المتبقع الذى ينقله التربس *Frankiniella accidentalis* بزراعتها فى بيوت مغطاة بشبك ١٤ × ١٠ خيط/سم (Diez وآخرون ١٩٩٩).

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 viride*، و *Verticillium 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، ويُثبط 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 وجد 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_R 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 فينيل vinyl films ماصة 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 صاحب 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 جوهريًا 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، وخفّض جوهريًا 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 بسبب 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 الخضروات 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 من 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)

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

- أدى استعمال غشاء بلاستيكى يمتص الأشعة فوق البنفسجية فى الزراعات المحمية للسبانخ إلى إحداث نقص كبير فى إصابة النباتات بالذبول الفيوزارى وفطريات الذبول الطرى *Pythium* spp، و *Fusarium* spp، و *Rhizoctonia* spp، وذلك مقارنة بالوضع فى نباتات الكنترول (Naito & Honda ١٩٩٤).
- 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 (Shimaa 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)

● درس تأثير ستة أنواع من شرائح البوليثيلين توجد بها صبغة زرقاء أو لا توجد، وأقصى امتصاص لها فى منطقة الضوء الأصفر (٥٨٠ نانوميتر) فى توافقات مع ثلاثة مستويات من الامتصاص للأشعة فوق البنفسجية UV-B (من ٢٨٠ إلى ٣٢٠ نانوميتر). دُرس تأثيرها على إنتاج الفطر *Pseudoperonospora cubensis* للجراثيم الاسبورانجية واستعماره لنباتات الخيار فى غرف النمو، وكذلك على وبائية الإصابة بالبياض الزغبى فى البيوت المحمية. أحدثت إضافة الصبغة الزرقاء للأغشية تثبيطًا جوهريًا فى إنتاج الفطر للجراثيم الاسبورانجية وفى قدرته على استعمار نباتات الخيار، بينما أسرع ترشيح المدى الموجى للأشعة فوق البنفسجية من استعمار الفطر للنباتات دون أن يكون لذلك تأثير على إنتاج الجراثيم. وقد تأخر ظهور أول أعراض المرض على النباتات تحت الأغطية البلاستيكية الزرقاء، ومن ثم انخفضت حدة الإصابة جوهريًا بالمرض (Reuveni & Raviv ١٩٩٧)

● يستدل من دراسات Naito وآخرين (١٩٩٧) أن تعريض نباتات السبانخ للأشعة فوق البنفسجية UV-B تحفز إصابتها بالذبول الفيوزارى الذى يسببه الفطر *Fusarium oxysporum* f sp *spinaciae*.

● بينما كان تعريض أوراق الفول الرومى للضوء الأحمر فعّالاً فى الحد من إصابتها بالفطر *Botrytis cinerea*، فإن تلك المعاملة لم يكن لها تأثير على الفطر فى البيئات الصناعية، مما يدل على أن معاملة الأوراق تسببت فى تراكم مركب أو مركبات مضادة للفطريات كانت هى المسئولة عن مقاومتها للفطر *B. cinerea*. وقد تبين — كذلك — أن تراكم تلك المركبات يزداد — فى الضوء الأحمر — مع العدوى بالفطر (Islam وآخرون ١٩٩٨).

● 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 جوهريًا إلى صفر-٠,٥ ذبابة لكل ورقة طماطم فحصت، 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).

● أوضحت دراسات Islam وآخرون (٢٠٠٨) أن الضوء الأحمر يستحث المقاومة الجهازية لنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne javanica* فى نبات الـ *Arabidopsis*.

● كذلك فإن الأشعة تحت الحمراء تصل إلى سطح الأرض نهارًا مع الأشعة الشمسية فى موجات تتراوح أطوالها بين ٧٥٠ نانوميترًا و ٢٠٠٠ نانوميتر، وتؤدى إلى رفع حرارة التربة والنباتات وفى المقابل تفقد التربة والنباتات حرارتها ليلاً فى صورة أشعة تحت حمراء يتراوح أطوال موجاتها بين ٧٠٠٠–١٤٠٠٠ نانوميتر؛ الأمر الذى يؤدى إلى برودة البيوت المحمية ليلاً عندما تكون أغطيتها منفذة لهذه الأشعة.

ولانخفاض درجة الحرارة ليلاً تأثيراته المباشرة وغير المباشرة على إصابة النباتات بالأمراض، فالنباتات تكون أضعف نموًا وأكثر قابلية للإصابات المرضية. كما أن الهواء يكون أكثر تشبعًا بالرطوبة – بسبب انخفاض درجة الحرارة – الأمر الذى يناسب معظم إصابات النموات الخضرية المرضية.

● 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.

تعقيم التربة والمواد والبيئات المستخدمة فى الزراعة

يعد تعقيم التربة – وكذلك تعقيم المواد والبيئات المستعملة فى إنتاج الشتلات – أمرًا روتينيًا وضروريًا فى الزراعات المحمية، وقد تناولنا هذا الموضوع بإسهاب فى حسن (٢٠١٠)، كما أشرنا إليه فى الفصل السابق