الفصل الخامس عشر

الزراعات المحمية الأرضية واللاأرضية

تتعدد وسائل مكافحة الأمراض والآفات فى الزراعات المحمية، وقد تناولنا هذا الموضوع بالتفصيل فى كتاب "أصول الزراعة المحمية" (حسن ٢٠١٢)، الذى يمكن الرجوع إليه لتلك التفاصيل، وتقصر مناقشتنا فى هذا الفصل على جوانب بدائل المبيدات التى يمكن الاستفادة منها فى كل من الزراعات الأرضية واللاأرضية.

التحكم فى الطول الموجى للأشعة النافذة من الأغطية البلاستيكية

يمكن عن طريق الغطاء البلاستيكى للبيوت المحمية التحكم فى أطوال الموجات الضوئية التى يُسمح بنفاذها؛ الأمر الذى يمكن أن يؤثر فى نمو وتجرثم عديد من الفطريات الممرضة للنباتات. فمن المعروف منذ ستينيات القرن العشرين أن الأشعة فوق البنفسجية – وخاصة فى المدى الموجى من ٢٨٠ إلى ٣٢٠ نانو ميتر (أى الـ UV-B)– تؤثر فى تجرثم كثير من الأجناس الفطرية، مثل: *Alternaria*، و *Botrytis*، و *Cercospora*، و *Cercosporella*، و *Fusarium*، و *Helminthosporium*، و *Stemphylium*، و *Trichoderma*. وربما يكون للضوء الأزرق تأثير حاث للتجرثم كما فى *Trichoderma*، و *Vericillium agaricinum*، أو تأثير مثبط كما يحدث مع *Alternaria cichorii*، و *Alternaria tomato*، و *Helminthosporium oryzae*، وقد وجد أن تجرثم *Botrytis cinerea* يُستحث بواسطة الأشعة البنفسجية UV-B، ويُثَّبط بواسطة الضوء الأزرق. كما وجد تأثير عكسى لكل من الضوء الأزرق والأشعة فوق البنفسجية على كل من إنتاج الحوامل الكونيدية وعلى المراحل الأخيرة للتجرثم فى الفطريات. كذلك وُجد أن التعريض للضوء الأزرق يثبط إنتاج الجراثيم الأسبورانجية فى أوراق الخيار المصابة بالفطر *Pseudoperonospora cubensis*.

كذلك أظهرت الدراسات أن تعريض مزارع الفطر *B. cinerea* لومضات قصيرة من الضوء الأحمر يثبط التجرثم، بينما يؤدى تعريضها لومضات الأشعة تحت الحمراء إلى تحفيز التجرثم. كذلك فإن التجرثم الذى يحدث فى الظلام يمكن تثبيطه بالتعريض بعد ذلك للضوء الأزرق. وهذا التثبيط يبدأ بتحول صبغة ميكوكروم mycochrome من صورة M_B التى تستحث التجرثم إلى صورة M_{Nuv} التى تثبطه (Raviv & Reuveni ١٩٩٨).

ويُستعمل فى معظم البيوت البلاستيكية أغطية بلاستيكية تحتوى على مواد تعترض الأشعة فوق البنفسجية بهدف زيادة طول فترة حياة الغطاء، الذى يكون منفذًا للأشعة النشطة فى البناء الضوئى. تنقسم تلك الأغطية إلى فئتين تعترض إحداهما معظم الموجات الضوئية التى تكون بطول ١٦٠ نانوميترًا أو أقصر من ذلك (<306 nm)، بينما تعترض الثانية الموجات الضوئية التى تكون بطول ٣٨٠ نانوميترًا أو أقل (<380 nm).

وقد أوضحت عديد من الدراسات أن الأغطية الـ <380 nm تقلل من تجرثم الفطر *Botrytis cinerea*، وتقلل من أعداد الآفات الحشرية، ومن الإصابات الفيروسية التى تنقلها الحشرات إلى النباتات (عن Costa وآخرين ٢٠٠١).

كما وجد أن الأغطية الـ <380 nm تتميز — كذلك — بأنها تزيد من دوام حيوية جراثيم الفطر *Beauveria bassiana* المستعمل فى المكافحة الحيوية، وذلك مقارنة بحالة الجراثيم عند استعمال الأغطية الـ <360 nm (Costa وآخرون ٢٠٠١).

إن بداية التفكير فى مكافحة الإصابات المرضية فى البيوت المحمية بالتحكم فى الطول الموجى للضوء النافذ من خلال الغطاء كانت فى عام ١٩٧٣، وذلك بالنسبة للفطر *Botrytis cinerea*.

وقد أدت تغطية البيوت المحمية بأغشية الفينيل vinyl films الماصة للأشعة فوق البنفسجية — ذات الموجات الضوئية الأقصر من ٣٩٠ نانوميتر — إلى المكافحة الجزئية للعفن الرمادى — الذى يسببه الفطر *B. cinerea* — فى كل من الطماطم والخيار، مقارنة بالوضع فى البيوت المحمية المغطاة بأغشية غير ماصة للأشعة فوق البنفسجية.

وقد أدى استعمال الأغشية الماصة للأشعة فوق البنفسجية إلى تثبط تطور تكوين أبوثيسيا apothecia الفطر *Sclerotinia sclerotiorum* – مسبب مرض عفن الساق – فى كل من الباذنجان والخيار. وكذلك تثبيط تجرثم الفطر *Alternaria dauci* مسبب مرض لفحة الأوراق فى الجزر، و *A. porri* مسبب مرض لفحة الأوراق فى بصل ويلز *Allium fistulosum*، و *A. solani* مسبب مرض اللفحة المبكرة فى الطماطم، و *Botrytis squamosa* مسبب مرض لفحة الأوراق فى الشيف الصينى *Allium tuberosum*، وقد صاحبت تلك التأثيرات انخفاض فى شدة الإصابات المرضية فى شتى المحاصيل المذكورة.

كذلك وجد أن استعمال أغشية من البوليثيلين الأزرق لغطاء البيوت المحمية – بدلاً من الأغشية الماصة للأشعة فوق البنفسجية أحدث خفضًا واضحًا فى انتشار البياض الزغبى – الذى يسببه الفطر *Pseudopernospora cubensis* – فى الخيار، حيث لم ينتشر الفطر إلاّ فى الأوراق الحديثة فى قمة النبات (Raviv & Reuveni ١٩٩٨).

وأدى استعمال غطاء من البوليثيلين المضاف إليه صبغة زرقاء اللون (ذات قدرة على امتصاص الطيف الأزرق تبلغ ذروتها عند ٥٨٠ نانو مترًا).. أدى استعمالها فى إنتاج الخيار فى البيوت المحمية إلى تثبيط جوهرى فى إصابة النباتات بالفطر *P. cubensis* مسبب مرض البياض الزغبى، وفى قدرة الفطر على إنتاج الأكياس الجرثومية، بينما أدت فلترة الطيف فى منطقة الأشعة فوق البنفسجية (٢٨٠ إلى ٣٢٠ نانومترًا) – أى جعله يسمح بمرور الأشعة فوق البنفسجية – إلى تحفيز الإصابة بالفطر دون التأثير على قدرة الفطر على إنتاج الأكياس الجرثومية. هذا إلا أن محصول الخيار لم يزدد جوهريًّا تحت الغطاء الأزرق – على الرغم من انخفاض شدة الإصابة بالبياض الزغبى – وربما كان ذلك بسبب انخفاض شدة الأشعة النشطة فى البناء الضوئى تحت الغطاء البلاستيكى الأزرق (Reuveni & Raviv ١٩٩٧).

ولقد وجد أن امتصاص الـ UV-B كان فعّالاً فى تثبيط تكوين الأكياس الاسبورانجية sporangia للفطر *P. cubensis* عندما كان ذلك الامتصاص مقرونًا – كذلك – بامتصاص للموجات الضوئية فى منطقة الضوء الأخضر والأصفر، ولكنه لم يكن مؤثرًا خلال مرحلة الإصابة الفطرية للنباتات. هذا بينما أدى خفض شدة الضوء الأخضر/الأصفر الذى يصل للفطر والنبات إلى التأثير على كل من مراحل التطور الفطرى والإصابة، وخفَّض جوهريًّا شدة الإصابة بالبياض الزغبى فى الخيار. وعلى الرغم من انخفاض شدة الإشعاع النشط فى البناء الضوئى PAR بسبب امتصاص الأشعة فى المدى الموجى الأخضر والأصفر، فإن المحصول لم ينخفض، ربما يسبب أن الأغشية الزرقاء خفضت من شدة الإصابة بالمرض (Raviv & Reuveni ١٩٩٨).

إن أغلب الأغشية المعاملة ضد الأشعة فوق البنفسجية تمنع نفاذ غالبية الأشعة فوق البنفسجية التى تقل أطوال موجاتها عن ٣٦٠ نانوميتر، إلا أن بعض المواد التى تُعامل بها الأغشية يمكنها منع نفاذ الموجات التى يقل أطوالها عن ٣٨٠ نانوميتر. وقد أدى استخدام تلك الأغشية الأخيرة إلى خفض أعداد الذبابة البيضاء والمنّ والتربس على الخضراوات النامية تحتها مقارنة بالأعداد التى إصابتها تحت الأغشية التى تمنع نفاذ الأشعة التى يقل أطوال موجاتها عن ٣٦٠ نانوميتر. ويُعتقد أن ذلك الخفض فى أعداد الحشرات كان له علاقة بحدوث تحور فى النظام الحشرى الطبيعى لاستخدام الأطوال الموجية للأشعة فوق البنفسجية أثناء الطيران والتوجه نحو العوائل.وقد تبين أن حشرات الذبابة البيضاء العادية وذبابة البيوت المحمية البيضاء وتربس الأزهار الغربى تفضل دخول البيوت المحمية التى تسمح أغطيتها بنفاذ قدر أكبر من الأشعة فوق البنفسجية (Costa وآخرون ٢٠٠٣).

ولقد أمكن الحد من انتشار الأمراض الفيروسية التى تنقلها الحشرات إلى النباتات بتطوير أساليب زراعية تعتمد على طول الموجات الضوئية التى تتعارض مع بحث الحشرات عن عوائلها، وتوجهها إليها، واستقرارها عليها (Antignus ٢٠٠٠).

ومن الأمثلة الأخرى للدراسات التى أجريت على التحكم فى الطول الموجى للأشعة النافذة من خلال أغطية البيوت المحمية لأجل مكافحة الأمراض، ما يلى:

- انخفضت أعداد الذبابة البيضاء المتواجدة على النباتات فى البيوت المحمية البلاستيكية المغطاة بأغشية الفينيل vinyl films المتصة للأشعة فوق البنفسجية عما فى البيوت المحمية المغطاة بأغشية الفينيل العادية (Shimada ١٩٩٤).

- أدى استعمال أغطية بلاستيكية مانعة للأشعة فوق البنفسجية فى البيوت المحمية إلى إحداث خفض كبير فى أعداد الحشرات الرئيسية: صانعات الأنفاق *Liriomyza trifolii*، وتربس الأزهار *Frankliniella occidentalis*، والذبابة البيضاء *Bemisia tabaci*، وكذلك خفض معدلات الإصابات الفيروسية التى تنقلها تلك الحشرات (Antignus وآخرون ١٩٩٦).

- أدى استعمال غطاء فينيل ماص للأشعة فوق البنفسجية UV-absorbing film إلى تثبيط تجرثم كلاً من *Botrytis cinerea*، و *Sclerotina sclerotiorum*، و *Alternaria solani*، وخفض شدة الإصابة بها على الطماطم بنسبة ٦٠٪–٧٠٪ تحت ظروف الحقل (Shim وآخرون ١٩٩٨).

- أدى استعمال شرائح من البولى إثيلين قادرة على منع نفاذ الأشعة ذات الطول الموجى حتى ٤٠٥ نانوميتر (near ultra violet light) إلى إحداث خفض شديد فى إنتاج الجراثيم الكونيدية للفطر *Botrytis cinerea*، مع خفض مماثل فى نسبة الإصابة بالعفن الرمادى فى كل من الفاصوليا والفراولة (West وآخرون ٢٠٠٠).

- أدت معاملة بادرات الطماطم والفلفل والقرع العسلى بالضوء الأحمر إلى خفض معدل إصابتها بالذبول الطرى الذى يسببه الفطر *Phytophthora* sp. بنسبة وصلت إلى ٧٩٪، حيث أصيبت ٢١٪ إلى ٣٦٪ من البادرات التى عُوملت بالضوء الأحمر، مقارنة بإصابة ٧٨٪ إلى ١٠٠٪ من نباتات الكنترول (Islam وآخرون ٢٠٠٢).

- أدى استعمال الأغشية البلاستيكية المتصة للأشعة فوق البنفسجية إلى الحد من

أعداد المنّ *Macrosiphum euphorbiae*، و *Acyrthosiphum lactucae* وتأخير استعماره لزراعات الخس المحمية، مع تقليل أعداد النباتات التى أصيبت بالفيروسات التى ينقلها المنّ (أساسًا الـ poty viruses)، كما أحدث استعمال تلك الأغشية خفضًا مماثلاً فى أعداد التربس *Frankliniella occidentalis* وانتشار فيرس ذبول الطماطم المتبقع، هذا إلاّ أن الغطاء لم يكن مؤثرًا على أعداد ذبابة البيوت المحمية البيضاء (Diaz وآخرون ٢٠٠٦).

• أدى استعمال الأغطية البلاستيكية الماصة للأشعة فوق البنفسجية إلى خفض أعداد الذبابة البيضاء جوهريًّا إلى صفر–٠,٥ ذبابة لكل ورقة طماطم فُحِصت، مقارنة بـ ١–٥ ذبابات لكل ورقة عندما استعملت الأغطية البلاستيكية التقليدية، وصاحب ذلك انخفاض فى نسبة الإصابة بفيرس اصفرار وتجعد أوراق الطماطم إلى صفر٪–٢٥٪ تحت الأغطية الماصة للأشعة فوق البنفسجية، مقارنة بـ ٤٪–٧٠٪ إصابة تحت الأغطية التقليدية (Rapisarda وآخرون ٢٠٠٦).

• وقد وجد Vakalounakis (١٩٩٢) أن نفاذية غطاء الصوبة للأشعة تحت الحمراء ليلاً كانت ٧,٣٪ فقط عند استعمال غطاء فينيل vinyl ماص لهذه الأشعة، بينما وصلت إلى ٥٠,٩٪ عندما استعمل غطاء من البوليثيلين العادى. وقد صاحب ذلك انخفاض فى الإصابات المرضية (الندوة المبكرة التى يسببها الفطر *A. solani*، وعفن الأوراق الذى يسببه الفطر *Cladosporium fulvum*، والعفن الرمادى الذى يسببه الفطر *Botrytis cinerea*) بنسبة تراوحت من ٤٠٪–٥٠٪ عندما استعمل الغطاء غير المنفذ للأشعة تحت الحمراء، كما كانت النباتات أقوى نموًا وأكثر تبكيرًا فى الحصاد بنحو شهرين مما كانت عليه الحال عندما استعمل غطاء من البوليثيلين العادى

كما وجد أن الموجات الضوئية التى تنبعث من مصادر الإضاءة المختلفة (أى خلفية الإضاءة) تؤثر فى تثبيط الأشعة فوق البنفسجية بى UV-B لفطر البياض الدقيقى *Podosphaera xanthii*. وكان التثبيط بفعل التعريض للأشعة UV-B بجرعة: واحد W/م^{٢} لمدة ١٠ دقائق أعلى ما يمكن فى وجود الضوء الأحمر، أو فى الغياب التام للإضاءة. وكان

تثبيط فطر البياض الدقيقى أقل ما يمكن فى وجود الأشعة فوق البنفسجية UV-A أو الأشعة الزرقاء، وذلك مقارنة بالوضع فى النباتات التى تعرضت – فقط – لـ ١٦ ساعة من الإضاءة اليومية الطبيعية + إضاءة من لمبات الصوديوم ذات الضغط العالى التى تُنتج إشعاع ذات مدى عريض من الموجات الضوئية مع ذروة فى منطقة الضوء الأصفر إلى البرتقالى. ولقد أحدث التعريض اليومى للـ UV-B بجرعة: واحد W/م^{٢} – بدءًا من يوم العدوى بالفطر – خفضًا جوهريًّا فى شدة الإصابة بالمرض إلى ١٥٪، مقارنة بشدة إصابة بلغت ١٠٠٪ فى نباتات الكنترول. وبلغ أقصى تثبيط للمرض عندما كان التعريض للـ UV-B لمدة ١٥ دقيقة، حيث كانت الإصابة ١,١٪ فقط، إلاّ إنه كان الضرورى تقليص فترة التعريض إلى ٥–١٠ دقائق لتجنب أضرار الأشعة على النباتات. ولم يكن لتعريض النباتات للأشعة فوق البنفسجية لمدة يومين قبل عدواها بالفطر أى تأثير – سلبى أو إيجابى – على شدة الإصابة. ولقد ثبطت الأشعة فوق البنفسجية إنبات الجراثيم، والإصابة، واتساع البقع المرضية، وتجرثم الفطر. ويُستفاد مما تقدم إمكان مكافحة فطر البياض الدقيقى فى الخيار بتعريض النباتات للأشعة فوق البنفسجية UV-B، وزيادة فاعلية المعاملة بالتعريض فى الوقت ذاته للضوء الأحمر، وخاصة إجراء المعاملة ليلاً، حيث يمكن تجنب التأثير السلبى للضوء الأزرق والـ UV-A على كفاءة المعاملة. ويبدو أن الـ UV-B تُحدث تأثيرها مباشرة على الفطر، ولا تستحث مقاومة فى النبات ضده (Suthaparan وآخرون ٢٠١٤).

المكافحة الحيوية

بدأ توفر الأعداء الطبيعية لمكافحة الآفات فى زراعات الخضر فى البيوت المحمية بأوروبا فى ستينيات القرن الماضى، وحدث تغير من سيادة المكافحة بالمبيدات إلى مكافحة متكاملة متقدمة للآفات، وذلك فى خلال ٢٠ عامًا بعد ذلك. وحاليًّا.. يقوم المزارعون حول العالم بإدخال ملايين الأعداء الطبيعية فى البيوت المحمية لمكافحة الآفات. ويتوفر تجاريًّا نحو ١٠٠ نوع من الكائنات المفيدة المستخدمة فى مكافحة جميع الآفات الحشرية والأكاروسية الهامة. وفى شمال أوروبا تُحَلُّ معظم – إم لم تكن كل – المشاكل الحشرية دونما استخدام للمبيدات الحشرية.