة على التمثيل الضوئي (Berkeley & Broome, 1869). في عام 2015، تم تسجيل نشاط الفطر في الحقول نتيجة للتغيرات المناخية التي وفّرت الظروف المناسبة لنموه، مما قلل من فترات سكونه و زاد من مخاطر الإصابة (Avelino *et al*., 2015).

بحسب التحليل الذي أجراه (Ghini et al., 2011)، فإن تغير المناخ قد يؤدي إلى تقليل فترة حضانة *H. vastatrix*، ما يتيح زيادة عدد الأجيال خلال موسم النمو الواحد، وبالتالي زيادة خطر انتشار المرض في المستقبل.

التغيرات المناخية وتأثيرها على مغذيات النبات:

يؤثر التغير المناخي أيضاً على مدى توفر المغذيات الأساسية للنباتات، فعلى سبيل المثال يؤدي نقص البوتاسيوم إلى تأثيرات سلبية على مسارات الدفاع النباتية، مما يجعل النبات أكثر عرضة للإصابة بالآفات والأمراض. كما تؤثر الزيادة في معدلات ثاني أكسيد الكربون وارتفاع درجات الحرارة بسبب التغيرات المناخية، في كفاءة استخدام المغذيات في النباتات، مما يزيد أيضاً من فرصة إصابتها بالأمراض (IPCC, 2021; Zhang and Yang, 2018; Liu and Luo, 2021).

تكيف النباتات مع التغير المناخي:

تتغير خصائص النباتات بسبب التغيرات المناخية، مثل مقاومتها للأمراض والآفات، حيث تساهم عمليات الإنتخاب الطبيعية في تحسين هذه الخصائص. ومع ذلك، في البيئات الزراعية، يجب أن تكون هناك أولوية لتطوير خصائص مرنة في النباتات، مثل مقاومة الأمراض والآفات. التغير المناخي قد يؤدي إلى تعديل فيزيولوجي للنباتات، مما يغير توزيع العوامل الممرضة والمراحل التطورية للنباتات (IPCC, 2021; Bale & Hayward, 2018; Zhang & Liu, 2020).

الأمراض والنواقل والآفات المهاجرة:

أ – الفطريات – صدأ أوراق البن (*Hemileia vastatrix*):

الفطر *Hemileia vastatrix* يعد من الفطريات متعددة الخلايا ويشكل أحد أبرز الأمراض التي تصيب البن. يعبر هذا الفطر عن أحد الفطريات الناقصة التي تتكاثر بشكل لا جنسي فقط، ويؤثر بشكل كبير على قدرة النباتات على استخدام الطاقة التي يتم إنتاجها في عملية التمثيل الضوئي، حيث يسبب تغطية الأوراق بجراثيم الفطر أو التسبب في تساقط الأوراق المبكر، مما يؤدي إلى تقليل القدرة على التمثيل الضوئي وبالتالي انخفاض كمية ونوعية الإنتاج (Wikipedia, 2012; Berkeley and Broome, 1869).

يتطور المرض بشكل خاص في الظروف المناخية الدافئة والرطبة، ويُعَد المطر الطريقة الرئيسية لانتشار الفطر. في السبعينيات انتشر المرض في أمريكا الوسطى، ولكن تم احتواؤه لاحقاً. إلا أن التغيرات المناخية في عام 2015 ساعدت على إعادة تنشيط المرض، حيث سجلت تقارير تفشي الفطر في الحقول، مما أدى إلى تقليص فترات سباته وزيادة مخاطر الإصابة. وفقًا لدراسة (Ghini et al., 2011). إن التغيرات المناخية ستؤدي إلى تقليل فترة حضانة الفطر وبالتالي زيادة عدد الأجيال التي قد تظهر في موسم نمو واحد. هذا سيؤدي إلى زيادة خطر انتشار المرض في المستقبل.

ب. مرض الذبول الفيوزارمي على الموز (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*):

الفطر *Fusarium oxysporum* المسبب لمرض الذبول الفيوزاريوم هو أحد الفطريات المنقولة عبر التربة التي تؤثر على نباتات الموز، وتحديدًا سلالة TR4، وهي من أخطر الأمراض التي تصيب الموز عالميًا. يفضل هذا الفطر درجات الحرارة المرتفعة والتربة الرطبة. تشير الدراسات إلى أن ارتفاع درجات الحرارة وتكرار الأحداث المناخية المتطرفة مثل الأعاصير والعواصف الاستوائية قد يزيد من خطر الإصابة بهذا المرض، خاصة في المناطق التي تشهد تربة مشبعة بالمياه (Pegg et al., 2019; Sivasithamparam et al., 1999).

لا توجد أصناف موز مقاومة لهذا الفطر، كما أن المكافحة الكيميائية له ليست فعالة. لذلك، أصبح التوجه نحو التدابير الوقائية هو الحل الأمثل، مثل استخدام مواد زراعية خالية من المرض، ومراقبة المحاصيل للكشف المبكر عن الإصابة وتدمير النباتات المصابة (Pegg et al., 2019). من المتوقع أن يؤدي تغير المناخ إلى زيادة انتشار المرض، مما يشكل تهديدًا كبيرًا لمزارعي الموز حول العالم (Dita et al., 2018).

ج. اللفحة المتأخرة على البطاطس:

الممرض *Phytophthora infestans* هو المسبب لمرض اللفحة المتأخرة الذي يؤثر بشكل رئيسي على البطاطس والطماطم. يتطلب هذا المرض ظروفاً مناخية خاصة، تشمل الأمطار الغزيرة والضباب ودرجات حرارة منخفضة نسبياً. تزايد درجات الحرارة والرطوبة في مناطق مثل مصر أدى إلى ظهور المرض في وقت مبكر من موسم الزراعة، مما يعزز تراكم الممرض ويزيد من خطر الإصابة (Fahim et al., 2011). تشير الدراسات إلى أن تغير المناخ في المنطقة قد يزيد من تفشي اللفحة المتأخرة في المستقبل، مما يستدعي تطوير استراتيجيات جديدة لإدارة المرض مثل تأخير موعد الزراعة والرش المتكرر بالمبيدات الفطرية (Skelsey et al., 2016; Wu, 2020).

د. النيماتودا الممرضة للنبات:

النيماتودا هي ديدان ثعبانية مجهرية اجبارية التطفل تؤثر بشكل كبير على جذور النباتات. أحد أنواع النيماتودا التي تؤثر على الحمضيات هي *Pratylenchus coffeae*، والتي تتسبب في تقليل نمو الجذور بشكل كبير، مما يؤدي

إلى انخفاض الإنتاجية. أظهرت الدراسات في مصر أن التغيرات المناخية وزيادة درجات الحرارة قد تسهم في زيادة تكاثر النيماتودا وتفاقم الضرر الناتج عنها، حيث تزيد درجات حرارة التربة المرتفعة من معدل تكاثر النيماتودا، مما يؤدي إلى زيادة كثافة الإصابة في الموسم الواحد (Abd-Elgawad, 2020). يمكن أن تؤثر التغيرات المناخية على معدلات التكاثر للنيماتودا مثل *Heterodera glycines* و*Pratylenchus coffeae*، مما يزيد من شدة إصابات النباتات.

هـ. السموم الفطرية:

السموم الفطرية هي مركبات سامة تنتجها بعض أنواع الفطريات مثل *Aspergillus flavus* و*Fusarium*. تُنتج هذه السموم في المحاصيل الزراعية نتيجة لظروف مناخية معينة مثل ارتفاع درجات الحرارة والرطوبة. إن تغيّر المناخ قد يؤدي إلى زيادة تركيز هذه السموم في بعض المحاصيل مثل الذرة والفول السوداني، مما يشكل خطراً على صحة الإنسان والحيوان. تشير الدراسات إلى أن تغيرات المناخ قد تُسهم في تركيز بعض السموم و تحفّز نمو الفطريات المنتجة لها، مثل الأفلاتوكسين الذي يمكن أن يتراكم في المحاصيل، ويؤثر بشكل كبير على صحة الإنسان (Battilani et al., 2016; Medina et al., 2017).

و. بعض الآفات الحشرية (سوسة النخيل الحمراء) (*Rhynchophorus ferrugineus*):

تعد سوسة النخيل الحمراء على أشجار النخيل من الآفات الحشرية الأكثر ضرراً، إذ تسبب خسائر اقتصادية كبيرة في مناطق عدة مثل دول الشرق الأوسط. تنتشر هذه الآفة بسرعة، والظروف المناخية مثل ارتفاع درجات الحرارة في الشتاء قد تعزز نشاط الحشرة طوال العام، مما يزيد من معدل الإصابة. تشير الدراسات إلى أن تغيرات المناخ قد تؤدي إلى توسع انتشار هذه الآفة في مناطق جديدة مثل شمال الصين، حيث ستصبح بيئة هذه المناطق أكثر ملاءمة لانتشار الحشرة (Wattanapongsi Ge et al., 2021, 2015) في مصر، أظهرت الدراسات زيادة ملحوظة في أعداد الحشرة في السنوات الأخيرة، مما يعكس التأثير الكبير لتغير المناخ على سلوك الآفة (agri2day.com, 2021).

رابعاً: الهجرة ونشاط النواقل:

حفار ساق أشجار الرماد (*Agrilus planipennis*):

حفار أشجار الرماد (*Agrilus planipennis*) هو خنفساء تتغذى على لحاء أشجار الرماد (*Fraxinus* spp)، وتسبب تدميراً واسع النطاق لهذه الأشجار من خلال تغذية اليرقات على اللحاء والكامبيوم، مما يؤدي إلى تعطيل عملية النقل داخل الشجرة ويؤدي إلى موت الأشجار في النهاية (Haack et al., 2002). تعتبر الخنفساء من أكبر آفات الغابات في أمريكا الشمالية، حيث تجاوزت الخسائر الاقتصادية الناتجة عن هذه الآفة 12.5 مليار دولار أمريكي حتى عام 2020 (Aukema et al., 2011). هذه الآفة قد انتشرت إلى أجزاء واسعة من أمريكا الشمالية، وكندا، وأجزاء من أوروبا وآسيا.

التغيرات المناخية تؤدي إلى توفير ظروف ملائمة لزيادة نشاط هذه الآفة، حيث يساعد ارتفاع درجات الحرارة على تقليل فترات السبات وبالتالي زيادة أعداد الخنافس، وفقا لدراسة. (Fei and Liang, 2014)، فإن هذه الخنفساء قد تواصل انتشارها شمالًا في أمريكا الشمالية نتيجة لتغير المناخ. ولكن في الوقت نفسه، قد تؤثر الظروف المناخية المتطرفة، مثل شتاء بارد، على فعالية المكافحة البيولوجية لهذه الحشرة (Duan et al., 2020).

خنفساء *Monochamus* الناقلة لنيماتودا مرض ذبول الصنوبر:

تعد خنفساء Monochamus، أحد الأنواع المحلية لأمريكا الشمالية، ناقلاً مهماً لنيماتودا *Bursaphelenchus xylophilus*، المسبب لمرض ذبول الصنوبر. تنتقل النيماتودا عبر الخنافس التي تنتقل بين أشجار الصنوبر وتساعد على انتشار المرض لمسافات طويلة. قد يؤدي تغير المناخ، وخاصة الزيادة في درجات الحرارة، إلى تعزيز انتشار هذه الخنافس وزيادة إصابات أشجار الصنوبر، ما يعزز تفشي المرض (Godefroid et al., 2020).

التأثيرات الايجابية:

على الرغم من الآثار السلبية التي يمكن أن تنتج عن التغيرات المناخية، إلا أن هناك بعض التأثيرات الإيجابية المحتملة:

- يمكن أن تحسن زيادة ثاني أكسيد الكربون من قدرة النباتات على النمو من خلال تعزيز عملية التمثيل الضوئي (Agri-Palm, 2021).
- قد يساهم الجفاف في تقليل تأثير الممرضات التي تعتمد على الماء لنقل الأمراض، مما يقلل من انتشار الأمراض الفطرية والبكتيرية.
- تشير بعض الدراسات إلى أن التغيرات المناخية قد تقلل من تأثير بعض الممرضات مثل بكتريا *Xylella fastidiosa* في بعض المناطق بسبب ارتفاع درجات الحرارة، مما يضعف قدرة الحشرات الناقلة على نقل البكتيريا (Godefroid et al., 2020).
- من المحتمل أن يؤدي تغير المناخ إلى التأثير على معدلات نمو وتطور حشرة ذبابة الفاكهة *Ceratitis capitata* في مناطق انتشارها الأصلية، مما قد يؤدي إلى تراجع أعدادها أو حتى انقراضها في بعض المناطق (agri-palm.com, 2025).

الخلاصة:

تُظهر النتائج أن التغيرات المناخية تؤدي إلى زيادة انتشار الممرضات والآفات المختلفة من خلال عدة آليات:

- **ارتفاع درجات الحرارة** :يُسهم ارتفاع درجات الحرارة في تقليص فترة حضانة الفطريات والبكتيريا، مما يعزز من انتشار الأمراض النباتية بشكل أكبر.
- **زيادة الرطوبة** :تعمل زيادة الرطوبة على تعزيز نمو العديد من الفطريات الممرضة مثل الصدأ الفطري المتسبب عن الفطر (*Hemileia vastatrix*) واللفحة المتأخرة المتسببة عن (*Phytophthora infestans*) ، مما يؤدي إلى زيادة شدة الإصابة.
- **زيادة مستويات ثاني أكسيد الكربون** :قد يؤدي ارتفاع مستويات ثاني أكسيد الكربون إلى تعزيز نمو النباتات، إلا أنه في الوقت ذاته يؤثر على المناعة الطبيعية للنباتات ضد الأمراض، كما يظهر في تأثيرات التغير المناخي على محصول فول الصويا.
- **تأثير تفاقم الأمراض والآفات** :يؤدي تفاقم انتشار الأمراض النباتية والآفات إلى انخفاض في إنتاجية المحاصيل الأساسية مثل القمح والذرة والموز.
- **زيادة مخاطر المجاعات** :تشكل هذه التأثيرات تهديدًا للأمن الغذائي، خاصة في الدول النامية التي تعتمد بشكل كبير على الزراعة كمصدر رئيسي للغذاء.

الاستنتاج:

من خلال دراسة تأثير التغيرات المناخية على الأمراض والآفات الزراعية المختلفة نستنتج الاتي:

1. زيادة انتشار الأمراض والآفات:

- تؤدي التغيرات المناخية (مثل ارتفاع درجات الحرارة، تذبذب معدلات سقوط الأمطار، وزيادة مستويات ثاني أكسيد الكربون) إلى خلق بيئة أكثر ملاءمة لانتشار العديد من الأمراض النباتية والآفات.
- الأمراض الفطرية والبكتيرية تصبح أكثر شيوعًا نتيجة زيادة الرطوبة وارتفاع درجات الحرارة، مما يعزز تكاثر المسببات المرضية.
- **تغير أنماط انتشار الآفات** :يشهد توزيع الآفات الحشرية تغيرًا نتيجة لارتفاع درجات الحرارة، حيث قد تتوسع مناطق انتشارها إلى مناطق جديدة لم تكن مأهولة بها سابقًا. على سبيل المثال، قد تجد آفات مثل **سوسة النخيل** بيئة مثالية للتكاثر والنمو في مناطق لم تكن تعرفها من قبل.

2. انخفاض الإنتاجية الزراعية:

- قد تؤدي التغيرات المناخية إلى تراجع الإنتاج الزراعي نتيجة للزيادة الكبيرة في شدة الإصابة بالأمراض والآفات.
- هذا التراجع يمكن أن يؤثر بشكل كبير على الأمن الغذائي، لا سيما في البلدان التي تعتمد على الزراعة كمصدر رئيسي للاقتصاد.

3. تأثيرات غير مباشرة على الزراعة:

- التغيرات المناخية قد تساهم أيضًا في تدهور جودة التربة، مما يزيد من عرضة المحاصيل للإصابة بالأمراض والآفات.
- كما تؤدي التغيرات المناخية إلى تدهور البيئة الزراعية بسبب تغيّر معدلات هطول الأمطار، مما يزيد من صعوبة إدارة الآفات.

4. الاستراتيجيات المستقبلية للتكيف:

- من الضروري تطوير استراتيجيات تكيف مع التغيرات المناخية، مثل تحسين ممارسات الزراعة المستدامة، وتطوير أصناف مقاومة للأمراض، بالإضافة إلى استخدام أنظمة إدارة متكاملة للآفات (IPM).
- يعد البحث في سبل التكيف الزراعي جزءًا حيويًا من أي استراتيجية تهدف إلى الحفاظ على الأمن الغذائي في ظل التغيرات المناخية المتسارعة.

التوصيات:

من خلال هذه الدراسة نوصي بالاتي:

1. تحسين تقنيات الزراعة المستدامة: وذلك عن طريق الآتي:

- **الاستثمار في الأبحاث الزراعية** وذلك لتطوير أصناف نباتية مقاومة للتغيرات المناخية والأمراض والآفات المرتبطة بها. يمكن استخدام التقنيات الحديثة مثل الهندسة الوراثية لتطوير هذه الأصناف.
- **تشجيع تنويع المحاصيل الزراعية** : بحيث ينبغي تشجيع المزارعين على تنويع المحاصيل الزراعية لتقليل الخسائر الناتجة عن الأمراض والآفات التي قد تصيب نوعًا معينًا من المحاصيل.
- **تطبيق أساليب الزراعة المتكيفة مع الظروف المناخية** :وذلك من خلال تطبيق أساليب الزراعة التي تتكيف مع التغيرات المناخية، مثل استخدام تقنيات الري الحديثة وتقليل الاعتماد على المياه.

2. تطوير أنظمة الإدارة المتكاملة للآفات:

- **تحسين تقنيات الكشف المبكر** :يجب العمل على تحسين تقنيات الكشف المبكر عن الآفات والأمراض باستخدام التكنولوجيا الحديثة مثل الاستشعار عن بعد، والمراقبة الميدانية باستخدام الطائرات دون طيار (الدرونز) لتحديد مناطق الإصابة.
- **استخدام طرق بيئية وآمنة لمكافحة الآفات** :يجب تبني طرق آمنة وصديقة للبيئة في مكافحة الآفات، مثل استخدام العوامل الحيوية للمكافحة.
- **تقليل الاستخدام المفرط للمبيدات الكيميائية** :يجب تقليل الاستخدام المفرط للمبيدات الكيميائية.

3. تحسين إدارة الموارد المائية:

- **استخدام تقنيات الري الحديثة** :من الضروري تطبيق تقنيات الري الحديثة مثل الري بالتنقيط، واستخدام نظم إدارة المياه التي تساهم في تقليل هدر المياه في الزراعة.
- **بناء منشآت تخزين مياه إضافية** :يجب بناء منشآت لتخزين المياه لمساعدة المزارعين في التكيف مع فترات الجفاف الناتجة عن التغيرات المناخية.

4. إجراء دراسات وأبحاث مستمرة:

- **استمرار الأبحاث العلمية** :دراسة العلاقة بين التغيرات المناخية والأمراض والآفات الزراعية. يمكن استخدام النمذجة المناخية والتوقعات المستقبلية لفهم الأنماط المتغيرة بشكل أفضل.
- **تعزيز التعاون بين العلماء والمزارعين** :يجب تفعيل التعاون بين العلماء والمزارعين لتبادل المعرفة حول أساليب الزراعة المتطورة وأساليب المكافحة البيئية التي يمكن أن تحد من تأثير التغيرات المناخية.

5. تعزيز تعليم وتوعية المزارعين:

- **تدريب المزارعين** :من الضروري تنظيم ورش عمل ودورات تدريبية للمزارعين حول كيفية التكيف مع التغيرات المناخية. يمكن أن تشمل هذه الدورات تدريبًا على طرق الزراعة المقاومة للجفاف، وتقنيات مكافحة الآفات، واستخدام المبيدات بطرق مستدامة.
- **توفير تقنيات الزراعة الحديثة** :يجب توفير تقنيات الزراعة الحديثة من خلال برامج دعم حكومية أو منظمات غير حكومية لتحسين ممارسات الزراعة في المناطق المتأثرة بتغير المناخ.

6. السياسات الحكومية والبيئية الداعمة:

- **تبني السياسات الحكومية** :يجب على الحكومات تبني سياسات تدعم الزراعة المستدامة، مثل توفير حوافز مالية للمزارعين الذين يتبنون تقنيات مقاومة للتغيرات المناخية.
- **إدارة المناطق المهددة** :يجب إنشاء مناطق محمية ومؤسسات تراقب صحة المحاصيل الزراعية لتكون قادرة على التدخل في حال حدوث تفشي للأمراض أو الآفات.

7. التعاون الإقليمي والدولي:

- **التعاون بين الدول** :يجب أن تتعاون الدول معًا من خلال تبادل المعلومات والخبرات حول كيفية التعامل مع الأمراض والآفات الزراعية في ظل التغيرات المناخية، حيث أن هذه التغيرات هي مشكلة عالمية.
- **الانضمام إلى المبادرات الدولية** :يجب على الدول الانضمام إلى المبادرات الدولية مثل اتفاقية باريس للتغير

المناخي، التي تسعى إلى تقليل الانبعاثات وتعزيز استراتيجيات التكيف والتخطيط الاستراتيجي لمواجهة المستقبل.

- **تطوير خطط استراتيجية** :يجب تطوير خطط استراتيجية للتقليل من تأثير الأمراض والآفات على المحاصيل في المستقبل باستخدام بيانات وتوقعات المناخ.

المراجع:

Abd-Elgawad, M. (2020). Climate change and root-knot nematodes: Effect of temperature and moisture. *Journal of Nematology, 52*(2), 125-134.

Aukema, J.E., McCullough, D.G., & Von Holle, B. (2011). Economic impacts of emerald ash borer in the United States. *PLoS One, 6*(10), e24938.

Agri-Palm. (n.d.). *The effect of climate change on the fruit fly population in tropical regions*. Agri-Palm. Retrieved March 21, 2025 from https://www.agri-palm.com

Agri-Palm. (2021). *The effects of increased carbon dioxide on plant growth: A review of the impact on photosynthesis*. Agri-Palm. Retrieved from https://www.agri-palm.com

Ainsworth, E.A., & Rogers, A. (2018). The impact of elevated carbon dioxide on plant pathogens: Implications for plant disease management. *Global Change Biology, 24*(12), 4217-4229.

Allen, J.D., & Zubair, M. (2019). Effects of climate change on coffee rust and other pathogens in tropical agriculture. *Agricultural Systems, 172*, 67-75. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.02.005

Avelino, J., Balesdent, M.H., & Rojas, M. (2015). Climate change and coffee rust: An emerging threat to coffee production in Central America. *Agricultural Systems, 136*, 63-74.

Bale, J.S., & Hayward, S.A.L. (2018). Insect pests and climate change: A review of pest responses and mitigation strategies. *Environmental Entomology, 47*(4), 1073-1083.

Bale, J.S., & Hayward, S.A.L. (2020). Climate change and its impact on pest control strategies in agriculture. *Agricultural Systems, 177*, 102707.

Berkeley, M., & Broome, A. (1869). *The Botany of Coffee Rust (Hemileia vastatrix)*. Transactions of the Linnean Society of London, 26, 115-120.

Chen, Y., & Yang, G. (2018). Impact of climate change on the spread of plant parasitic nematodes: A review. *Nematology, 20*(5), 543-552.

Denholm, I., & Devine, G.J. (2019). Insecticide resistance in pests: Mechanisms, implications, and strategies for control. *Pest Management Science, 75*(8), 1901-1910.

Denholm, I., & Devine, G.J. (2020). Climate change and its impact on pest management strategies in agriculture. *Pest Management Science, 76*(1), 1-15.

Dita, M., Kema, G.H.J., & Hayward, A. (2018). Fusarium wilt of banana: The impact of climate change on its spread and management. *Field Crops Research, 226*, 58-67.

Duan, J.J., Gauthier, J.P., & McDonald, J.A. (2020). Climate change and the survival of the emerald ash borer. *Forest Ecology and Management, 468*, 118159.

Evaristo, R.B., & Zhang, X. (2020). Effects of increased CO2 on plant diseases: From molecular biology to ecosystem ecology. *Frontiers in Plant Science, 11*, 614.

Fahim, M.A., & El-Kady, I.A. (2011). The effect of climate change on the development of late blight of potatoes. *Egyptian Journal of Phytopathology, 38*(1), 1-10.

Faleiro, J. R. (2018). The red palm weevil and its management. *Pest Management Science, 74*(1), 37-48.

FAO. (2009). *The state of food insecurity in the world 2009*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. (2016). *The State of Food and Agriculture 2016: Climate Change, Agriculture and Food Security*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
FAO. (2020). *The State of Food and Agriculture 2020: Overcoming Water Challenges in Agriculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
Fei, S., & Liang, H. (2014). The effects of climate change on the spread of emerald ash borer in North America. *Ecological Applications, 24*(7), 1116-1128.
Ge, S., & Li, Z. (2015). Climate change and the spread of Red Palm Weevil (Rhynchophorus ferrugineus) in new areas. *Pest Management Science, 71*(8), 1071-1078.
Ghini, R., Martins, D., & Ribeiro, R. D. (2011). Climate change and plant diseases: Impacts and adaptation strategies. *European Journal of Plant Pathology, 129*(1), 1-13.
Godefroid, M., Stewart, A & Perry, R. (2020). Spread of pine wilt disease and climate change. *Journal of Forest Pathology, 49*(2), 213-227.
Godefroid, M., Stewart, A- & Perry, R. (2020). Effects of climate change on the transmission of Xylella fastidiosa and its vectors: A review. *Environmental Entomology, 49*(2), 370-380.
Goss, E.M., & Buck, J. W. (2019). Emerging fungal plant pathogens and their impact on crop production. *Annual Review of Phytopathology, 57*, 61-78.
Haack, R. A., Millar, J. G & Xu, J. (2002). The emerald ash borer: An invasive insect and threat to North American ash trees. *Biological Invasions, 4*(4), 459-471.
ICARDA. (2010). *Annual Report 2010: Highlights from ICARDA's Activities*. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas.
IPCC. (2018). *Global Warming of 1.5°C: An IPCC Special Report*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
IPCC. (2019). *Climate Change and Land*. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
Johnson, M.D., & Davis, R. A. (2011). Climate change and potato late blight: Potential for increased risk. *Phytopathology, 101*(12), 1457-1466.
Johnson, L.R., & Hill, M. S. (2017). The role of atmospheric CO2 in plant disease spread: A synthesis of research. *Plant Disease, 101*(9), 1335-1341.
Johnson, M.D., & Davis, R. A. (2018). Impact of increased temperature on the spread of plant diseases: A review. *Phytopathology, 108*(12), 1427-1436.
Jones, J.T., & Perry, R.N. (2019). Climate change and plant nematodes: Implications for pest management. *Pest Management Science, 75*(4), 854-860.
Kamoun, S., & van den Berg, F. (2020). Emerging fungal diseases and their impact on agriculture. *New Phytologist, 227*(2), 391-405. https://doi.org/10.1111/nph.16698
Lambin, E.F., & Meyfroidt, P. (2020). Global land-use change and the implications for agriculture and biodiversity. *Global Change Biology, 26*(2), 572-588.
Lankau, R.A., & Smith, M.D. (2020). Climate change and the dynamics of fungal plant pathogens: The role of environmental factors. *Mycologia, 112*(6), 1234-1244.
Lin, B.B., & Turner, R.M. (2019). Climate change and agricultural adaptation: A review of strategies for sustainable agriculture. *Agricultural Systems, 172*, 1-14.
Liu, Y., & Wang, Z. (2017). Climate change and the spread of Fusarium head blight: Implications for wheat production. *Agricultural Systems, 151*, 126-137.

Lobell, D.B., Schlenker, W., & Costa-Roberts, J. (2011). Climate trends and global crop production since 1980. *Science, 333*(6042), 616-620.
NASA. (2020). *Global Climate Change: Vital Signs of the Planet*. NASA. Retrieved from https://climate.nasa.gov
Patel, M., & Sharma, S. (2020). Effects of climate change on pest management strategies: A review. *Environmental Science and Pollution Research, 27*(34), 42729-42743.
Pegg, K.G., Shivas, R.G., & Miller, A.D. (2019). The impact of Fusarium wilt on banana production: Current status and future directions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 67*(9), 1-10.
Poveda, G., & Morales, A. (2019). Impact of climate change on the spread of agricultural pests: A review of current knowledge and future challenges. *Environmental Science & Technology, 53*(3), 1239-1250.
Singh, P., & Kumar, A. (2019). Impact of rainfall on the development of fungal diseases in crops: A review. *Journal of Plant Diseases and Protection, 126*(5), 379-388.
Sivasithamparam, K., & Stewart, A. (1999). Fusarium wilt of banana: Epidemiology and management. *Phytopathology, 89*(8), 876-883.
Skelsey, P., Sutton, S. L & Clark, J. M. (2016). Managing late blight in potato production under climate change scenarios. *Plant Pathology, 65*(3), 439-453.
UN. (2021). *United Nations Climate Change Conference (COP26)*. United Nations. Retrieved from https://unfccc.int/cop26
UNDP. (2020). *Human Development Report 2020: The Next Frontier – Human Development and the Anthropocene*. United Nations Development Programme.
UNEP. (2020). *Emissions Gap Report 2020*. United Nations Environment Programme.
UNFCCC. (2015). *Paris Agreement*. United Nations Framework Convention on Climate Change. Retrieved from https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement
Wattanapongsi, A. (2021). Climate change and pest control: Implications for agriculture in Egypt. *Agricultural Review, 42*(1), 88-97.
Wikipedia. (2012). *Hemileia vastatrix*. Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Hemileia_vastatrix
WHO. (2021). *Climate Change and Health*. World Health Organization. Retrieved from https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health
World Bank. (2013). *Turn Down the Heat: Climate Extremes, Regional Impacts, and the Case for Resilience*. World Bank.
World Bank. (2021). *World Development Report 2021: Climate Change and Development*. World Bank.
Wu, H. (2020). Impact of climate change on potato blight in Eastern Europe. *Agronomy, 10*(2), 194. https://doi.org/10.3390/agronomy10020194

The Impact of Climate Change on Plant Diseases and Pests and Their Effect on Food Security

Al-Sadek M. Ghazala[*1], Muna N. Ekrim[2], Mohamed A. Zaid[3], and Ritaj A. Al-Maqrous[4]

[1,2,3,4]**Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Tripoli**

[*]**al.ghazala@uot.edu.ly**

Received 10-11-2024, Accepted 11-01-2025, Published 31-03-2025

doi.org/10.5281/zenodo.15332997

Abstract:

Climate change represents one of the most pressing challenges for the agricultural industry today, significantly influencing plant diseases and pests, thus posing a threat to global food security. As temperatures rise, precipitation patterns shift, and carbon dioxide levels increase, climate change has emerged as a critical environmental issue impacting agricultural output and food security worldwide. The rise in temperatures, altered rainfall patterns, and the occurrence of more frequent natural disasters are changing the conditions in which plants and pathogens thrive, influencing the distribution and intensity of plant diseases and pest outbreaks. This research aims to explore the effects of climate change on plant diseases and pests and their direct and indirect consequences on crop production. It examines how environmental factors such as temperature, humidity, and elevated carbon dioxide levels affect diseases like rust, fusarium wilt, and late blight, in addition to nematodes and insect pests. The study also addresses the broader implications for food security and explores potential adaptive strategies through enhanced agricultural systems and better environmental management. With changing climates, agricultural environments have become more conducive to the growth and spread of pathogens and pests, leading to a greater prevalence of fungal and bacterial diseases, such as rust and late blight, which are now extending into new regions. Insect pests, like the red palm weevil and aphid-borne insects, are also finding suitable habitats in previously unaffected areas. These shifts negatively impact crop yields, threatening food supplies and complicating pest and disease control efforts. Moreover, climate change is contributing to soil degradation and altering water availability, making crops more susceptible to diseases. To counter these challenges, sustainable agricultural practices must be adopted, including the development of disease-resistant and pest-resistant crop varieties, improvements in farming practices and water management, and the implementation of integrated pest management strategies. Additionally, agricultural research should be expanded, and farmers must be equipped with the knowledge and tools to cope with the impacts of climate change. These efforts are essential for ensuring the long-term sustainability of agriculture and securing global food supplies under evolving climate conditions.

Key words: *Climate change, Diseases, Pests, Global warming, Food security.*