الفصل العاشر

إنتاج الفلفل

لا نميز فى هذا الفصل بين إنتاج الفلفل الحلو وإنتاج الفلفل الحريف، وإن كانت الغالبية العظمى من زراعات الفلفل المحمية فى الوطن العربى خاصة بإنتاج الفلفل الحلو.

ويعرف الفلفل (أو الفليفة) بالاسم الإنجليزى Pepper، وبالاسم العلمى *Capsicum annuum*. وهو من محاصيل الزراعات المحمية الناجحة التى تدر عائدًا اقتصاديًا مجزيًا، وتُستعمل فى إنتاجه البيوت المحمية (الأنفاق) الكبيرة.

الأصناف الملائمة للزراعات المحمية

درجت العادة — فى الماضى — على زراعة الأصناف العادية (المفتوحة التلقيح) المعروفة من الفلفل الحلو فى البيوت المحمية، والتى من أمثلتها: كاليفورنيا وندر ٣٠٠، وبل بوى، وليدى بل، وبولو ستار وغيرهم. إلا أنه تفضل زراعة الهجن المرباة خصيصًا للزراعات المحمية، وهى التى تتغير باستمرار.

وأصناف الفلفل الحلو كثيرة للغاية، وهى تتباين فى لونها عند النضج ما بين الأبيض، والأصفر، والبرتقالى، والأحمر، والقرمزى، والأسود، وتتباين فى أشكالها ما بين طراز كاليفورنيا وئدر الناقوسى والطراز الإسبانى الطويل. أما أصناف الفلفل الحريف فهى أكثر تباينًا فى الشكل والحجم وشدة الحرافة، وكذلك فى اللون.

ومن أهم صفات الصنف ما يلى:

١- جديون Gedeon.

نموه الخضرى قوى وقائم. مبكر. ثماره مستطيلة، بها ٣-٤ مساكن، كبيرة الحجم (حوالى ١٨٠-٢٠٠ جم)، ذات لون أخضر داكن. يتحول إلى الأحمر عند النضج. مقاوم لفيرس موزايك التبغ

٢- لاميو Lamuyo

يتشابه مع الصنف جديون

٣- برايو Bruyo

نموه الخضرى متوسط، ثماره تميل إلى الاستطالة، بها ٣-٤ مساكن، كبيرة الحجم، ذات لون أخضر داكن

٤- جالاكسى Galaxy.

نموه الخضرى متوسط القوة والطول. متوسط التبكير. ثماره مكعبة، خضراء اللون تتحول إلى حمراء عند النضج، متوسطة إلى كبيرة الحجم (حوالى ١٥-١٨ سم)، تحتوى على ٣-٤ مساكن مقاوم لفيرس موزايك التبغ، ويتحمل الإصابة بفيرس واى البطاطس PVY.

٥- ليتو Lito

نموه الخضرى متوسط القوة، يميل إلى الافتراش، لذا .. يبدو النبات قصيرًا. لون ثماره أصفر فاتح، ويصلح للتصدير إلى ألمانيا. حساس للبرودة، وتقل قدرته الإنتاجية كثيرًا بانخفاض درجة الحرارة.

٦- بيكال Pical

هجين حريف. قوى النمو. أوراقة طويلة شريطية، خضراء قاتمة اللون ثماره شديدة الحرافة. يتراوح طولها بين ١٥ و ١٨ سم. حساس للبرودة، وتنخفض قدرته الإنتاجية كثيرًا مع انخفاض درجة الحرارة

٧- كولومبو Colombo

ثماره كبيرة، خضراء اللون تتحول إلى حمراء عند النضج، طويلة (حوالى ١٤ × ٩ سم)، بها ٣-٤ مساكن يمكنه العقد فى الحرارة المنخفضة. يصلح للتصدير

٨- بومبى Bomby

نموه الخضرى قوى. مبكر. ثماره ناقوسية الشكل تحتوى على ٣-٤ فصوص، كبيرة الحجم (حوالى ١١ × ١٠ سم)، لونها أخضر يتحول إلى أحمر زاهٍ عند النضج. يتحمل الشحن مقاوم لفرس موزايك التبغ، وإتش التبغ. ويتحمل الإصابة بفيرس واى البطاطس

٩- قرطبة Cordoba.

شبيه بالصنف لاميو، ولكن نموه الخضرى أقوى. النمو قائم. ثماره خضراء اللون تتحول إلى حمراء عند النضج. مقاوم لفيروس موزايك التبغ، وإتش التبغ، ويتحمل الإصابة بفيرس واى البطاطس.

١٠- زاركو Zarco:

نموه الخضرى قوى. متوسط التبكير. ثماره طويلة (حوالى ١٤ × ١٠ سم)، كبيرة الحجم، صفراء اللون عند النضج. مقاوم لفيروس موزايك التبغ، وإتش التبغ، ويتحمل الإصابة بفيرس واى البطاطس.

١١- كيرالا Kerala:

نموه الخضرى مندمج. مبكر. ثماره ناقوسية الشكل (حوالى ١٠ × ٨ سم)، تحتوى على ٣-٤ مساكن. لونها أخضر ضارب إلى الصفرة يتحول إلى أصفر زاهٍ عند النضج. مقاوم لفيرس موزايك التبغ.

١٢- أوروبيل Orobelle:

نموه الخضرى سريع وشجيرى. مبكر. ثماره ناقوسية الشكل (حوالى ١٠ × ٩ سم)، بها ٣-٤ مساكن، وتكون صفراء عند النضج. مقاوم لفيرس موزايك التبغ، ويتحمل الإصابة بفيرس واى البطاطس.

ومن بين صنوف الفلفل الزراعات المحمية الهامة الأخرى، ما يلى:

أولاً: هجن حلوة:

الصنف	الطراز/الحجم	اللون عند النضج
ميراج Mirage	١٨ × ١٠ سم	أحمر
إندرا Indra	١٢ × ١٠ سم	أحمر
كلوفيس Clovis	مستطيلة	أحمر
تيستى Tasty	١٠ × ٨ سم	أحمر

الصنف	الطراز/الحجم	اللون عند النضج
كيوبى Cuby	مكعبة	أحمر
أويرس Oasis	١٨ × ١٠ سم	أحمر
مليتو Melito	١٣ × ٩ سم	أحمر
تروبيك Tropic	١٧ سم طولاً	أحمر
لاتينو Latino	ناقوسى	أحمر
يارا Yara	١١ سم طولاً	أصفر
لويس Louis	لامويو	أحمر
أنطونيو Antonio	١٠ × ٩ سم	أحمر
أبولو Apollo	كبير	أحمر
آر إس ٨٥٠٤٧ RS 85047	١٠ × ٨ سم	أصفر
مكابى Maccabi	١٧ × ٩ سم	أحمر
هـ ١١٣٤	١٦ × ٨ سم	ذهبى
هـ ١٢٧٣	١٨ × ٧ سم	أحمر
أورى Orni	لامويو	أصفر
سرتاكى Sirtaki	كاليفورنيا وندر	أصفر
ناسو Nassau	كاليفورنيا وندر	برتقالى

ثانيًا: هجن حريفة (حارة):

الصنف	الطول × القطر عند الأكتاف	لون الثمار غير الناضجة	ملاحظات
بيكوس Pecos	١٥–٢٠ × ٢–٣ سم	أخضر فاتح	مجعدة قليلاً
بى بى ١٧٦	١٦ سم طولاً	أخضر قاتم لامع	ناعمة ومستقيمة
اسبت فاير Spitfire	١٣ × ٢–٣ سم	أخضر	أسطوانية
سامى Sammy	١٥–١٨ سم طولاً	أصفر فاتح	طويلة مدببة
سريناد Serenade	٨ × ٢ سم	أخضر	رفيعة ليست مدببة

الاحتياجات البيئية

درجة الحرارة

الاحتياجات الحرارية بصورة عامة

يعتبر الفلفل من أكثر محاصيل الخضر حساسية لدرجة الحرارة؛ فهي التي تحدد غالبًا مدى نجاح الزراعة وبدايتها بشكل سليم. وتنبت بذور الفلفل خلال ثمانية أيام في درجة الحرارة المناسبة؛ وهي ٢٧°م-٢٩°م، بينما يستغرق الإنبات ٢٥ يومًا في حرارة ١٥°م. ولا تنبت البذور عندما تكون درجة حرارة التربة ١٠°م أو أقل. ويتعين بعد الإنبات خفض حرارة الصوبة إلى ٢٤°م. وبعد الشتل تجب المحافظة على حرارة الصوبة أعلى من ١٥°م وأقل من ٣٨°م، علمًا بأن أفضل نمو للفلفل يكون بين ٢١، و ٢٩°م.

وأنسب مجال حرارى لنمو وإزهار وإثمار نبات الفلفل هو ١٧-١٨°م ليلاً، و ٢٢ - ٢٤°م نهارًا، وبينما يتوقف النمو وعقد الثمار في حرارة ١٠°م، فإن درجات الحرارة العالية تضر بالنبات والمحصول. فالثمار العاقدة في حرارة ٢٧ -٢٨°م تكون صغيرة الحجم ومشوهة الشكل. بينما لا يحدث عقد في حرارة ٣٣-٣٥°م.

وإذا أمكن التحكم في درجة الحرارة داخل البيوت المحمية .. فإنه يفضل توفير حرارة التربة والهواء المناسبتين للفلفل في مختلف مراحل نموه. كما يلى (°م):

مرحلة النمو	حرارة التربة	حرارة الهواء ليلاً	حرارة الهواء نهارًا	فى الإضاءة الجيدة
		حرارة الهواء نهارًا		
إنبات البذور	٢١-٢٥	—	—	—
النمو الخضرى	—	٢٠-٢٢	٢٣-٢٤	٢٦-٢٨
تحفيز عقد الثمار	—	١٥-١٧	٢٠-٢١	٢٣-٢٥
نضج الثمار	—	١٧-١٨	٢١-٢٢	٢٤-٢٦

ولكن يستدل من دراسات Bakker (١٩٨٩) على أن الفرق بين درجتى حرارة الليل

والنهار (استعمل الباحث ١٢ معاملة اختلفت فيها حرارة الليل بين ١٢°م و ٢١°م. وحرارة النهار بين ١٦°م و ٢٨°م) لم يكن مؤثرا على نمو وتطور النباتات، وعقد ثمارها وصفاتها، وإنما كان المهم هو متوسط درجة الحرارة اليومى الذى أثر (فى حدود المجال المستعمل فى الدراسة) على عقد الثمار، وتطورها ونضجها

وقد قدر الباحث الـ Q_{10} لفترة الثمرة من الإزهار إلى الحصاد بين ١,٥ و ١٩.

ويبلغ أعلى معدل للبناء الضوئى فى الفلفل فى حرارة ٢٥°م (Jeong وآخرون ١٩٩٤)

ويعتبر الفلفل من النباتات الحساسة — فى مختلف مراحل نموها — لكل من الحرارة المرتفعة والحرارة المنخفضة.

فيتأثر عقد الثمار — كثيرًا — بارتفاع درجة الحرارة (وخاصة أثناء الليل)، حيث تسقط الأزهار والثمار الحديثة العقد فى بداية الموسم عندما تكون الحرارة عالية، ويزداد معدل التساقط إذا صاحب الحرارة العالية انخفاض فى شدة الإضاءة، وقد وجد Aloni وآخرون (١٩٩٥) أن معاملة نباتات الفلفل — تحت هذه الظروف — بثيوكبريتات الفضة silver thiosulphate — قللت كثيرا من معدل سقوط الأزهار والثمار الحديثة العقد، ولكن ذلك كان مصاحبا بزيادة فى نسبة الثمار المشوهة.

وقد اقترح الباحثون أن ثيوسلفات الفضة قللت تساقط الأزهار بوقف فعل الإثيلين، ولكنها منعت انتقال الأوكسين من البرعم الزهرى إلى المبيض النامى، مما أدى إلى تشوهه

كما أن نمو ثمار الفلفل ووزنها يتأثر — سلبيًا — بارتفاع درجة الحرارة من ٣٠°م إلى ٣٤°م (Malfa ١٩٩٣)

وتؤدى حرارة الليل المنخفضة (١٥°م) إلى عقد ثمار بكرية أو قليلة البذور، كما تكون هذه الثمار مشوهة، وصغيرة (يطلق عليها فى مصر اسم "الزراير"). تنتج هذه الثمار فى مصر خلال فترة انخفاض درجة الحرارة فى شهر فبراير

أهمية الحرارة فى إنبات البذور

يتأثر إنبات بذور الفلفل سلبيًا بارتفاع درجة الحرارة إلى ٣٥°م، بينما تنخفض نسبة الإنبات إلى أقل من ٥٪ فى حرارة ثابتة مقدارها ٤٠°م، إلا أن تباين الحرارة بين ٤٠°م نهارًا، و ٢٥، أو ٣٠، أو ٣٥°م ليلاً يقلل من الأثر الضار للحرارة الرتفعة نهارًا، ويزداد التأثير الإيجابى للحرارة المنخفضة ليلاً بزيادة الفترة بين درجتى حرارة الليل والنهار. ومن بين سبعة أصناف تم اختبارها كان أكثرها قدرة على الإنبات فى حرارة ثابتة مقدارها ٣٥°م الصنفين ميركورى Mercury، ويولو واندر بى Yolo Wonder B. ويعد هذا التأثير السلبى للحرارة العالية على إنبات البذور نوعًا من السكون الحرارى. حيث أن معظم البذور التى لم تنبت فى حرارة ٤٠°م لم تكن فاقدة الحيوية. كما كانت نسبة البذور الفاقدة الحيوية من تلك التى لم تنبت فى حرارة ٢٥°م أعلى من نظيرتها التى لم تنبت فى حرارة ٤٠°م (Coons وآخرون ١٩٨٩).

وقد أمكن التغلب على هذا السكون الحرارى فى ٤٠°م فى بذور صنف الفلفل جالابينو إم Jalapeno M بمعاملة البذور بكل من حامض الجبريلليك GA3، والإثيفون معًا، حيث كانت نتائج المعاملات المختلفة، كما يلى (Carter & Stevens ١٩٩٨).

المعاملة	الإنبات (٪)
الاستنبات فى حرارة ٢٥°م	٩٩
الاستنبات فى حرارة ٤٠°م	صفر
الاستنبات فى حرارة ٤٠°م مع سبق النقع فى الماء لمدة ٧ أيام	٤٠
الاستنبات فى حرارة ٤٠°م مع المعاملة بالإثيفون (٣,٥ ملى مولار)	٥٠
الاستنبات فى حرارة ٤٠°م مع المعاملة بالـ GA3 (٣,٠ ملى مولار)	٧٩
الاستنبات فى حرارة ٤٠°م مع المعاملة بكل من الإثيفون والـ GA3	٩١

أهمية الحرارة فى نمو الشتلات

يزداد النمو الخضرى والنمو الجذرى لشتلات الفلفل بارتفاع درجة الحرارة، وتعد حرارة بيئة نمو الجذور هى الأكثر تأثيرًا فى هذا الشأن. وقد حُصل على أعلى معدل للنمو فى الشتلات التى كانت بعمر ٦٠ يومًا عندما تراوحت حرارة الهواء. بين ١٨، و ٢٣°م، ودرجة حرارة التربة بين ١٨، و ٢٨°م. كما انخفضت الحرارة المثلى التى صاحبها أفضل نمو بزيادة العمر المتوقع للشتلات قبل شتلها. حيث كان المدى الحرارى المناسب ١٣-٢٣°م للهواء، و ١٣-٢٧°م للتربة بالنسبة للشتلات التى كانت بعمر ٧٥ يوما، و ١٣-١٨°م للهواء، و ١٨°م للتربة بالنسبة للشتلات التى كانت بعمر ٩٠ يومًا وقد أدى ارتفاع درجة حرارة الهواء، أو التربة إلى زيادة سرعة تميز الأزهار (Choe وآخرون ١٩٩٤)

وقد أوصى Park وآخرون (١٩٩٦) بالمحافظة على درجة حرارة لا تزيد عن ٢٤°م نهارًا عند إنتاج الشتلات لكى تكون الشتلات الناتجة مندمجة النمو، ولكن مع رفع درجة الحرارة ليلاً عن ٢٠°م لكى يرتفع متوسط درجة الحرارة اليومى، الأمر الذى يسمح بتهيئة النباتات للإزهار مبكرًا.

أهمية الحرارة فى النمو النباتى والإزهار والعقد

وجد أن نمو وازهار نباتات الفلفل يرتبطان إيجابيًا بدرجة الحرارة. كذلك فإن عدد الأوراق التى تتكون بعد الأوراق الفلقية حتى إزهار النبات يقل بارتفاع كل من درجتى حرارة الهواء والتربة (Khan & Passam ١٩٩٢، وعن Si & Heins ١٩٩٦). وعلى خلاف الطماطم التى يؤدى تعريض بادرتها لحرارة ١٠°م إلى تبكير الإزهار ليصبح عند عقدة أقرب إلى قاعدة النبات، فإن هذه المعاملة تؤدى فى الفلفل — إذا أجريت قبل تكوين مبادئ الأزهار — إلى زيادة عدد الأوراق المتكونة — قبل ظهور أول زهرة — بورقة واحدة أو ورقتين.

هذا . وتزداد ساق نبات الفلفل طولاً مع كل ارتفاع فى درجة حرارة النهار

وانخفاض فى درجة حرارة الليل. أى مع الزيادة فى الفرق الموجب بين درجتى حرارة النهار والليل. وقد أوضحت دراسات Si & Heins (١٩٩٦) أن ارتفاع درجة حرارة النهار والليل أثر إيجابيًا وبصورة معنوية على جميع دلائل النمو المقيسة (مثل: طول الساق فى البادرة، وطول السلاميات، وقطر الساق، ومساحة الورقة، وعدد السلاميات والأوراق، وحجم النبات، والوزن الجاف للنمو الخضرى)، كما أثرت إيجابيًا كذلك على نسبة الجذور إلى النمو الخضرى، وأدت إلى زيادة دكنة اللون الأخضر فى أوراق النبات. أما العقدة التى ظهرت عندها أول زهرة فإنها ارتبطت بحرارة الليل، حيث كان عدد العقد التى تكونت حتى ظهور أول زهرة فى حرارة ليل ٢٦°م أقل بمقدار ١,٢ عقدة مما فى حرارة ليل ١٤°م.

وقد قارن Mercado وآخرون (١٩٩٧) تأثير تعريض نباتات الفلفل لحرارة مرتفعة (٢٩°م نهارًا مع ٢٠°م ليلاً)، أو منخفضة (٢٥°م نهارًا مع ١٤°م ليلاً) لمدة ٦٠ يومًا، ووجدوا أن معاملة الحرارة المنخفضة أحدثت — مقارنة بمعاملة الحرارة المرتفعة — التأثيرات التالية.

١- نقص فى طول النمو الخضرى، وعدد الأوراق، والوزن الجاف للنمو الخضرى بنسب تراوحت بين ٥٠٪، و ٧٠٪.

٢- زيادة فى عدد النموات الجانبية.

٣- زيادة فى محتوى الأوراق من الكلوروفيل والبروتين الذائب، والنيتروجين الكلى.

٤- نقص فى محتوى الأوراق من السكروز، مع زيادة فى محتواها من النشا.

٥- زيادة فى تحمل النباتات لأضرار البرودة لدى تعريضها لحرارة ٦°م لأربع ليال.

وأوضحت دراسات Liu وآخرين (١٩٩٦) أن تمثيل البروتين كان ضروريًا لأجل تقسية الفلفل للتأقلم على الحرارة العالية.

يؤدى ارتفاع الحرارة عن ٣٣°م إلى التأثير سلبًا على عقد أزهار الفلفل، وإن لم يؤثر ذلك على عدد الأزهار المنتجة. كما أنه ليس لهذا الانخفاض فى العقد علاقة بأى من

الفرق فى ضغط بخار الماء، أو معدل البناء الضوئى فى الحرارة العالية (Erickson & Markhart ٢٠٠١).

أهمية التبريد

أدى التبريد الصحراوى (بالمروحة والوسادة) لصوبات الفلفل إلى زيادة محصول الثمار الكلى وحالات تشقق الثمار، ولكن مع خفض فى حالات الإصابة بتعفن الطرف الزهرى وقد انخفضت كفاءة التبريد الصحراوى فى خفض درجة الحرارة، وفى تقليل الفرق فى ضغط بخار الماء VPD مع ازدياد بعد المسافة عن الوسادة المبتلة، وكان ذلك مصاحبا – كذلك – بانخفاض فى حالات الإصابة بتشققات الثمار، وزيادة فى حالات الإصابة بتعفن الطرف الزهرى (Bar-Tal وآخرون ٢٠٠٦)

الفترة الضوئية وشدة الإضاءة

دور الفترة الضوئية

وجد أن مبادئ الأزهار لا يتأثر تكوينها فى الفلفل بطول الفترة الضوئية، حيث تكونت فى وقت واحد فى فترات ضوئية تراحت بين ٧، و ١٥ ساعة، إلا أن زيادة الفترة الضوئية إلى ٢٤ ساعة (أى جعل الإضاءة مستمرة) أخر تكوينها لمدة ٥–٩ أيام ولذا يمكن القول بأن إزهار الفلفل يتأثر كميًا بالفترة الضوئية القصيرة؛ أى إنه Quantiative Short Day Plant

وتؤدى الحرارة العالية والفترة الضوئية الطويلة إلى تحفيز التفرع الثنائى، والإزهار المزدوج، بينما تؤدى حرارة الليل المنخفضة والفترة الضوئية القصيرة إلى تحفيز التفرع الثلاثى، والإزهار المفرد

وعلى خلاف الباذنجان الذى تصاب أوراقه بالاصفرار إذا تعرضت لإضاءة مستمرة، فإن الفلفل لا يتأثر سلبيًا بهذه المعاملة، بل إن أوراقه يزداد محتواها من الكلوروفيل (Murage & Masuda ١٩٩٧). وفى دراسة تالية (Masuda & Murage ١٩٩٨) وجد أن

تعريض شتلات الفلفل لإضاءة ضعيفة مستمرة أدت إلى زيادة وزنها الجاف، وعدد الأوراق فيها، وزيادة الوزن النوعى لأوراقها، وزيادة عقد ثمارها، مقارنة بالنباتات التى عُرِّضت لإضاءة عادية لمدة ١٢ ساعة فقط.

دور شدة الإضاءة

تؤدى الطريقة التى ينتج بها الفلفل فى الزراعات المحمية إلى تكوين نموات خضرية كثيفة ومتشابكة على المصاطب، يصل ارتفاعها — فى نهاية الموسم — إلى ٢–٢,٥ م، مع وجود ممرات خالية من النمو الخضرى. وقد قام Hand وآخرون (١٩٩٣) بتقدير شدة الإضاءة ومدى استفادة النباتات منها — فى ظل هذا النظام لتربية النباتات — وتوصلوا إلى النتائج التالية:

١– ازداد استقبال النباتات للضوء الساقط عليها — تدريجيًّا — أثناء نموها، إلى أن وصلت نسبة الاستفادة منه إلى ٩٢٪ عند بداية نضج الثمار، واستمرت على هذه الحال بعد ذلك.

٢– بلغت نسبة الإضاءة التى نفذت خلال النمو الخضرى حوالى ٢٠٪ عند الظهيرة (منتصف النهار)، وانخفضت إلى نحو ٢٪ قبل الظهيرة أو بعدها بساعات قليلة.

ولا توجد فى الدول العربية مشكلة فى نقص شدة الإضاءة، ولكن المشكلة الحقيقية تكمن فى تعرض الثمار (فى بداية مرحلة الإثمار قبل حلول فصل الشتاء)، والثمار التى تتكون بعد منتصف شهر أبريل للإصابة بلفحة الشمس.

يعتبر الفلفل من أبطأ محاصيل الخضر، ليس فى إنبات البذور وبزوغ البادرات فقط — وإنما كذلك فى نمو البادرات والنباتات؛ فهو — على سبيل المثال — أبطأ من الطماطم والخيار فى معدل النمو النسبى Relative Growth Rate بمقدار ٢٥٪، ويرجع ذلك إلى بطء الفلفل فى تكوين مساحات ورقية جديدة، بينما يزداد فيه سمك الأوراق (الوزن النوعى للورقة Specific Leaf Weight) مقارنة بالنوعين الآخرين.

ويمكن تقليل سمك أوراق الفلفل وزيادة نسبة مساحة الأوراق إلى الوزن الكلى للنبات (نسبة المساحة الورقية Leaf Area Ratio)، وذلك بخفض شدة الإضاءة

كذلك يزداد معدل ظهور الأوراق الجديدة فى الفلفل بزيادة شدة الإضاءة

وتؤدى الإضاءة القوية (٢٨ ميجا جول/م^{2} MJm^{-2}) إلى نقص محصول الفلفل الكلى بمقدار ١٩٪ والمحصول الصالح للتسويق بمقدار ٥٠٪ مقارنة بمحصول النباتات المظللة قليلاً بداية من الشتل وقد كانت معاملة التظليل مصاحبة بنقص فى نسبة لثمار المصابة بلسعة الشمس، وبزيادة فى حجم الثمار، وأيضًا بزيادة فى المساحة الورقية. هذا .. إلا أن محصول الفلفل يزداد بزيادة شدة الإضاءة طالما بقيت درجة الحرارة فى المدى المناسب، وما توفرت الرطوبة الأرضية التى تحتاجها النباتات فى هذه الظروف (عن Wien ١٩٩٧).

الرطوبة النسبية

وجد أن زيادة الرطوبة النسبية ليلاً تؤدى إلى زيادة متوسط وزن الثمرة مقارنة بالإنتاج فى ظروف الرطوبة النسبية الأقل خلال الليل. هذا .. إلا أن التغيرات فى الرطوبة النسبية ليلاً، أو نهارًا لم يكن لها أية تأثيرات معنوية على النمو الخضرى أو المحصول المبكر، أو الكلى (Bakker ١٩٨٩).

ويناسب الفلفل رطوبة نسبية تقدر بنحو ٧٥٪.

النمو والتطور

ارتباطات النمو

يرتبط النمو الخضرى لنبات الفلفل سلبيًا مع نمو الثمار، الأمر الذى يؤثر سلبيًا — بدوره — على محصول الثمار

وكمثال عملى على ذلك نجد أن الفلفل يربى فى الزراعات المحمية — عادة — على ساقين، مع إزالة جميع الفروع القاعدية والعلوية الأخرى أثناء تكوينها. كذلك

يُمنع عقد الثمار عند العقد العشر الأولى بإزالة الأزهار المتكونة، ويكون الهدف من ذلك هو إتاحة الفرصة لتكوين نمو خضرى قوى قبل بدء الإثمار. ويترتب على ذلك تأخير بداية الإثمار فى الزراعات المحمية مقارنة بما حدث فى الزراعات الحقلية، إلا أن الإثمار يستمر لفترة طويلة قد تمتد لثمانية أشهر فى الزراعات المحمية، مقارنة بنحو ٢-٣ شهور فقط من الإنتاج فى الزراعات الحقلية، وربما كان من الأفضل رفع درجة الحرارة فى البيوت المحمية لأجل إسراع النمو الخضرى، والاستغناء عن عملية إزالة الأزهار (عن Wien ١٩٩٧).

ويؤدى ارتفاع درجة الحرارة نهارًا إلى زيادة تراكم المادة الجافة فى الثمار، وتثبيط النمو الخضرى فى أصناف الفلفل ذات الثمار الكبيرة، بينما يزداد النمو الخضرى طرديًا مع الارتفاع فى درجة الحرارة نهارًا فى أصناف الفلفل ذات الثمار الصغيرة (Takagaki ١٩٩٣)

وتكون نسبة عقد الثمار أقل فى الأجزاء العليا من النبات منها عند قاعدته، بسبب حصول الثمار الأولى فى التكوين على معظم الغذاء المجهز ومنافستها للأزهار العليا على ذلك الغذاء.

هذا .. بينما لم يجد Heuvelink & Marcelis (١٩٩٦) تأثيرًا لتوفر الغذاء المجهز على معدل ظهور الأوراق الجديدة خلال مرحلة النمو الزهرى والثمرى، ولكن توفر الغذاء المجهز أدى إلى زيادة مساحة الأوراق.

ويبلغ معدل البناء الضوئى فى أوراق الفلفل أعلى مدى له عندما تزيد مساحة الورقة عن ١٠ سم^{٢}، وتحتفظ الأوراق بكفاءتها العالية فى البناء الضوئى لمدة طويلة بعد ذلك.

ويمكن لثمار الفلفل أن تُصنِّع جزءًا من الغذاء المخزن فيها، ولكن الجانب الأكبر مما تحتويه من غذاء يصل إليها من الأوراق.

عقد الثمار

تكوين الأمشاج الأنثوية

يمر تكوين الأمشاج الأنثوية Female Gametogensis فى الفلفل — من بداية الانقسام الاختزالى حتى بداية انقسام الزيجوت — بالمراحل التالية (Greenleaf ١٩٨٦).

عدد الأيام بالنسبة لتفتح الزهرة	الحدث
-٤	الانقسام الاختزالى (الميوزى) Meiosis
-٣	تكوين أربع خلايا جرثومية Microspore Tetrad
-٢	تكوين كيس جنينى وحيد النواة Uninucleate ES
-١	تكوين كيس جنينى ذو ٢-٤ نوايا 2-4 nucleate ES
صفر	تكوين كيس جنينى ذو ٨ نوايا 8 nucleate ES
	تفتح الزهرة والتلقيح
+١	اندثار النواتان القطبيتان Antipodal Nuclei degenerate
	نمو الأنابيب اللقاحية فى القلم
+٢	اندثار إحدى الأنوية المساعدة One synergid degenerates
	نمو الأنابيب اللقاحية فى القلم
+٣	الإخصاب Fertilization
+٤	اندثار الأنوية المساعدة الأخرى
+٥	بداية تكوّن الإندوسبرم
	استمرار تكوّن الإندوسبرم
+٦	الانقسام الأول للزيجوت First Zygote Division
	تكوّن الإندوسبرم

إنتاج حبوب اللقاح وإنباتها

عندما عُرِّضت نباتات الفلفل لحرارة عالية (٣٢°م نهارًا مع ٢٦°م ليلاً) لمدة ثمانية أيام قبل تفتح الأزهار، فإن عدد حبوب اللقاح المنتجة/زهرة لم يختلف عما

فى حالة المعاملة الحرارية العادية (٢٨°م نهارًا مع ٢٢°م ليلاً)، إلاّ أن إنبات حبوب اللقاح المنتجة من أزهار المعاملة الحرارية العالية انخفض كثيرًا فى البيئة الصناعية على ٢٥°م، مقارنة بإنبات حبوب اللقاح المنتجة من أزهار المعاملة الحرارية العادية. وتوافق هذا التأثير مع الانخفاض الواضح فى عدد البذور بالثمرة فى نباتات المعاملة الحرارية العالية. وعندما رُفع تركيز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء — فى كلتا المعاملتين الحراريتين — إلى ٨٠٠ جزء فى المليون، فإن ذلك لم يؤثر فى إنبات حبوب اللقاح المتحصل عليها من أزهار المعاملة الحرارية العادية فى البيئة الصناعية، ولكنه جعل إنبات حبوب اللقاح المتحصل عليها من أزهار المعاملة الحرارية العالية قريبًا من المستوى الطبيعى. ولقد وجد ارتفاع جوهرى فى تركيز كل من السكروز والنشا، وانخفاض فى نشاط إنزيم أسيد إنفرتيز acid invertase فى حبوب لقاح أزهار المعاملة الحرارية العالية عما فى حبوب لقاح المعاملة الحرارية العادية. ومع التركيز العالى لثانى أكسيد الكربون انخفض تركيز السكروز فى حبوب لقاح أزهار المعاملة الحرارية العالية إلى مستوى قريب مما فى حبوب لقاح المعاملة الحرارية العادية. ويعتقد بأن التركيز العالى من كل من السكروز والنشا فى حبوب لقاح أزهار المعاملة الحرارية العالية مردة إلى انخفاض الأيض فيها فى الحرارة العالية، وأن التركيز العالى لثانى أكسيد الكربون — بما يوفره من زيادة فى الغذاء المجهز لحبوب اللقاح — ربما يخفف من التأثير المثبط للحرارة العالية على أيض السكروز والنشا، وبذا .. يزيد من استخدامها فى إنبات حبوب اللقاح فى ظروف الحرارة العالية (Aloni وآخرون ٢٠٠١).

التلقيح

تكون مياسم أزهار الفلفل مستعدة لاستقبال حبوب اللقاح قبل تفتح الأزهار — أى وهى مازالت فى طور النمو البرعمى — ولكن حبوب اللقاح لا تكون مكتملة التكوين إلا عند تفتح الزهرة. وتتفتح معظم الأزهار خلال ساعتين من شروق الشمس، وتتفتح المتوك بعد تفتح الزهرة بفترة وجيزة، ولكنه لا يتم إلا بعد اكتمال امتداد البتلات.

وأفضل حرارة لإنبات حبوب لقاح الفلفل هى ٢٥–٣٠°م ولكن حبوب لقاح الصنف تباسكو Tabasco (*C frutescens*) الذى تتفتح أزهاره غالبًا بين ١٠ صباحًا و ١٢ ظهرا – تنبت حبوب لقاحه جيدا فى حرارة تصل إلى ٣٥°م، كما تنبت بدرجة متوسطة فى ٤٠°م

إن ميسم زهرة الفلفل مفصص ومغطى بسائل لزج تفرزه شعيرات غدية توجد على سطح الميسم ويكون استعداد الميسم للتلقيح فى أوجه يوم تفتح الزهرة، وخاصة قبل انفراج البتلات وتفتح المتوك مباشرة، ولكن تستمر المياسم مستعدة لاستقبال حبوب اللقاح لمدة ٤ أيام فى الجو المعتدل البرودة، وقد تستمر فى بعض الأصناف إلى ٧ أيام، بينما تكون مدة استعداد المياسم لاستقبال حبوب اللقاح أقصر فى الجو الحار وحتى فى الحرارة المنخفضة فإن ميسم الزهرة يتغير لونه فى خلال ٤ أيام من تفتح الزهرة، وينكمش، ويفقد السائل اللزج الذى كان يغطيه.

كذلك تكون حبوب اللقاح فى أوج خصوبتها فى يوم تفتح الزهرة وليس قبل ذلك، بينما تنخفض خصوبتها كثيرا فى خلال يوم إلى يومين من تفتح الزهرة.

ويمكن حفظ حبوب اللقاح فى درجة الصفر المئوى لمدة ٥–٦ أيام (Rylski ١٩٨٦)

العقد الطبيعى

يتراوح المجال الحرارى الملائم لعقد ثمار الفلفل من ١٢–١٦°م وتعد درجة الحرارة المنخفضة ليلاً (١٠°م أو ١٥°م) أفضل من درجة الحرارة المرتفعة (٢١°م أو ٢٧°م). وتنخفض درجة حرارة الليل المثلى لعقد الثمار مع تقدم النبات فى العمر.

يتضح مما تقدم أن ثمار الفلفل يمكنها العقد فى درجات حرارة أكثر انخفاضًا من تلك التى تعقد عليها ثمار الطماطم، وتعتبر درجة حرارة الليل أكثر أهمية فى التأثير على عقد ثمار الفلفل من درجة الحرارة السائدة نهارًا فقد وجد لدى تعريض نباتات الفلفل لدرجات حرارة منخفضة ليلاً ونهارا أن العقد تأثر بدرجة حرارة الليل،

إذ بلغت نسبة العقد أعلى ما يمكن عندما كانت الحرارة ليلاً ١٥°م، بالمقارنة بدرجات ١٨°م، و ٢١°م، و ٢٤°م، كما تساقطت نسبة عالية من البراعم عندما كانت حرارة الليل ٢٤°م. ولكن لم يتأثر العقد بارتفاع الحرارة نهارًا إلى ٢٨°م لمدة ١٢ ساعة، أو إلى ٢٨°م، ثم ٣٢°م، ثم ٢٨°م لمدة ٤ ساعات لكل منها (Went ١٩٦٢، و Rylski & Spigelman ١٩٨٢).

لم يحصل Cochran على أى عقد لثمار الفلفل فى حرارة ٣٢-٣٨°م، بينما حدث عقد للثمار فى حرارة ٢١-٢٧°م. وازدادت نسبته فى حرارة ١٦-٢١°م. وتلعب حرارة الليل دورًا رئيسيًا فى هذا الشأن، فتساعد حرارة الليل المنخفضة — حتى الأقل من ١٠°م — على زيادة نسبة عقد الثمار. هذا إلاّ أن ارتفاع الحرارة نهارًا، مع انخفاض شدة الإضاءة تؤديان إلى سقوط الأزهار عند انخفاض الحرارة ليلاً. وعلى الرغم من أن حرارة الليل المنخفضة تؤدى إلى زيادة نسبة العقد، إلا أنها تمنع التلقيح وتتسبب فى نمو ثمار يقل محتواها من البذور أو ينعدم. وهذه المبايض الزهرية غير المخصبة تسقط عندما تكون حرارة النهار مرتفعة مع ضعف شدة الإضاءة.

وعمليًا فإن أفضل حرارة لتأمين عقد جيد للثمار البذرية تتراوح بين ١٧، و ١٨°م. بينما يصاحب حرارة ليل أعلى من ٢١°م سقوط نسبة كبيرة من البراعم الزهرية بدون عقد (عن Rylski ١٩٨٦).

ولأجل زيادة المحصول من الثمار الصالحة للتسويق يلزم توفر حرارة تتراوح بين ٢١، و ٢٣°م خلال فترة النمو الخضرى، وحرارة مقدارها ٢١°م خلال فترة نمو الثمار، مع اختلاف حرارة الليل عن النهار بمقدار ٧-٩°م، وذلك تحت ظروف الإضاءة الضعيفة نسبيًا، مع المحافظة على فارق أكبر من ذلك بين حرارتى الليل والنهار فى ظروف الإضاءة الجيدة (عن Wien ١٩٩٧).

وتبعًا لدراسات سابقة (Bakker ١٩٨٩) .. فإن الفرق بين درجتى حرارة الليل والنهار (استعمل الباحث ١٢ معاملة اختلفت فيها حرارة الليل بين ١٢°م، و ٢١°م،

وحرارة النهار بين ١٦°م و ٢٨°م) . لم يكن هذا الفرق مؤثرًا على نمو وتطور نباتات الفلفل. وعقد ثمارها وصفاتها. وإنما كان العامل المهم هو متوسط درجة الحرارة اليومى الذى أثر (فى حدود المجال المستعمل فى الدراسة) على عقد الثمار، وتطورها، ونضجها

العقد البكرى للثمار

تُنتج الثمار البكرية فى الفلفل بكثرة عندما يسود الجو حرارة منخفضة ليلاً أثناء مرحلة الإزهار والعقد. كذلك تنتج الثمار البكرية فى ظروف الحرارة المرتفعة ليلاً بالمعاملة بعدد من منظمات النمو. منها. حامض الجبريلليك، ونفثالين حامض الخليك، وباراكلورفينوكسى حامض الخليك 4-CPA، و٢،٤—د 2,4-D، و 2,4,5-T، والكلوروفلورينول Chloroflurenol وعندما تحفز معاملة منظمات النمو نمو المبيض والمشيمة فإن الثمار البكرية الناتجة تكون مماثلة فى الحجم للثمار البكرية التى تتكون فى ظروف الحرارة المنخفضة ليلاً

هذا إلا أن شكل الثمار البكرية التى تنتج من المعاملة بمنظمات النمو يتوقف على نوع منظم النمو المستعمل. فمثلاً يحفز الـ 2,4-D النمو العرضى للثمرة فيكون قطرها مماثل لقطر الثمار الطبيعية التكوين، بينما تكون قصيرة؛ فتبدو مبططة وتأخذ شكل ثمرة الطماطم هذا بينما تثبط المعاملة بحامض الجبريلليك نمو الثمرة فى كلا الاتجاهين (عن Rylski ١٩٨٦).

فشل العقد الطبيعى للثمار

إن أهم العوامل التى تؤدى إلى سقوط البراعم الزهرية والأزهار فى الفلفل ما يلى:

١- الحرارة العالية

٢- ضعف الإضاءة

٣- نقص الرطوبة الأرضية.

٤- المنافسة على الغذاء المجهز من قبل الثمار الأولى فى التكوين.

٥- الإصابات المرضية والحشرية.

ويمكن أن تؤدى تلك العوامل إما إلى تأخير بداية الإزهار، وإما إلى إطالة فترة الإزهار دون عقد للثمار، وإما إلى انتهاء عقد الثمار مبكرًا.

وفى الحالات الشديدة يُسقط النبات جميع براعمه الزهرية وأزهاره المتفتحة، ويلزم — حينئذٍ — مرور عدة أسابيع قبل أن تتكون وتتفتح أزهار جديدة.

وأكثر أصناف الفلفل حساسية لظروف الإجهاد البيئى التى تؤدى إلى سقوط البراعم الزهرية والأزهار هى الأصناف ذات الثمار الكبيرة الحجم (عن Wien ١٩٩٧).

٦- الحرارة المنخفضة:

يؤدى انخفاض درجة الحرارة إلى عقد ثمار مشوهة فى الفلفل؛ ولا ينعدم العقد إلا إذا كان الانخفاض فى درجة الحرارة كبيرًا.

الحرارة العالية:

من المعروف أن ارتفاع درجة الحرارة بشدة قبل تفتح الأزهار بنحو ١٣-١٧ يومًا يؤدى إلى انخفاض حيوية حبوب اللقاح المتكونة، وقلة عقد الثمار. ويؤدى ارتفاع الحرارة إلى ٣٤-٣٧°م - خاصة عندما يكون ذلك مصحوبًا بانخفاض فى الرطوبة النسبية - إلى زيادة النتح، ونقص المستوى الرطوبى فى النبات، وسقوك الأزهار والثمار الحديثة العقد. كما تؤدى الحرارة المرتفعة مع الإضاءة الضعيفة — وهى الظروف التى تكون سائدة فى الأقبية البلاستيكية — إلى سقوط الأزهار بدون عقد.

وقد أوضح Cochran منذ عام ١٩٣٦ أن عقد ثمار الفلفل ينخفض فى حرارة ٢٧°م نهارًا مع ٢١°م ليلاً، بينما يتوقف عقد الثمار كلية فى حرارة ٣٨°م نهارًا مع ٣٢°م ليلاً فى البيوت المحمية. وتعد حرارة الليل المرتفعة أشد تأثيرًا على عقد الثمار عن حرارة النهار المرتفعة. كذلك وُجد — تحت ظروف الحقل — أن حرارة تزيد عن ٣٨°م نهارًا، وعن ١٦°م ليلاً كانت كافية لسقوط جميع الأزهار والبراعم الزهرية فى عديد من أصناف

الفلفل وتزداد الحالة سوءا إذا كانت الحرارة العالية مصاحبة بنقص شديد فى الرطوبة الأرضية (Khan & Passam ١٩٩٢، وعن Wien ١٩٩٧)

وتوجد اختلافات بين أصناف الفلفل فى قدرة أزهارها على تحمل الحرارة العالية قبل أن تتعرض للسقوط، فمثلاً كان صنف الفلفل الحلو مأوّر Maor أكثر حساسية للحرارة العالية من صنف البابريكا ليهافا Lehava (كلاهما *C annuum*)، ولكن تلك الحساسية للحرارة العالية تعتمد على شدة الإضاءة. ففى ظروف الحرارة العالية والإضاءة العالية كان الصنف الحلو أقل حساسية من البابريكا، ولكن تحت ظروف الحرارة العالية والإضاءة الضعيفة كان الفلفل الحلو أكثر حساسية وكان إنتاج الإثيلين فى أزهار الفلفل الحلو المقطوفة والمزروعة فى بيئات صناعية (flower explants) أعلى ما يمكن فى حرارة ٣٤°م، ثم نقص فى درجات الحرارة الأعلى (٤٢ و ٤٨°م)، بينما كان إنتاج الإثيلين فى أزهار البابريكا المماثلة أقل، ووصل إلى أعلى معدل له فى حرارة ٤٢°م وكانت أزهار الفلفل الحلو المقطوفة والمزروعة أكثر حساسية للمعاملة بالإثيفون عن أزهار البابريكا المماثلة. وقد ارتبطت شدة حساسية مجموعة من أصناف الفلفل للشدّ الحرارى بمدى حساسية أزهارها للمعاملة بالإثيفون أكثر من إنتاجها للإثيلين تحت ظروف الحرارة العالية ويبدو أن اختلاف أصناف الفلفل فى حساسيتها للحرارة العالية المؤدية إلى سقوط الأزهار يرتبط بكل من مدى إنتاج الأزهار للإثيلين. ومدى حساسية تلك الأزهار للإثيلين المنتج تحت ظروف الحرارة العالية، ولكن ربما كانت الحساسية للإثيلين المنتج أكثر أهمية فى عملية سقوط الأزهار (Aloni وآخرون ١٩٩٤)

وبينما لم تتأثر خصوبة حبوب لقاح الفلفل أو قدرتها على الإنبات بتعريضها لحرارة ٣٣°م لمدة ٨ ساعات فى عدد من الأصناف، فإن تعريضها لحرارة ٣٨°م أحدث نقصا شديدا فى حيويتها، وفى قدرتها على الإنبات بعد ٨-١٠ أيام من المعاملة، وخاصة فى الصنفين نيو آيس New Ace، وثاى شيلى Thai Chilli (Takagaki وآخرون ١٩٩٥)

وقد كان تدهور حيوية حبوب اللقاح وضعف إنباتها فى الحرارة العالية مصاحبًا بتطورات غير طبيعية فى كل من حبوب اللقاح والمتوك، وكانت تلك التطورات غير الطبيعية أشد وضوحًا فى الأصناف الأكثر حساسية للحرارة المرتفعة عما فى الأصناف الأقل حساسية. بينما لم تكن للحرارة أية تأثيرات ملاحظة على أعضاء التأنيث فى الزهرة (Han وآخرون ١٩٩٦).

هذا .. ويسبق سقوط الأزهار والبراعم الزهرية دونما عقد — فى الحرارة العالية — نقص فى نشاط الإنزيم أسيد إنفرتيز acid invertase فى الأزهار، ولكن ليس فى الأوراق النامية القريبة منها، مما يدل على أن الأزهار أكثر حساسية للشدِّ الحرارى عن الأوراق (عن Aloni وآخرون ١٩٩٤).

وبمتابعة معدل إنتاج الفلفل للإثيلين خلال مختلف مراحل تكوين الزهرة فى الحرارة العالية (٤٥°م)، كان إنتاج الإثيلين فى البراعم الزهرية للصنف فالنسيا Valencia ٤ ١٢٨٩ بيكامول/جم وزن جاف قبل التفتح، وازداد إلى ٩٣٥٢,١ بيكامول/جم وزن جاف فى مرحلة تفتح البتلات. ويعتقد أن تلك المرحلة هى التى قد تفيد فيها المعاملة بمضادات الإثيلين فى منع سقوط الأزهار (Agguirre وآخرون ١٩٩٥).

وقد وجد أن المعاملة بثيوكبريتات الفضة silver thiosulfate (وهو مركب مضاد لفعل الإثيلين) قللت سقوط البراعم الزهرية. والأزهار أو الثمار الصغيرة فى الفلفل المعرض للحرارة العالية لمدة ٤ أيام، ولكن المعاملة أدت فى الوقت ذاته إلى إنتاج ثمار مشوهة (Aloni وآخرون ١٩٩٥).

ظروف الجفاف

وجد أن تفتح أزهار الفلفل وسقوطها أسرع فى ظروف الجفاف الشديد مع الإضاءة العالية أما تحت ظروف الجفاف مع الإضاءة الضعيفة، فقد سقطت جميع أزهار النبات قبل تفتحها، وارتبط ذلك بانخفاض فى تراكم المادة الجافة، التى كان تراكمها فى ذلك

الوقت أكثر فى الأوراق عما فى السيقان، التى كان تراكم المادة الجافة فيها – بدورها – أعلى مما فى الأزهار والثمار (Jaafar وآخرون ١٩٩٤).

التظليل وضعف الإضاءة

أدى تظليل نباتات الفلفل بنسبة ٩٠٪ لمدة ٦ أيام إلى زيادة الشيخوخة فى أعضاء التكاثر (البراعم الزهرية والأزهار) بنسبة ٣٨٪، مع زيادة إنتاج البراعم للإثيلين، ونقص محتواها من السكريات المختزلة والسكروز. وأدت معاملة أعناق البراعم الزهرية بمادئ الإثيلين ACC إلى سقوطها فى خلال ٤٨ ساعة، وبدا واضحًا أن الإثيلين هو المسئول الأول عن سقوط البراعم الزهرية فى الفلفل. ويلعب إنتاج البراعم للأوكسين دورًا فى منع سقوطه (Wien وآخرون ١٩٨٩).

هذا وتوجد اختلافات وراثية بين أصناف الفلفل فى مدى تأثر براعمها الزهرية بمعاملة الـ ACC، وفى مدى تكوينها لطبقة الإنفصال وسقوطها لدى تعريضها لمعاملة التظليل (Wien وآخرون ١٩٨٩، و Shifriss وآخرون ١٩٩٤)

وقد كان النقص فى الكفاءة الإنتاجية Net Assimilation Rate، ومعدل النمو النسبى Relative Growth Rate – تحت ظروف التظليل – أكثر فى الصنف شارموك Sharmock الحساس للتظليل (والذى يزداد سقوط براعمه الزهرية بمعاملة شدّ التظليل shade stress) عما فى الصنف أيس Ace الأكثر تحملا لمعاملة التظليل. ومقارنة بالصنف أيس .. كان توجه المادة الجافة فى الصنف شارموك بدرجة أقل إلى أعضاء التكاثر وبدرجة أكبر إلى الأوراق النامية (Turner & Wien ١٩٩٤أ) وقد تبين أن معدل البناء الضوئى فى وحدة المساحة بين الأوراق المعرضة بأكملها للضوء كان أقل – تحت ظروف الإضاءة الضعيفة – فى الصنف شارموك عما فى الصنف أيس، كما كان النقص فى معدل التنفس بالبراعم تحت تلك الظروف أكبر فى شارموك مما فى أيس، بينما كان تنفس الأوراق أعلى فى شارموك عما فى أيس تحت كل من ظروف الإضاءة العادية والتظليل وبعد ٣ أيام من بدء معاملة التظليل كان تركيز السكريات فى براعم شارموك أقل جوهريًا مما فى أيس. وقد بدا

واضحًا أن حساسية الصنف شارموك لمعاملة التظليل – والتى تؤدى إلى سقوط براعمه الزهرية – ترتبط بنقص فيما يتوجه من غذاء مجهز إلى براعمه، مع زيادة فى استهلاك ذلك الغذاء تحت ظروف شدّ التظليل (Turner & Wien ١٩٩٤ب).

وفى دراسة أخرى أدت معاملات التظليل لمدة ١٥ يومًا (خفضت خلالها شدة الإضاءة من ٩٢٠ إلى ٥٠٠ أو ٢٠٠ ميكرومول/م^{٢}/ثانية)، وتجريد النباتات جزئيًا من بعض أوراقها إلى خفض تراكم السكريات فى الأزهار مقارنة بالكنترول، وإلى سقوط الأزهار وكان تراكمُ السكريات والنشا فى أزهار النباتات المظللة للصنفين مأور Maor و ٨٩٩ أقل مما فى الصنفين مازوركا Mazurka (وجميعها من الفلفل الحلو)، وليهافا (وهو من أصناف البابريكا) (Aloni وآخرون ١٩٩٦).

وباختبار معاملات تظليل بمقدار صفر، و ٣٠٪، و ٦٠٪ على صنف الفلفل الحلو مازوركا Mazurka، وجد أن تركيز السكروز، والنشا، والسكريات المختزلة فى مبايض الأزهار ازداد بزيادة شدة الإضاءة فى منتصف النهار، فى الوقت الذى ازداد فيه كذلك نشاط إنزيم sucrose synthase، بينما قلَّ نشاط إنزيم soluble acid invertase (وهو β-fructofuranosidase). وأدت تغذية أزهار الفلفل المقطوعة والمزروعة فى بيئة آجار – والتى أعطيت معاملة التظليل – أدت تغذيتها بالسكروز إلى زيادة محتواها من السكريات المختزلة، بينما أدت تغذيتها بالسكروز، والجلوكوز، والفراكتوز إلى زيادة نشاط إنزيم sucrose synthase، وإلى تقليل تكوين طبقة الانفصال فى أعناقها (Aloni وآخرون ١٩٩٧).

تكوين طبقة الانفصال

عندما يكون العضو النباتى – ورقة كان، أم زهرة، أم ثمرة ... إلخ – نشطًا فى نموه. فإن الأوكسين الطبيعى ينتشر منه إلى العنق، ليمنع تكون طبقة الانفصال. وتتكون طبقة الانفصال عندما تبدأ مرحلة شيخوخة العضو النباتى؛ حيث يقل وصول الأوكسين إلى تلك المنطقة، التى يزداد فيها – حينئذٍ – تركيز الهرمونات المحفزة للشيخوخة، مثل الإثيلين وحامض الأبسيسك.

وقد وجد أن تعرض نباتات الفلفل لظروف الشدّ البيئى – سواء أكانت حرارة عالية، أم إضاءة ضعيفة – يؤدى إلى تحفيز إنتاج الإثيلين، الذى يبطء انتقال الأوكسين إلى عنق الزهرة، مما يؤدى إلى تكوين طبقة انفصال وسقوط الزهرة.

وسائل الحد من ظاهرة فشل العقد:

من أهم الوسائل التى يمكن اتباعها للحد من ظاهرة فشل عقد الثمار فى الفلفل، مايلى:

١- الحد من ارتفاع الحرارة.

٢- الحد من التأثير السلبى لضعف الإضاءة فى الزراعات المحمية بزيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون فى هواء الصوبة (عن Wien ١٩٩٧)

دور الحرارة المنخفضة فى عقد الثمار المشوهة

أدى تعريض نباتات الفلفل لحرارة ١٢°م ليلاً مع ٢٤°م نهارًا – مقارنة بحرارة ٢٠°م ليلاً مع ٣٠°م نهارا – إلى نقص خصوبة حبوب اللقاح وعدد البذور/ثمرة جوهريًا. وأدت معاملة النباتات النامية تحت ظروف الحرارة المنخفضة ليلاً بالباكلوبترازول paclobutrazol بتركيز ملليجرام واحد، أو ١,٠ مجم/لتر إلى الحد من تدهور حيوية حبوب اللقاح. وكذلك إلى زيادة محتوى الثمار من البذور، ولكن تلك الثمار كانت أصغر حجم من مثيلاتها غير المعاملة بالباكلوبترازول تحت نفس الظروف ولم تغير تدفئة الجذور فقط إلى ٢٠°م من التأثير السلبى لحرارة الليل المنخفضة على حيوية حبوب اللقاح وقد كانت حبوب لقاح جميع الأصناف المختبرة حساسة للحرارة المنخفضة، وكان أقلها حساسية الصنفين مجويلينو Miguelino، وجوندلا Gundilla، وذل من بين ٨ أصناف تم اختبارها من *Capsicum annuum* بالإضافة إلى كل من *C. frutescens* و *C baccatum*.

كما أدى تعرض نباتات الفلفل لحرارة ١٠ أو ١٥°م ليلاً إلى ضعف حيوية حبوب اللقاح، ونقص عدد البذور/ثمرة ووجد عند تفتح الأزهار أن حبوب اللقاح التى تكونت فى

الحرارة المنخفضة (١٤°م ليلاً مع ٢٥°م نهارًا) كانت أصغر حجمًا، وظهرت فى كتل متجمعة، ومنكمشة. وكانت جدرها الخارجية أقل سمكًا مما فى حبوب اللقاح التى تكونت فى حرارة أعلى (٢٠°م ليلاً مع ٣٠°م نهارًا). وعندما عرضت النباتات النامية فى حرارة ٢٠°م ليلاً مع ٣٠°م نهارًا، والحاملة لبراعم زهرية فى مراحل مختلفة من التكوين .. عندما عرضت هذه النباتات لحرارة ١٠°م ليلاً تأثر الانقسام الاختزالى والمراحل الأولى لتكوين الخلايا الأمية لحبوب اللقاح فى براعمها الزهرية، إلا أن المراحل المتأخرة لتكوين الخلايا الأمية ونضج حبوب اللقاح لم تتأثر بالمعاملة ذاتها (Mercado وآخرون ١٩٩٧).

وقد تبين أن حرارة الليل المنخفضة (١٤°م أو أقل من ذلك) تؤثر (فى صنف الفلفل مازوركا Mazurka) على كل من عضوى التأنيث والتذكير فى الزهرة. فيتأثر عضو التأنيث موروفولوجيًا، بينما تتأثر الخصوبة فى عضو التذكير. ومع كل انخفاض فى درجة الحرارة يزداد طول القلم فى متاع الزهرة، بينما يقل قطر المبيض. كذلك أدت الحرارة المنخفضة إلى ضعف حيوية حبوب اللقاح، وضعف قدرتها على الإنبات، وكانت الثمار العاقدة تحت هذه الظروف مشوهة وخاليا تقريبًا من البذور. وقد أدى تلقيح أزهار النباتات النامية فى حرارة ليل مقدارها ١٢°م بحبوب لقاح حُصل عليها من نباتات نامية فى حرارة ليل مقدارها ١٨°م إلى زيادة نسبة الثمار الطبيعية المظهر بصورة كبيرة، وأدى تكرار هذا التلقيح اليدوى مرة ثانية وثالثة إلى إحداث زيادات متتالية فى حجم الثمار وتحسن فى مظهرها (Pressman وآخرون ١٩٩٨).

مواعيد الزراعة

يوصى — فى مصر — بزراعة بذور الفلفل مبكرًا خلال فصل الصيف؛ وذلك للحصول على نمو خضرى قوى قبل حلول فصل الشتاء؛ ولذا .. فإن زراعة البذور تكون — عادة — خلال الفترة من أوائل شهر يوليو إلى منتصف أغسطس. يستغرق إنبات البذور فى هذا الوقت من العام حوالى ٨–١٠ أيام، ويتم الشتل بعد نحو ٣٠–٣٥ يومًا من زراعة البذور (أى بعد نحو ٢٠–٢٥ يومًا من إنباتها)؛ أى إن الشتل يكون خلال الفترة من أوائل

أغسطس إلى منتصف سبتمبر

يُلاحظ أن الزراعة المبكرة – فى المدى المبين أعلاه – يكون محصولها أعلى مما فى الزراعة المتأخرة. التى لا يتوفر لها الوقت الكافى لتكوين نمو خضرى قوى قبل حلول فصل الشتاء

الزراعة

يتكاثر الفلفل بالبذور، التى يحتوى كل جرام منها على حوالى ١١٠ بذور ويلزم – عادة – حوالى ١٢–١٥ جرامًا من البذور لإنتاج شتلات تكفى لزراعة صوبة مساحتها ٥٤٠ م^{٢}، ويتوقف ذلك على كثافة الزراعة كما سيأتى بيانه.

يكون إنتاج الشتلات. وإقامة المصاطب. واستعمال الغطاء البلاستيكى للتربة، والشتل، واستعمال الأسمدة البدئة بعد الزراعة بالطرق نفسها التى أسلفنا بيانها تحت الطماطم فى الفصل التاسع

يشتل خطان من نباتات الفلفل – بينهما ٥٠ سم – فى كل مصطبة، على أن يتوسط خرطوم الرى (الذى يوجد بامتداد منتصف المصطبة) المسافة بينهما وتكون المسافة بين النباتات – فى الخط الواحد – ٥٠ سم فى الزراعات المبكرة (عند الشتل فى أوائل أغسطس)، تنقص الى ٤٠ سم فى الزراعة المتأخرة (عند الشتل فى النصف الثانى من سبتمبر) ويراعى أن تكون مواقع الجور متبادلة فى الخطين (على شكل رجْل غراب)

وعند الزراعة بهذه الطريقة فإن كل صوبة مساحتها ٥٤٠ م^{٢} يكون فيها ١٢٠٠–١٥٠٠ نبات، بكثافة تتراوح بين ٢ ٢ و ٢,٨ نباتًا/م^{٢}

وعندما زرع الفلفل فى صوبات غير مدفأة خلال عروة الخريف والشتاء (فى إسبانيا) بكثافة ٢٠ أو ٣,٢ نبات/م^{٢}، كانت الكثافة الأعلى أكثر كفاءة فى استقبال الضوء. حيث كان دليل المساحة الورقية فيها ٥,٠١ مقارنة بـ ٣٣٩ فى الكثافة المنخفضة وقد صاحب ذلك زيادات – فى حالة الكثافة العالية – فى كل من: المحصول الكلى (٦,١٣ مقارنة بـ

٤.٧٨ كجم/م٢)، والمحصول الصالح للتسويق (٥,٦٨ مقارنة بـ ٤,٣٩ كجم/م٢)، ومحصول أعلى جودة (٣,٨٢ مقارنة بـ ٣,٠٤ كجم/م٢)، وذلك مقارنة بالنوعيات المختلفة من المحصول فى الكثافة المنخفضة (Lorenzo & Castilla ١٩٩٥).

الرى

تجب العناية بعملية الرى بتوفير الرطوبة المناسبة منذ اليوم الأول للشتل، مع تجنب الرى بالمياه العالية الملوحة. هذا .. ويستجيب الفلفل للرى بالرذاذ كعامل مساعد مع الرى السطحى، أو الرى بالتنقيط.

ويستدل من نتائج دراسات El-Sayed (١٩٩٢) ازدياد تراكم البرولين فى أوراق وجذور الفلفل (وخاصة الجذور) مع ازدياد الشدّ الرطوبى الذى تتعرض له النباتات. كذلك — لاحظ الباحث ما يلى:

١— انخفض نشاط إنزيم Proline Dehydrogenase فى أوراق وجذور النباتات مع زيادة الشد الرطوبى إلى أن وصل النقص فى نشاط الإنزيم إلى ٨٥٪ فى أقصى درجات الشد الرطوبى.

٢— كان نشاط إنزيم Proline oxidase فى نباتات معاملة الشاهد أعلى بكثير فى الجذور مما فى الأوراق.

٣— هذا .. بينما ثُبِّط نشاط إنزيم Proline oxidase — تحت ظروف الشد الرطوبى — بدرجة أعلى بكثير فى الجذور عنها فى الأوراق.

وكمؤشر تقريبى لاحتياجات النباتات من مياه الرى فى الأراضى الصحراوية يوصى بأن يكون معدل الرى (لكل صوبة مساحتها ٥٤٠م٢) من ١/٤ إلى ١ ١/٢ م٣ يوميًا فى بداية حياة النبات، تزداد تدريجيًا إلى أن تصل إلى ١ ١/٢ إلى ٢م٣ فى الأسبوع السابع بعد الشتل، ثم إلى ٢ ١/٢ إلى ٣ ١/٢م٣ بعد ذلك، على أن تقسم كمية مياه الرى المستعملة مناصفة بين ريتين فى التاسعة صباحًا والثالثة بعد الظهر. ويستعمل الحد الأقصى لكمية

مياه الرى الموصى بها – فى كل مرحلة من مراحل النمو – فى الجو الحار وفى الزراعات الكثيفة.

ولكن تجب ملاحظة أن أرقام كميات مياه الرى المبينة أعلاه تقريبية، ويتعين زيادة الكمية المستعملة إذا لوحظ ارتخاء فى أوراق النباتات قبل الظهيرة (وليس بعد الظهيرة، فذلك أمر طبيعى)، كما يجب خفض الكمية المستعملة – أو حتى وقف الرى لمدة يوم واحد – إذا جاء موعد الرى وكانت الطبقة السطحية من التربة رطبة.

أما فى الأراضى الطميية والثقيلة فإن الرى يكون على فترات أكثر تباعدًا، وبكميات أقل من تلك الموضحة أعلاه، نظرًا لعدم فقد المياه منها بالرشح كما يحدث فى الأراضى الصحراوية

وقد كان لخفض كمية مياه الرى إلى ٥٠٪ أو ٢٠٪ من الاحتياجات المائية المقدرة للفلفل تأثيرات سلبية كبيرة. فبينما لم يؤثر ذلك على العدد الكلى للثمار المنتجة، فإن نسبة غير الصالح منها للتسويق – بسبب صغر حجمها – ازدادت بشدة، وكذلك ازدادت حالات إصابة الثمار بكل من لسعة الشمس وتعفن الطرف الزهرى هذا .. ولم تؤد تلك المعاملات إلى الإنتاج المبكر للثمار، كما لم تؤثر على التوزيع النسبى للمواد الغذائية المجهزة بالنبات (Fernández وآخرون ٢٠٠٥)

التسميد

يتشابه الفلفل مع الطماطم فى كثير من الأمور التى تتعلق بالتسميد: مثل التسميد السابق للزراعة، وأنواع الأسمدة المستعملة، وما تجب مراعاته بشأنها، وطريقة التسميد، وتلك أمور يتعين الرجوع إليها تحت الطماطم فى الفصل التاسع، وكذلك الرجوع إلى كافة الأمور المتعلقة بالتسميد فى الفصل السابع

ونقدم – فى هذا المقام – برنامجين مختلفين لتسميد زراعات الفلفل المحمية فى الأراضى الصحراوية، كما يلى

توصى وزارة الزراعة المصرية (مشروع الزراعة المحمية – وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى – جمهورية مصر العربية ١٩٨٩) بالتسميد بالعناصر الكبرى مع ماء الرى بالتنقيط، مع تخصيص يومين للتسميد بكل من نترات النشادر، وحامض الفوسفوريك، وسلفات البوتاسيوم، وسلفات المغنيسيوم معًا، ويخصص يوم ثالث للتسميد بنترات الكالسيوم، ويترك اليوم الرابع بدون تسميد، ثم تعاد الدورة .. وهكذا حسب البرنامج التالى (فى الأراضى الصحراوية):

السماد	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيه
نترات النشادر	٣٠٠	٣٥٠	٢٥٠	٢٠٠	٢٠٠	٢٠٠	١٥٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
حامض الفوسفوريك	١٠٠	١٥٠	٢٠٠	٢٥٠	٢٥٠	٢٥٠	٢٠٠	٢٠٠	٢٠٠	١٥٠
سلفات البوتاسيوم	٣٥٠	٣٥٠	٤٥٠	٦٠٠	٨٥٠	٨٥٠	٦٠٠	٦٠٠	٥٠٠	٤٠٠
سلفات المغنيسيوم	٥٠	٧٥	٧٥	١٢٥	١٢٥	١٢٥	٧٥	٧٥	٧٥	٥٠
نترات الكالسيوم	—	—	٣٠٠	٣٠٠	٣٠٠	٣٠٠	٣٠٠	٣٠٠	٢٠٠	١٥٠

أما العناصر الصغرى فإنها تضاف رشًا بنسبة ٠,٢٪ (٢٠٠ جم من سماد العناصر الصغرى/١٠٠ لتر ماء) كل أسبوعين.

ويفترض هذا البرنامج أن الشتل يكون فى النصف الثانى من شهر أغسطس، وأن الحصاد يستمر إلى نهاية شهر يونيه.

(ملحوظة هامة: تراعى عند تطبيق هذا البرنامج التسميدى جميع الأمور والمحظورات التى أسلفنا بيانها للبرنامج المماثل لهذا البرنامج تحت الطماطم).

ونقدم – فيما يلى – برنامجًا آخر للتسميد التالى للشتل – فى الأراضى الصحراوية –

ويُعدّ وسطا بين التوصيات المتحفظة وتلك الغالى فيها، ويكون التسميد (لكل صوبة مساحتها ٤٠٥م٢) كما يلى

تعطى كل جورة (حفرة زراعة) — عند الشتل (بعد وضع الشتلة فى الحفرة وقبل الترديم عليها) — حوالى ١٢٥ مل (سم٣) — أى ملء نصف كوب ماء — من سماد بادئ يُحضر بإذابة سماد مركب (ورقى) — غنى فى كل من النيتروجين الأمونيومى والفوسفور — فى الماء بنسبة ٠,٢٪ (٢٠٠ جم من السماد/١٠٠ لتر ماء).

وإذا أخذنا فى الحسبان كميات العناصر السمادية المضافة قبل الزراعة، وما تعطاه كل صوبة من عناصر سمادية مع مياه الرى بالتنقيط بعد الشتل .. فإننا نجد أن توزيع إضافة العناصر السمادية (بالكيلوجرام) يكون — أسبوعيًّا، وعلى مدى عشرة شهور من الشتل — على النحو التالى

الأسبوع بعد الشتل	عدد الأسابيع	N	P_2O_5	K_2O	MgO
قبل الزراعة	—	٢٠	١٥	٢٥	٢,٥
الثانى إلى الرابع (نمو خضرى قوى)	٣	١,٥	٠,٧٥	١,٠	٠,٢٥
الخامس إلى الثامن (الإزهار والعقد)	٤	١,٧٥	١,٠	١,٥	٠,٢٥
التاسع إلى الثانى عشر (نمو الثمار وبداية الحصاد — جو معتدل)	٤	٢	١,٢٥	٢,٠	٠,٢٥
الثالث عشر إلى الخامس والعشرين (حصاد — جو بارد نسبيًّا)	١٣	١,٥	١,٥	١,٥	٠,٢٥
السادس والعشرون إلى الثلاثين (حصاد — جو معتدل)	٥	٢	١,٠	٢,٠	٠,٢٥
الحادى والثلاثون إلى الثامن والثلاثون (حصاد — جو حار)	٨	١,٥	٠,٥	٢,٠	٠,٢٥
التاسع والثلاثون إلى الأربعين	٢	٠,٥	٠,٢٥	١,٠	٠,٢٥
الحادى والأربعون إلى الثانى والأربعين	٢	—	—	—	—
إجمالى الكمية المضافة	—	٨٢	٤٠	٩٠	١٢

وبالإضافة إلى الأسمدة المذكورة آنفًا . فإن الفلفل يحتاج إلى مزيد من التسميد بالكالسيوم (بخلاف ما يتوفر فى السوبر فوسفات العادى المضاف قبل الزراعة). ويكون التسميد إما فى صورة نترات الكالسيوم، وإما برائق نترات الكالسيوم الجيرية، ابتداءً من الأسبوع السابع بعد الشتل. حتى قرب انتهاء موسم الزراعة على النحو التالى (لكل صوبة مساحتها ٤٠٥م٢).

الأسبوع بعد الشتل	عدد الأسابيع	CaO (كجم/أسبوع)
السابع إلى الثانى عشر	٦	٠,٢
الثالث عشر إلى الخامس والعشرين	١٣	٠,٣
السادس والعشرون إلى الثلاثين	٥	٠,٤
الحادى والثلاثون إلى الثامن والثلاثين	٨	٠,٥
التاسع والثلاثون إلى الأربعين	٢	٠,٤
المجموع	—	١٢,٠

وبذا .. تحصل كل صوبة على نحو ٨٠ كيلو جرامًا من نترات الكالسيوم (تحتوى على حوالى ١٢ كيلو جرامًا من النيتروجين).

أما العناصر الدقيقة فإنها تضاف — مرة واحدة أسبوعيًا — بمعدل ٥٠-١٠٠ جم من مخلوط سماد العناصر تُذاب فى ٥٠ لترًا — ١٠٠ لتر من الماء لكل صوبة. يستخدم المعدل المنخفض فى مراحل النمو الأولى، مع زيادة كمية السماد المستعملة بزيادة عمر النباتات.

ويجب أن تراعى عند تطبيق هذا البرنامج جميع الأمور والبدائل والمحظورات التى أسلفنا بيانها للبرنامج المماثل لهذا البرنامج تحت الطماطم، وبخاصة ما يتعلق منها بعدم الجمع — عند التسميد — بين نترات الكالسيوم وأى من الأسمدة الأخرى.

بعض الجوانب الخاصة بالزراعات اللاأرضية

مزارع بيئات الجذور الصلدة اللاأرضية

تبين لدى لدى مقارنة نمو ومحصول الفلفل فى بيئات: مسحوق ليف جوز الهند،

وفوم اليوريا فورمالدهيد، وقشور الأرز المضاف إليها جل البولى أكريلاميد polyacrylamide (لتحسين احتفاظها بالرطوبة) أن ارتفاع النباتات، والوزن الطازج الكلى للأوراق. وقطر الساق كانوا الأعلى فى بيئة مسحوق ليف جوز الهند والأقل فى بيئة قشور الأرز، وهى التى كن فيها — كذلك — أقل محصول وأسوأ نوعية للثمار (Del Amor & Gómez-López ٢٠٠٩)

بمقارنة إنتاج الفلفل فى الصوف الصخرى وفى البرليت بإنتاجه فى تربة رملية صفراء مغطاة بالملش البلاستيكى، كان الإنتاج فى الصوف الصخرى والبرليت أكثر تبكير، وبالتالى ازدادت معهما مبيعات الثمار الأعلى سعرًا عما فى حالة الزراعة الأرضية كذلك ازداد فى تلك المزارع محصول ثمار الدرجة الثانية. إلا أن ثمارها كانت أصغر حجمًا عما فى الزراعة الأرضية وقد كان استهلاك الماء والاحتياجات السمادية أقل للنباتات النامية فى التربة عما كان عليه الحال بالنسبة لكل من نباتات زراعات الصوف الصخرى والبرليت، إلا أن كفاءة استخدام الماء كانت أعلى فى مزارع البرليت عما فى مزارع الصوف الصخرى (Escobar & Garcia ١٩٩٥)

يتطلب إنتاج محصول عال من الفلفل أن تكون أوعية نمو النباتات كبيرة، مع وجود برنامج قوى للتسميد، علما بأن استخدام أوعية النمو الصغيرة (٩ ديسمتر مكعب) يؤدى إلى التبكير فى الإزهار والحصاد. مع قصر فى فترة الحصاد ونقص فى المحصول (Xu & Kafkafi ٢٠٠١)

خصائص المحاليل المغذية فى الزراعات اللاأرضية

مصادر العناصر المغذية وتركيزاتها

أوضحت نتائج دراسات لتسميد أن استعمال تركيز مرتفع ثابت من النيتروجين النتراتى فى المحاليل المغذية (١٧٥ جزءًا فى المليون) — فى مزارع الصوف الصخرى — كان أفضل للفلفل من استعمال تركيز متوسط ثابت (١٢٠ جزءًا فى المليون)، أو تركيزات متدرجة فى الزيادة (٦٠، ثم ٩٠، ثم ١٢٠ جزءًا فى المليون) خلال مراحل النمو النباتى،

حيث ترتب على استعمال التركيز المرتفع الثابت زيادة معنوية فى كل من عدد الثمار، ووزن الثمرة، والمحصول الكلى، مقارنة بالمعاملتين الأخريين، بينما لم تتأثر نسبة الثمار المصابة بتعفن الطرف الزهرى بمستوى النيتروجين المستعمل فى تغذية النباتات (عن Schon وآخرين ١٩٩٤)

ولتغذية الفلفل فى مزارع تقنية الغشاء المغذى، يوصى بأن يكون النيتروجين نتراتيًا بنسبة ١٠٠٪ فى ظروف الإضاءة القوية، بينما يفضل استعمال محاليل مغذية تحتوى على نيتروجين نتراتى: نيتروجين أمونيومى بنسبة ٩:١، أو ٨:٢ فى ظروف الإضاءة الضعيفة (Jung وآخرون ١٩٩٤).

وبدراسة تأثير مستوى النيتروجين والبوتاسيوم فى المحلول المغذى لمزرعة مائية من الفلفل الجالابينو Jalapeno — وهو فلفل شديد الحرافة — كان أفضل تركيز للنيتروجين للمحصول هو ١٥ مللى مول، علمًا بأن تركيز مللى مول واحد من النيتروجين أحدث حفضًا جوهريًا لمحتوى الثمار من الكابسايسين. وأما البوتاسيوم، فقد أحدثت زيادة تركيزه بين ١، و ١٢ مللى مول زيادة خطية فى كل من الكتلة البيولوجية، وعدد الثمار، ووزن الثمار/نبات. إلاّ أن أفضل محصول كان عند استعمال تركيز ٦ مللى مول. هذا بينما لم يؤثر تركيز البوتاسيوم على حرافة الثمار (Johnson & Decoteau ١٩٩٦).

وكان أفضل تركيز للنيتروجين فى المحاليل المغذية للمزارع الهوائية aeroponics للفلفل هو ٩,٣ مللى مول/لتر للمحصول الكلى، و ٨,٣ مللى مول/لتر للجودة العالية (علمًا بأن المعاملات اشتملت على خمسة تركيزات كلية للنيتروجين تراوحت بين ٠.٢٥، و ١٤ مللى مول/لتر، مع ثبات نسبة النيتروجين النتراتى إلى النيتروجين الأمونيومى عند ٤:١). وقد ازداد كلا من محصول الثمار الكلى ومحصول الثمار عالية الجودة (الصالحة للتسويق) بزيادة نسبة النيتروجين النتراتى إلى النيتروجين الأمونيومى فى المحلول المغذى (علمًا بأن المعاملات اشتملت على خمس نسب تراوحت بين ١:٤، و ٤:١. مع ثبات التركيز الكلى للنيتروجين عند ٧ مللى مول/لتر). وقد انخفض

محصول الثمار الكلى ومحصول الثمار عالية الجودة — بشدة — مع زيادة تركيز النيتروجين الأمونيومى فى المحلول المغذى عند ٢ ملى مول/لتر، وكانت تلك الزيادة سببًا رئيسيًا فى انخفاض تركيز الكالسيوم فى كل من الأوراق والثمار، وفى زيادة حالات إصابة الثمار بتعفن الطرف الزهرى. كذلك ازدادت نسبة الثمار المسطحة (المبططة) flat بزيادة تركيز الأمونيوم فى المحلول المغذى (Bar-Tal وآخرون ٢٠٠١).

بدراسة تأثير تركيز النيتروجين فى المحلول المغذى (تراوح التركيز بين ٠,٢٥، و ١٤ ملى مول/لتر، مع ثبات نسبة النيتروجين النتراتى إلى النيتروجين الأمونيومى عند ٤ : ١)، ونسبة النيتروجين النتراتى إلى النيتروجين الأمونيومى (تراوحت النسبة بين ١ : ٤ إلى ١ : ٤، مع ثبات تركيز النيتروجين عند ٧ ملى مول/لتر) على نمو الفلفل، ونتح النباتات، وامتصاص العناصر فى مزرعة مائية هوائية aero-hydroponic، وجد ما يلى:

١- تراوح أفضل تركيز للنيتروجين لتراكم المادة الجافة فى السيقان والأوراق بين ٨، و ٩,٢ ملى مول/لتر.

٢- كانت أفضل نسبة نيتروجين نتراتى إلى نيتروجين أمونيومى لتراكم المادة الجافة فى السيقان هى ١.٣.٥.

٣- كان أفضل تركيز للنيتروجين لإنتاج المادة الجافة فى الثمار هو ٩,٤ ملى مول/لتر.

٤- ازداد إنتاج المادة الجافة بالثمار خطيًا بزيادة نسبة النيتروجين لنتراتى إلى النيتروجين الأمونيومى فى المدى المدروس.

٥- أثر تركيز النيتروجين — وليس مصدره — على محتوى الأوراق من الكلوروفيل.

٦- كانت النباتات أقصر وأكثر إندماجًا بزيادة نسبة النيتروجين النتراتى إلى النيتروجين الأمونيومى.

٧-كان لتأثير تركيز النيتروجين على النتح علاقة بتأثيره على وزن الأوراق والمساحة الورقية، بينما أدت زيادة نسبة النيتروجين النتراتى إلى النيتروجين الأمونيومى إلى خفض النتح، وربما كان لذلك علاقة بتأثير زيادة النسبة على زيادة إندماج النمو

٨- ازداد امتصاص النيتروجين مع ازدياد تركيز العنصر فى المحلول المغذى، ومع انخفاض نسبة النيتروجين النتراتى إلى النيتروجين الأمونيومى، إلاّ أن انخفاض تلك النسبة قلل بشدة — من ناحية أخرى — من امتصاص الكاتيونات، وخاصة الكالسيوم (Bar-Tal وآخرون ٢٠٠١)

أدت زيادة تركيز النيتروجين الأمونيومى فى مياه الرى، وزيادة معدلات الرى إلى خفض محصول الفلفل فى مزرعة برليت بشدة. وفى المقابل .. أدى خفض تركيز النيتروجين الأمونيومى بخفض نسبته إلى النيتروجين النتراتى، أو بخفض التركيز الكلى للنيتروجين إلى تحسين المحصول. ولقد أدت عملية النترتة nitrification — التى استغرقت وقتًا — إلى خفض تركيز النيتروجين النشادرى فى منطقة نمو الجذور عند تقليل معدلات الرى (Silber وآخرون ٢٠٠٥).

التركيز الكلى للملوحة وعلاقتها بالنمو والمحصول والجودة

أدت زيادة ملوحة المحاليل المغذية من صفر إلى ١٠٠ مللى مولار من كلوريد الصوديوم إلى نقص تراكم المادة الجافة فى نباتات الفلفل ومن بين أربعة أصناف تم اختبارها كان الصنف إتش دى أى ١٧٤ HDA 174 أفضلها نموًا فى تركيز ٥٠ مللى مول من كلوريد الصوديوم. كما كان أكثرها تراكمًا للصوديوم فى الأوراق. وقد نقص — بصورة عامة — تركيز البوتاسيوم، والكالسيوم، والمغنيسيوم، بينما ازداد تركيز الصوديوم والزنك فى الأعضاء النباتية بزيادة تركيز كلوريد الصوديوم فى المحاليل المغذية. وكان النمو النباتى أضعف ما يمكن عندما بلغ تركيز الصوديوم فى نصل الورقة بين ٠.٥٪، و ٤٪ على أساس الوزن الجاف (Cornillon & Paalloix ١٩٩٥، و ١٩٩٧)

وفى دراسة أخرى أدت زيادة تركيز الملوحة من ٥٠ إلى ١٠٠ مللى مولار من كلوريد الصوديوم فى المحاليل المغذية إلى نقص النمو النباتى. وزيادة محتوى النباتات من كل

من الصوديوم، والكلور، والبرولين، وزيادة مقاومة الثغور. بينما انخفض محتوى النباتات من كل من البوتاسيوم، والنيتروجين الكلى، والكلوروفيل (Gunes وآخرون ١٩٩٦). كذلك أدت زيادة الملوحة بين صفر و ١٠٠ مللى مكافئ من كلوريد الصوديوم/لتر فى المحاليل المغذية إلى نقص محتوى الأوراق من البوتاسيوم، والفوسفور، والكالسيوم، وزيادة محتواها من الصوديوم، بينما أدت زيادة الملوحة إلى زيادة محتوى الثمار من جميع تلك العناصر (Gomez وآخرون ١٩٩٦).

هذا . ولم يتأثر الفلفل بالملوحة العالية حتى ٦٠ مللى مولار فى المحاليل المغذية، ولم يتجه أى من الصوديوم إلى الأوراق أو الثمار، وإنما تراكم فى نسيج النخاع فى قاعدة الساق وفى الجذور، بينما تناقص تركيز الصوديوم تدريجيًا فى خلايا النخاع وفى العصير الخلوى باتجاه القمة النامية للنبات (Blom-Zandstra وآخرون ١٩٩٨).

وقد دُرس تأثير زيادة درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى فى تقنية الغشاء المغذى من ٢ مللى سيمنز/سم إلى ٤، و ٦، و ٨، و ١٠ مللى سيمنز/سم — بإضافة محلول مركز من كلوريد البوتاسيوم إليه — على نمو ومحصول وجودة ثمار الفلفل. وقد وجد أن التركيزات العالية للأملاح نتج عنها نقص فى حجم الثمار ووزنها الجاف، وانخفاض فى مساحة الورقة، كما حفزت زيادة الملوحة على تراكم أكبر للمواد الغذائية المجهزة فى النموات الخضرية عما فى الثمار، ونقص استهلاك النباتات للماء، وأحدثت زيادة فى صلابة الثمار. وزيادة فى مقاومة الثغور، وفى محتوى الثمار من المادة الجافة. وفى تنفس الثمار وإنتاجها من الإثيلين، وزيادة فى سرعة حدوث التغيرات اللونية (Tadesse وآخرون ١٩٩٩أ).

وعندما أعطيت هذه المعاملات (الـ EC العادى للمحلول المغذى ومقداره ٢ مللى سيمنز/سم. وزيادات فى الـ EC إلى ٤، و ٦، و ٨، و ١٠ مللى سيمنز/سم/ بإضافات من محلول مركز من كلوريد البوتاسيوم إلى المحلول المغذى القياسى، وكذلك EC مقداره ١٠ مللى سمينز/سم بإضافات من خليط من كلوريد البوتاسيوم وكلوريد

الكالسيوم بنسبة ٣ ١ وزنًا بوزن) للفلفل فى مزرعة تقنية الغشاء المغذى .. كانت النتائج كما يلى

١- أدت التركيزات العالية للأملاح إلى زيادة إصابة الثمار بتعفن الطرف الزهرى.

٢- كانت لتلك الإصابة علاقة بتثبيط امتصاص الكالسيوم، وخفض تراكمه بالثمار، وخاصة طرفها الزهرى، مع زيادة فى تركيز كل من المغنيسيوم والبوتاسيوم فيها.

٣- أدت زيادة الكالسيوم فى EC ١٠ مللى سيمنز/سم إلى تحفيز تراكم الكالسيوم فى الثمار وخفض الإصابة بتعفن الطرف الزهرى (Tadesse وآخرون ١٩٩٩ب).

كما دُرس تأثير مستويات مختلفة من التوصيل الكهربائى EC (٢، و ٣، و ٤، و ٦، و ٨ ديسى سيمنز/م) – بإضافات من أى من ملحى كلوريد الصوديوم أو كبريتات الصوديوم على المحلول المغذى الأساسى الذى كانت درجة توصيله الكهربائى ٢,٠ ديسى سيمنز/م – على نمو وجودة ثمار الفلفل. أدت المستويات العالية من الملوحة إلى تقليل المحصول وحجم الثمار بشدة. كما انخفض المحصول الصالح للتسويق بسبب زيادة شدة الإصابة بتعفن الطرف الزهرى فى مستويات الملوحة العالية. ولقد كانت كبريتات الصوديوم أخف وطأة من كلوريد الصوديوم فى خفضها لمحصول الفلفل وجوده ثماره، وخاصة فى مستويات الملوحة المتوسطة (Navarro وآخرون ٢٠٠٢).

التغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون

يستجيب الفلفل فى الزراعات المحمية كثيرًا لزيادة نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون فى هواء الصوبة، إذ يؤدى ذلك إلى زيادة نسبة العقد، والمحصول المبكر. وبالنسبة للمحصول الكلى فإن زيادة مقدارها ٢٠٠ جزء فى المليون فقط فى تركيز الغاز كانت كافية لزيادة عدد الثمار بنسبة ٦٠٪. وقد أصبحت التغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون من الإجراءات العادية فى إنتاج الفلفل فى الزراعات المحمية فى هولندا (عن Wien ١٩٩٧)

وقد أفادت زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون إلى ٩٠٠ جزء فى المليون بمعدل ٨

ساعات يوميًا، لمدة ٣ أسابيع – مع وجود إضاءة صناعية إضافية (تحت ظروف كندا) – إلى زيادة الوزن الجاف لشتلات الفلفل بنسبة ٥٠٪ للنمو الخضرى، و ٦٢٪ للجذور، وإلى زيادة المحصول المبكر بنسبة ١١٪، مقارنة بمعاملة الشاهد (Fierro وآخرون ١٩٩٤).

وأدت زيادة تركيز الغاز حتى ١٠٠٠ جزء فى المليون إلى تحسين معدل البناء الضوئى فى الحرارة المنخفضة (١٥°م)، والإضاءة الضعيفة (٢٠ كيلو لكس)، بينما أدت المعاملة إلى مضاعفة معدل البناء الضوئى فى الحرارة والإضاءة الأفضل (٢٠°م، و ٤٠ كيلو لكس، على التوالى)، وذلك مقارنة بمعاملة الشاهد (Jeong وآخرون ١٩٩٤).

كما وجد أن زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون لم تؤثر على عدد أوراق النبات، ولكنها أحدثت أكثر من ٥٠٪ زيادة فى ارتفاع النبات (عن Heuvelink & Marcelis ١٩٩٦).

وأدت زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون إلى ٨٠٠ جزء فى المليون إلى زيادة محصول ثلاثة أصناف من الفلفل ومتوسط وزن الثمرة، وإلى حدوث تحسن جوهرى فى كفاءة استخدام المياه لكل من المحصول الصالح للتسويق والمحصول الكلى، ولكن مع حدوث زيادة فى نسبة الإصابة بتعفن الطرف الزهرى (Baba وآخرون ٢٠٠٦).

تربية وتقليم النباتات

لا يفيد إجراء أى تقليم لنباتات الفلفل فى الزراعة المحمية، لكن تدعم النباتات لحماية الأفرع من الميل لأسفل والانكسار بإحدى الطرق التالية:

١- توجيه ٣-٤ أفرع رئيسية من كل نبات على خيوط رأسية عندما يبلغ ارتفاعها ٣٠ سم. مع لفها على الخيوط كل ٣ أسابيع دون إجراء أى تقليم لباقى الأفرع، ولكن تقلم تلك التى تنمو أسفل الفروع المنتخبة (شكل ١٠-١، يوجد فى آخر الكتاب).

ويفضل تقليم النباتات ليتبقى أقوى ساقين، مع تدعيمهما بربطهم – من خيط –

فى سلك يكون على ارتفاع ٢٤٠ سم من التربة، ومع إزالة جميع الفروع الجانبية التى تتكون عند العقد الخمس إلى السبع الأولى فوق سطح التربة، أما بعد ذلك فيسمح للنباتات بالتفرع من الساقين الرئيسيين. هذا .. وتعقد ثمرة أو ثمرتين عند كل عقدة (Boyhan وآخرون ٢٠٠٠).

٢- حصر النمو النباتى بين ثلاثة خيوط أفقية تمتد على جانبى النباتات بامتداد خط الزراعة المزدوج، وربط النباتات بها، مع ربط الخيوط نفسها بدعامات تثبت فى الأرض كل ثلاثة أمتار، وتكون بارتفاع ١٤٠ سم فوق سطح الأرض (شكل ١٠-٢، يوجد فى آخر الكتاب)

٣- حصر النمو النباتى بين خيوط طولية تُربط فى دعائم كل مترين، مع توجيه النباتات رأسيًّا على خيوط (شكل ١٠-٣، يوجد فى آخر الكتاب)، أو بين خيوط أخرى عرضية تشد كالزجزاج بين الدعائم.

٤- حصر النمو النباتى بين ثلاثة أدوار من خيوط تمتد أفقيًّا على جانبى خط الزراعة المزدوج كما فى الطريقة الثانية، مع المحافظة على التوجه الرأسى للنباتات باستعمال ثلاث طبقات من شباك ذات فتحات واسعة، واحدة تلو الأخرى — فوق مستوى النمو النباتى مباشرة خلال مختلف مراحل نمو النباتات.

ويجب — دائمًا — المحافظة على النمو الرأسى للنباتات للحصول على أعلى محصول (عن Kanahama ١٩٩٤)

وفى دراسة أُجريت على الفلفل قورن فيها وجود ٦ سيقان، و ٨ سيقان بكل متر مربع على محصول الثمار (تحددت الست سيقان بزراعة ١٥ أو ٣,٠ أو ٦,٠ نباتات/م^{٢} مع تقليمها على ٤، أو ٢، أو ساق واحدة/نبات، على التوالى، وتحددت الثمانى سيقان بزراعة ٢، أو ٤، أو ٨ نباتات/م^{٢} مع تقليمها على ٤، أو ٢، أو ساق واحدة/نبات، على التوالى)، وجد ما يلى:

١- ارتبط عدد الأوراق بالنبات إيجابيًّا بعدد السيقان/نبات.

٢- أدى الحد من عدد السيقان/نبات مع زيادة كثافة الزراعة بقدر مواز إلى زيادة

كفاءة تغطية سطح التربة بالنموات الخضرية التى ازداد فيها دليل المساحة الورقية

٣- كان نفاذ الأشعة النشطة فى البناء الضوئى خلال النمو الخضرى أكثر فاعلية عندما كانت الزراعة على مسافات واسعة، ولكن مع وجود عدد أكبر من السيقان/نبات

٤- ازداد محصول الثمار المبكر والكلى بوحدة المساحة من الأرض مع زيادة كثافة الزراعة، وحُصل على أعلى محصول عندما زرع ثمانى نباتات/م^{2} مع تربيتها على ساق واحدة/نبت

٥- لم تؤثر المعاملات على جودة الثمار (Cebula ١٩٩٥)

وعندما قورن تأثير تربية نباتات الفلفل فى الزراعات المحمية على شكل حرف V بتقليمها على فرعين رئيسيين، أو على شكل مربع أو مخروط بتقليمها على ساق واحدة رئيسية، وجد ما يلى:

١- أدى التقليم على ساق واحدة رئيسية إلى زيادة كل من سمك نصل الأوراق، ونفاذية الضوء خلال النمو الخضرى، والمحصول المبكر والكلى، ومحتوى الثمار من حامض الأسكوربيك، وذلك مقارنة بالتربية على فرعين رئيسين.

٢- لم يختلف متوسط وزن الثمرة بين المعاملتين (Cebula وآخرون ١٩٩٨).

كذلك قورن تأثير تربية الفلفل بطريقتين، هما نظام حرف الـ V (V system) — وهو الذى تُربى فيه النباتات على فرعين — والنظام الإسبانى Spanish system (وهو الذى لا تقلم فيه النباتات) على محصول ونوعية ثمار الفلفل الحلو، مع استخدام مستويات مختلفة من كثافات الزراعة، هى: ١٥، و ١,٩، و ٣٠، و ٣٨ نبات/م^{2}. وقد وجد أن إنتاج الثمار الكبيرة الحجم (extra-large) كان أعلى فى النباتات غير المقلمة بنسبة ٣٨٪ عما فى النباتات المُقلَّمة. كذلك فإن عدد الثمار المصابة بتعفن الطرف الزهرى انخفض بنسبة ٥٠٪ فى معاملة عدم التقليم وبينما كان عدد العقد الحاملة للبراعم الزهرية فى النباتات المُقلَّمة أقل بمقدار ٥٠٪ عما فى النباتات غير

المقلّمة. فإنه ازداد فيها نسبة العقد وايًا كانت طريقة التربية، فإن عدد الثمار العاقدة بالنبات تخفض خطيًا بزيادة كثافة الزراعة. وبصفة عامة فإن النظام الإسباني بكثافة ٣,٨ نبات/م٢ أعطى أعلى محصول من الثمار الكبيرة الحجم، وتطلب عمالة أقل بمقدار ٧٥٪ عما تطلبه نظام حرف الـ V، وذلك في عمليات التقليم والتربية (Jovicich وآخرون ٢٠٠٤).

هذا وتفيد إزالة البراعم الزهرية الأولى (دون مبالغة في ذلك الأمر) في تحفيز تكون نموّ خضري قوي وزيادة المحصول

كذلك يفيد التخلص من الأوراق السفلية الصفراء والمصابة بالأمراض في تحسين التهوية في خطوط الزراعة، ولكن يجب عدم المبالغة في ذلك الأمر كذلك، وإلا أثر سلبيًا على المحصول.

وتجب إزالة الثمار المشوهة والمصابة بالأمراض والآفات بمجرد التعرف عليها، لكي لا تستنزف طاقة النبات في إنتاج ثمار غير صالحة لتسويق.

تحسين عقد الثمار

الوسائل الميكانيكية

غالبًا ما تُهز النباتات أو أسلاك حمل المحصول لتأمين حدوث تلقيح مناسب وعقد جيد.

استعمال النحل

وجد Shipp وآخرون (١٩٩٤) أن استعمال النحل الطنان *Bombus impatiens* في تلقيح الفلفل في الزراعات المحمية لمدة ٢٤ ساعة أسبوعيًا أدى إلى زيادة وزن الثمرة، وحجمها، ونوعيتها

وأدى تعريض نباتات الفلفل في الزراعات المحمية لزيارات من أي من النحل الطنان

Bombus terrestris (الذى أُدخل فى الصوبة)، أو نحل العسل *Apis mellifera* (الذى سُمح له بالدخول فى الصوبة من خلايا قريبة خارجها) إلى زيادة أعداد الثمار/نبات، وزيادة أحجامها، وزيادة محتواها من البذور، مقارنة بالوضع فى النباتات التى مُنعت زيارة النحل لها وقد كان النحل الطنان أفضل من نحل العسل كملقح للفلفل فى الصوبات (Porporato وآخرون ١٩٩٥)

كذلك أدى استخدام النحل الطنان فى تلقيح الفلفل فى الزراعات المحمية – مقارنة بالكنترول بدون ملقحات – إلى زيادة المحصول المبكر بنسبة ٢٩,٦٪، والمحصول الكلى بنسبة ٢٢,٤٪. مع زيادات – كذلك – فى كل من وزن الثمرة، وقطرها، وحجمها، وسمك جدرها (Abak وآخرون ١٩٩٧).

وكان محصول الفلفل الناتج من التلقيح بنحل العسل (٢٢,٦ كجم/وحدة تجريبية) مماثلاً لذلك الناتج من التلقيح بالنحل الطنان (٢٣,٤ كجم)، وكان المحصول فى كليهما أعلى جوهريًا (بمقدار ٣١٪، و ٣٦٪ على التوالى) عن محصول معاملة الكنترول (١٧,٥ كجم/وحدة تجريبية)، التى كان الاعتماد فيها على التلقيح الذاتى الطبيعى. وبينما لم تُسهم الزيادة فى حجم الثمار إلاّ قليلاً فى الزيادة فى محصول معاملتى التلقيح، فإن أعداد ثمار الدرجة الأولى فيها كانت أعلى جوهريًا مقارنة بأعداد ثمار الدرجة الأولى فى معاملة الكنترول ولقد كان واضحا أن كلاً من نحل العسل والنحل الطنان – اللذان لم يختلفا جوهريًا فى عدد زياراتهما لأزهار الفلفل – كان لهما – تأثيرات إيجابية متماثلة على محصول الفلفل (Dag & Kammer ٢٠٠١).

وقد تراوحت نسبة البويضات التى خُصِّبت وأعطت بذورًا لصنفين من الفلفل بين ٤٠,٧٪، و ٤٩,٨٪ عندما سُمح للنحل الطنان بزيارة الأزهار، بينما تراوحت النسبة فى نباتات الكنترول (التى تركت للتلقيح الذاتى) بين ٢٥,٧٪، و ٢٧,٥٪. وارتبطت نسبة عقد البذور –بشدة – بعدد زيارات النحل للزهرة، ولكن كان الارتباط ضعيفًا بين نسبة عقد البذور وطول فترة زيارة النحل للأزهار، وكان ذلك مرافقًا بزيادة فى أعداد حبوب

اللقاح التى أودِعت بسطح مياسم الأزهار فى حالة التلقيح بالنحل الطنان عما فى حالة التلقيح الذاتى. هذا .. وقد أعطت الأزهار التى زارها النحل الطنان ثمارًا أكبر حجمًا ووزنًا عن تلك التى أعطتها الأزهار التى لقحت ذاتيًا (Roldan Serrano & Guerra-Sanz ٢٠٠٦).

الحصاد والمحصول

يبدأ الحصاد بعد نحو ٥٠ إلى ٨٠ يومًا من الشتل حسب الحرارة السائدة وظروف النمو، ويستمر لمدة ٥–٧ شهور، ويجرى الحصاد مرتين أسبوعيًا فى الجو الدافئ ومرة واحدة أسبوعيًا فى الجو البارد، ويتم قطع الثمرة بجزء من العنق.

يتراوح متوسط محصول الفلفل فى الزراعات المحمية — فى مختلف الدول العربية — بين ٢ كجم و ١١ كجم/م٢، بمتوسط عام قدره ٥,٦٤ كجم/م٢. وتبلغ أعلى إنتاجية (١١ كجم/م٢) فى مصر. ونظرًا لأن هذا الرقم يُمثل متوسط إنتاج المتر المربع، لذا .. يتوقع أن تعطى الزراعات المتميزة إنتاجًا أعلى من ذلك.

صفات الجودة

نمو الثمار وحجمها النهائى

وجد Cochran (١٩٤١) أن منحنى نمو ثمار الفلفل ذو شكل سيجمويد Sigmoid (أى يأخذ شكل حرف S). فقد تبين من دراسته على ثمار الفلفل من صنف بيرفكشن Perfection أن نمو الثمار يمر بالمراحل التالية:

١– مرحلة يكون فيها النمو بطيئًا، وتبدأ من بداية تكوين البراعم، وتستمر حتى بعد تفتح الزهرة بنحو ٣–٤ أيام.

٢– مرحلة يكون فيها النمو سريعًا، وتستمر لمدة حوالى ٣ أسابيع بعد المرحلة الأولى.

٣– مرحلة يكون فيها النمو بطيئًا مرة أخرى، وتستمر حتى قرب نضج الثمار.

يتشكل تركيب مبيض زهرة الفلفل — من حيث الشكل العام وعدد الكرابل — فى الفترة التى تسبق تفتح الزهرة. وتحدث الزيادة فى حجم المبيض خلال تلك الفترة عن طريق الانقسام وتكوين مزيد من الخلايا، بينما تحدث الزيادة فى حجم المبيض بعد الإزهار (أى الزيادة فى حجم الثمرة) — أساسًا — عن طريق الزيادة فى حجم الخلايا التى سبق تكوينها فى المرحلة السابقة لتفتح الزهرة هذا إلا أن عملية انقسام الخلايا تستمر بمعدل منخفض — فى بعض المراحل التالية من تكوين الثمرة — فى الأصناف ذات الثمار الطويلة، وخاصة عند قاعدة الثمرة (عن Wien ١٩٩٧)

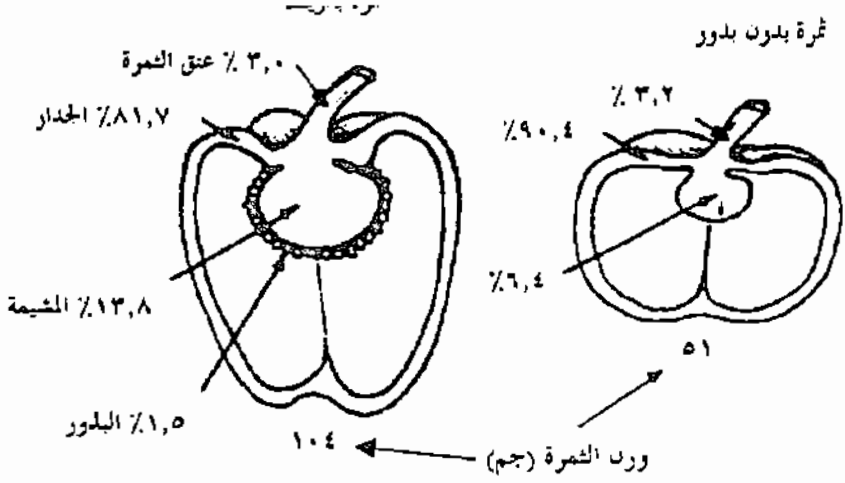
وترجع الاختلافات فى حجم الثمار — بدرجة أساسية — إلى اختلاف الأصناف فى عدد الخلايا التى توجد بثمارها. وبدرجة أقل إلى الاختلاف فى حجم خلاياها (Kano وآخرون ١٩٥٧). وتلك صفات وراثية تختلف من صنف لآخر، إلا أنها ترتبط بشدة مع عدد البذور فى الثمرة

وتختلف نسب الأجزاء المختلفة التى تتكون منها ثمرة الفلفل (عنق الثمرة، والجدار الثمرى، والمشيمة، والبذور) باختلاف الصنف، وحجم الثمرة، وعدد البذور فيها (شكل ١٠-٤)

وعلى سبيل المثال وجد Cochran (١٩٦٣) أن ثمرة صنف الفلفل توهارت برفكشن Tuhart Perfection تتكون من الأجزاء التالية. ٧٦,٠٨٪ جدار ثمرى، و ١٦,٣٣٪ مشيمة، و ١٤ ٤٪ بذور، و ٤٥ ٣٪ عنق ثمرة ويلاحظ أن المشيمة شكلت نسبة كبيرة نسبيًا من وزن الثمرة

وتتراوح درجة الحرارة المثلى لعقد الثمار البذرية ونموها بين ١٩، و ٢١°م، وبارتفاع الحرارة ليلا إلى ٢٤°م يقل عقد الثمار، ولكن يزيد فيها عقد البذور، حيث وصل عدد البذور فيها إلى ١٠٦ بذرات. مقارنة بتواجد ٩٠ بذرة/ثمرة عندما كانت حرارة الليل ٢١°م، و ٧٧ بذرة/ثمرة فى حرارة ليل ١٨°م، و ٥٢ بذرة/ثمرة فى حرارة ليل ١٥°م وفى الحرارة الأخيرة (١٥°م) كانت ٣٤٪ من الثمار خالية من البذور. وتكون المشيمة

طبيعية النمو فى الثمار التى تحتوى على عدد طبيعى من البذور، بينما تكون غير مكتملة النمو فى الثمار غير البذرية أو التى تحتوى على عدد قليل من البذور (Rylski ١٩٧٣، و ١٩٨٦).



شكل (١٠-٤): نسب المكونات المختلفة لثمرة فلفل بذرية (على اليسار)، ولابذرية (على اليمين)، وكلاهما من طراز كاليفورنيا وندر.

ونظرًا لأن نمو ثمرة الفلفل يعتمد على نمو مبيض الزهرة — سواء أكان مخصبًا أم غير مخصب — ونظرًا لأن الإخصاب له تأثير كبير على نمو كلا من البويضات والمشيمة؛ لذا .. فإن النمو المنتظم للثمار يعتمد على عدد البويضات المخصبة، والتى تعطى البذور عندما تكمل نموها. ويتراوح معامل الارتباط بين حجم ثمرة الفلفل وعدد البذور فيها بين ٠,٩٦، و ٠,٩٩ أيًّا كانت درجة الحرارة السائدة. هذا إلا أن وزن الثمرة/بذرة يقل بزيادة عدد البذور فى الثمرة؛ ولذا . فإن وزن الثمرة/بذرة يزيد فى الثمار التى تعقد فى حرارة منخفضة ليلاً عما فى الثمار التى تعقد فى حرارة مرتفعة (Rylski ١٩٧٣)

ويكفى — عادة — عقد نحو ٢٠٪ إلى ٣٠٪ من الحد الأقصى الممكن للبذور فى الثمرة

الواحدة لكى تعقد وتستمر فى النمو، ولكن الثمار التى تحتوى على عدد كبير من البذور تثبط نمو الثمار التى تليها فى العقد (Marcelis & Baan Hofman-Eijer ١٩٩٧)

كذلك يتناقص وزن ثمرة الفلفل تدريجيًا مع التقدم فى موسم الحصاد (Khan & Passam ١٩٩٢)، ومع زيادة عدد الثمار التى يحملها النبات؛ ومع أى شدٍّ بيئى يمكن أن يؤثر سلبيًا على النمو الخضرى للنبات (عن Wien ١٩٩٧).

فالثمار الكبيرة النامية تؤثر سلبيًا على نمو الثمار الأحدث منها فى التكوين؛ مما يؤدى إلى صغر الثمار التى تتكون أعلى النبات فى الحجم. وقد وجد Ali & Kelly (١٩٩٢) أن هذا التأثير السلبى للثمار الكبيرة على الثمار الأحدث منها يظهر على صورة نقص فى الزيادة فى وزن الثمرة، وطولها، وقطرها، وسمك جدرها، ولكن هذه التأثيرات لم تكن معنوية إلا خلال الأسبوعين الأول والثانى التاليين لعقد الثمرة تحت ظروف الصوبة، ولمدة ٤ أسابيع من العقد تحت ظروف الحقل أما بعد ذلك . فلم تكن تلك التأثيرات معنوية وأوضحت الدراسات التشريحية نقص نشاط انقسام الخلايا، وتكون عدد أقل من طبقات الخلايا فى جدار المبيض فى البراعم الزهرية والثمار الصغيرة التى تعرضت للمنافسة من الثمار الأكبر منها، مقارنة بتلك التى لم تتعرض للمنافسة ويعنى ذلك أن المحافظة على قوة النمو الخضرى بصفة دائمة ربما يؤمن توفير الغذاء المجهز للبراعم الزهرية والثمار الصغيرة، فلا تتأثر سلبيًا بمنافسة الثمار الكبيرة لها.

وكما أسلفنا .. فإن نمو ثمار الفلفل يأخذ شكل المنحنى الزيجموید S curve، وينطبق على كل من طول الثمرة، وقطرها، ووزنها الطرى، ووزنها الجاف. وعندما كانت الحرارة ٢٠°م، وصلت ثمار الصنف مازوركا Mazurka إلى طور النضج الأخضر المناسب للحصاد بعد ٤٠-٤٥ يومًا من تفتح الزهرة، واكتسبت الثمار اللون الأحمر بعد ٢٠ يومًا أخرى. هذا إلا أن الوزن الطرى للثمرة لم يزدد بأى قدر يعتد به بعد ٤٥ يومًا من تفتح الزهرة، بينما ازداد وزنها الجاف بنسبة ٢٠٪. وقد انخفضت نسبة المادة الجافة

فى الثمار من حوالى ١٦٪-١٨٪ عند تفتح الزهرة إلى نحو ٦٪-٨٪ بعد ٣٠ يومًا، ثم ارتفعت بعد ذلك إلى ٨٪-١٠٪. وظلت نسبة المادة الجافة التى احتوتها البذرة من المادة الجافة الكلية للثمار ثابتة تقريبًا خلال جميع مراحل نمو الثمرة، ولكنها تباينت كثيرًا (من صفر ٪ إلى ١٨٪) بين ثمرة وأخرى، وذلك حسب محتواها من البذور (Marcelis & Baan Hofman-Eijer ١٩٩٥).

تصل إلى ثمار الفلفل نحو ٥٠٪ من المادة الجافة فى النبات فى كل من الأصناف الكبيرة الثمار (مثل ماوركا)، والصغيرة الثمار (مثل Eug. 3506) على حد سواء (Jang & Chung ١٩٩٨).

وقد كانت مبايض أزهار الفلفل مازوركا Mazurka، والسلالة ٨٩٩ النامية فى حرارة ١٢°م ليلاً أكبر حجمًا عن نظيراتها فى النباتات التى نمت فى حرارة ليل ١٨°م. وأدت معاملة البراعم الزهرية الصغيرة بمركب ثلاثى يوديد حامض البنزويك triodobenzoic acid (اختصارًا: TIBA) على حرارة ١٨°م إلى زيادة حجم مبايض الأزهار بطريقة مماثلة لتلك التى تصاحب التعرض لحرارة الليل المنخفضة. وبالمقارنة .. فإن المعاملة بنفثالين حامض الخليك NAA كان تأثيرها أقل كثيرًا. هذا .. بينما لم تؤد المعاملة بأى من ثيوكبريتات الفضة silver thiosulfate، أو أمينو أوكسى حامض الخليك aminooxyacetic acid إلى إحداث أى تغيير فى فعل الحرارة المنخفضة أو المعاملة بالـ TIBA. وقد أظهر الهستولوجى للمبايض الزهرية المتضخمة وجود زيادة واضحة فى كل من طول الخلايا وعرضها مع زيادة بدرجة أقل فى عدد الخلايا فى التخت والمشيمة. ويبدو أن الأوكسينات تلعب دورًا فى زيادة حجم مبيض الزهرة، نظرًا لأن المعاملة بالـ TIBA أدت إلى تراكم الأوكسين فى الأعضاء المعاملة، هذا بينما لم يؤثر الإثيلين فى هذا الخصوص (Pressman وآخرون ١٩٩٨).

شكل الثمار

تختلف طريقة تكوين ثمرة الفلفل عنها فى الطماطم والكوسة من حيث أن شكل

المبيض فى الفلفل لا يعطى أى مؤشر إلى الشكل المتوقع للثمرة؛ فمن مبيض كروى عند تفتح الزهرة يمكن أن تتكون ثمرة فلفل طويلة. ويتحدد الشكل النهائى لثمرة الفلفل بالتغيرات فى شكل الخلايا واتجاه الانقسامات الخلوية ومدى استمرارها بعد تفتح الزهرة (عن Wien ١٩٩٧)

فيتأثر شكل ثمرة الفلفل أساسًا بعملية انقسام الخلايا التى تحدث فى المرحلة السابقة لتفتح الأزهار وتحدث بعض الانقسامات فى قاعدة المبيض — وخاصة فى الثمار القمعية الشكل — أثناء تفتح الزهرة وبعد تفتحها. ويتأثر حجم الثمرة بعملية استطالة الخلايا عند تفتح الزهرة وبعد تفتحها. وتوجد منطقة النمو فى الثمرة فى قاعدتها وخاصة فى الثمار القمعية أما فى الثمار الناقوسية فإن النمو يحدث بصورة متجانسة فى مختلف أجزاء الثمرة (Rylski ١٩٨٦).

وقد وجد أن الزيادة فى الطول تحدث فى الأصناف ذات الثمار الطويلة نتيجة لانقسام الخلايا فى نفس اتجاه استطالة الثمار لعدة أيام بعد تفتح الزهرة، ثم زيادة الخلايا التكونة فى الحجم فى نفس الاتجاه أيضًا (Kano وآخرون ١٩٥٧).

وتأخذ ثمار الفلفل الشكل المميز للصنف عندما تسود الجو حرارة معتدلة تتراوح بين ١٨، و ٢٠°م أثناء وبعد تفتح الأزهار (Rylski ١٩٧٣).

ويمكن أن تؤثر درجة الحرارة السائدة قبل تفتح الزهرة على شكل الثمرة؛ فقد أدى تعريض نباتات الفلفل لحرارة عالية ثابتة مقدارها ٣٥°م بداية من مرحلة تكوين الورقة الحقيقة الثالثة حتى مرحلة تكوين عقدة التفريع الثالث، ثم نقلها بعد ذلك إلى حرارة ٢٥°م نهارا مع ١٨°م ليلاً، أو إلى الحقل .. أدت هذه المعاملة إلى زيادة متوسط عدد الحجرات بالثمرة فى كل الأصناف سواء أكانت ناقوسية أم مخروطية الشكل، مقارنة بمعاملة بقاء النباتات فى حرارة ٢٥°م نهارًا مع ١٨°م ليلاً، ولكن تلك المعاملة الأخيرة أعطت أكبر الثمار حجمًا، بينما كانت أصغر الثمار حجمًا تلك التى أنتجتها النباتات التى أُبقيت خلال المرحلة الأولى للنمو (من مرحلة تكوين الورقة الحقيقة الثالثة إلى مرحلة تكوين عقدة التفريع الثالث) فى حرارة ثابتة مقدارها ١٨°م. وعلى الرغم من أن

عدد المساكن فى ثمار معاملة الحرارة المنخفضة (١٨°م) كان أكبر قليلاً مما فى الحرارة المعتدلة (٢٥/١٨°م) بصورة دائمة، إلا أن تلك الثمار كانت — إلى جانب كونها صغيرة الحجم — قصيرة وغير صالحة للتسويق (Ali & Kelly ١٩٩٣).

وعندما تتكون الزهرة فى حرارة منخفضة تصل إلى ١٠°م — أو أقل من ذلك — ليلاً، فإنها تعطى ثمرة صغيرة مسطحة. وفى حرارة ليل أعلى من ١٠°م وأقل من ١٨°م يستمر مبيض الزهرة فى النمو، وتكون الثمرة مدببة فى طرفها الزهرى. وتصل نسبة طول المبيض إلى قطره فى الصنف كاليفورنيا وندر ٠,٩١ فى حرارة ١٨–٢٠°م، بينما تكون النسبة ٠,٧٩ فى حرارة ليل ١٠°م. وتبلغ نسبة طول الثمرة إلى قطرها أقصى مدى لها فى الصنف كاليفورنيا وندر (١,١–١,٤) عند تكون الحرارة عالية (١٨–٢٠°م) حتى تفتح الزهرة، ثم تنخفض بعد ذلك (عن Rylski ١٩٨٦).

وتجدر الإشارة إلى أن مبايض الأزهار فى النباتات التى تنمو فى حرارة ٨–١٠°م ليلا — قبل الإزهار — تكون أكبر حجمًا عن نظيراتها التى تتعرض فيها النباتات لحرارة ليل مقدارها ١٨–٢٠°م. وتتميز الثمار التى تنتج من تلك الأزهار بانخفاض نسبة طول الثمرة إلى عرضها، وببقاء قلم الزهرة فى الثمار المتكونة مع تضخمه (عن Wien ١٩٩٧).

لون الثمار

يرجع لون ثمار الفلفل إلى خليط من صبغات الليكوبين lycopene، والزانثوفيل xanthophyll، والكاروتين carotene، بالإضافة إلى خليط من عديد من الصبغات الأخرى وتعتبر صبغة الكابسانثين Capsanthin من أهم الصبغات التى توجد فى البابريكا (Purseglove ١٩٧٤). وتوجد المركبات الملونة فى الطبقة الخارجية من الجدار الثمرى (عن Wien ١٩٩٧).

وقد تباينت نسبة الكاروتينات الكلية فى ثمار الفلفل حسب لونها، كما يلى:

لون الثمار	الكاروتينات الكلية (مجم/١٠٠ مجم وزن طازج)
أبيض	صفر
أصفر	٢,٢٤
برتقالى	٢,٤٩
أحمر	٨٥,٥٠

وعلى الرغم من تشابه الثمار الصفراء والبرتقالية اللون كليًا فى محتواهـ من الكاروتينات الكلية، فإنهما يختلفان فى نوعية تلك الكاروتينات. وتتشابه أنواع الكاروتينات التى توجد فى الثمار البرتقالية مع تلك التى توجد فى الثمار الحمراء باستثناء اختفاء الكاروتينات القيلة التأكسد من الثمار الصفراء (عن Rylski ١٩٨٦).

وعندما قُدِّر محتوى ثمار الفلفل من الصبغات الكاروتينية بعد ٤، و ٧، و ١٠ أسابيع من تفتح الأزهار، وجد أن الكاروتينات الكلية ازدادت سريعًا بين الأسبوعين السابع والعاشر (Saga & Ogawa ١٩٩٥).

وقد أمكن التعرف على ١١ نوعا من الكاروتينات فى ثمار الفلفل الحريف الأحمر، بلغ إجمالى تركيزها ٦٥ مجم/١٠٠ جم وزن طازج (Kim وآخرون ١٩٩٧)

وتختلف ثمار بعض الصفراء عن الثمار الحمراء اللون من حيث نوعية الكاروتينات السائدة فيها، حيث تحتوى الثمار الصفراء على الكاروتينات ليوتين lutein، وفيولازانثين violazanthin بصفة أساسية مع الزانثوفيللات xanthophylls الأخرى، بينما يختفى الليوتين كلية من الثمار الحمراء، التى تتواجد فيها بصورة أساسية صبغة الكابسانثين capsanthin، وكذلك صبغة الكابسوروبين capsorubin، التى تميز ثمار البابريكا (عن Rylski ١٩٨٦)

وعمومًا فإن الصبغة الحمراء فى ثمار الفلفل الناضجة تتكون من مجموعة من الكاروتينات أساسها الكابسانثين capsanthin، والكابسوروبين capsorubin، وكريبتوزانثين

cryptoxanthin. ويؤدى وجود تلك الصبغات إلى حجب الصبغات الصفراء بيتا كاروتين β-carotene، وفيولازانثين violazanthin التى تكون متواجدة — كذلك — والتى تكون هى السائدة فى الثمار الصفراء عند النضج.

وتوجد المركبات الملونة فى الطبقة الخارجية من الجدار الثمرى (عن Wien ١٩٩٧).

ويبلغ المحتوى الكاروتينى الكلى لثمار الفلفل البابريكا ذات الثمار السوداء *Capsicum annuum* var. *longum nigrum* (صنف Szentesi Fekete Fuszer) ٣,٢ جم/١٠٠ جم وزن جاف، وكانت أهم الكاروتينات المتواجدة فيها ونسبتها من المحتوى الكاروتينى الكلى. كما يلى:

الكاروتين	النسبة (٪)
Capsanthin	٤٢
Zeaxanthin	٨
Cucurbitaxanthin A	٦,٦
Capsorubin	٣,٢
β-carotene	٧

هذا بالإضافة إلى عديد من الكاروتينات الأخرى التى توجد بتركيزات منخفضة، والتى أمكن التعرف على ٢٩ مركبًا منها. وقد اقترحت عدة مسارات أيضية يمكن أن تقود إلى إنتاج مختلف الكاروتينات (Deli وآخرون ١٩٩٢، و ١٩٩٦).

وقد عزل المركب الكاروتينى cucurbitazanthin A (= كبسولوتين capsolutein) — كذلك — من ثمار صنف الفلفل بولا Bola (Honero-Mendez & Minguez-Mosquera ١٩٩٨)

ويتأثر ظهور الصبغات الحمراء فى ثمار الفلفل عند نضجها بدرجة الحرارة السائدة، فتتكون بصورة جيدة فى مدى حرارى من ١٨–٢٤°م سواء أكانت الثمار على النبات، أم فى المخزن. ويكون اللون الأحمر مشوبًا بالاصفرار إذا ارتفعت حرارة الثمرة إلى أكثر من

٢٧°م خلال معظم فترة التلوين. كما تقل سرعة ظهور اللون الأحمر مع انخفاض الحرارة عن ١٨°م إلى أن يتوقف التلوين تمامًا فى ١٣°م، لذا نجد أن الأصناف التى تستهلك حمراء يكون تلوينها رديئًا إذا كان نضجها متأخرًا فى الخريف. وليس لضوء الشمس أو الظلام أى تأثير على ظهور اللون الأحمر إلا من خلال تأثيرهما غير المباشر على درجة حرارة الثمار (Sims & Smith ١٩٨٤).

ويواكب بداية التحول اللونى من الأخضر إلى الأحمر بدء زيادة تركيز الكلوروفيل b عن تركيز الكلوروفيل a (Gomez وآخرون ١٩٩٨). علمًا بأن تركيز كلوروفيل أ، و ب فى الثمار الخضراء لصنف الفلفل Yolo Wonder A يبلغ ٥٧٢، و ٢٣٤ مجم/جم من الوزن الجاف. على التوالى. وأن هذا الكلوروفيل يختفى تمامًا عند نضج الثمرة (Rylski ١٩٨٦).

وتحدث التغيرات اللونية فى ثمار الفلفل أثناء نضجها بسبب تحول الكلوروبلاستدات الخضراء chloroplasts فى الجدار الثمرى الخارجى exocarp إلى بلاستيدات ملونة chromoplasts ويسلك تحلل الكلوروفيل فى هذه الحالة المسار ذاته الذى يسلكه تحلل الكلوروفيل فى الأوراق التى تدخل مرحلة الشيخوخة وتبعًا لذلك . فإن أغشية البلاستيدات التى تبدأ فى التحول من خضراء إلى ملونة تحتوى على نشاط عال لإنزيم phaeophorbide (Pheide a) oxygenase، وهو إنزيم رئيسى فى عملية تحلل الكلوروفيل (Moser & Matile ١٩٩٧)

المحتوى الكيميائى للثمار

بدراسة تأثير قوة الأشعة الشمسية (الضوء العادى الكامل، و ٣/٢ إضاءة، و ٣/١ إضاءة بالتظليل)، وحرارة الليل (١٥، و ٢٠، و ٢٥°م)، والتغذية بثانى أكسيد الكربون (الكنترول بالتركيز العادى، و ١٠٠٠، و ١٥٠٠ جزء فى المليون) على التركيب الكيميائى لثمار الفلفل، وجد ما يلى:

١- حُصل على أعلى تركيز للكابسايسينويدات capsaicinoids فى ثمر النباتات

التى نمت فى ضوء الشمس الكامل بعد ٣٥ يومًا من تفتح الأزهار.

٢- كان تركيز الكابسايسينويدات بالثمار أعلى عندما كانت حرارة الليل ٢٠ أو ٢٥°م عما كان عندما كانت حرارة الليل ١٥°م.

٣- وصل تركيز الكابسايسينويدات إلى أعلى مستوى له بعد ٢٥ يومًا من تفتح الزهرة.

٤- كان تركيز الكابسايسينويدات أعلى فى ١٠٠٠ جزء فى المليون من ثانى أكسيد الكربون عما كان فى ثمار معاملة الكنترول،أو معاملة تركيز ١٥٠٠ جزء فى المليون من الغاز.

٥- كان أعلى تركيز للسكر الكلى — وهو ٣٪ - فى الثمار التى تكونت فى ضوء الشمس الكامل، وذلك بعد ٤٠ يومًا من تفتح الأزهار.

٦- انخفض تركيز الجلوكوز والفراكتوز ما بين اليوم الخامس عشر واليوم الأربعين من تفتح الزهرة فى صنفين، وحدث العكس فى صنف ثالث، ولم يكن لحرارة الليل وتركيز ثانى أكسيد الكربون تأثير على أى منهما.

٧- ازداد تركيز السكروز بالثمار مع نضجها.

٨- كان أعلى تركيز للسكروز فى الثمار التى تكونت فى حرارة ليل عالية، وفى ١٠٠٠ جزء فى المليون من ثانى أكسيد الكربون (Jeong وآخرون ١٩٩٥)ز

العيوب الفسيولوجية والنموات غير الطبيعية

تشوهات الثمار

يصاحب تكوين الثمار البكرية — عادة — ظهور تشوهات مختلفة فى شكل الثمرة، ولكن لا يشترط غياب البذور لكى تظهر تلك التشوهات؛ ذلك لأن العوامل البيئية التى تؤدى إلى عدم الخصوبة وتكوين الثمار البكرية هى ذاتها التى تسبب حدوث تشوهات فى مبيض الثمرة يترتب عليها ظهور تشوهات الثمار.

ومن أمثلة تشوهات الثمار، ما يلى:

١- الثمرة المسطحة Flat Fruit .. ينتجها مبيض كبير ولكنه يكون مسطح هو كذلك

٢- الثمرة ذات القلم .. ينتجها مبيض ازداد فيه سمك القلم بصورة غير طبيعية

٣- الثمرة المركبة . تظهر على صورة ثمار صغيرة مشوهة على جوانب الثمرة الأصلية . وتنتج من نمو تكوينات غير طبيعية تشبه الكرابل تكون حول المبيض. تكون هذه الثمار الصغيرة دائمًا مشوهة وعديمة البذور.

٤- تكوين ثمار داخلية .. تظهر على صورة تكوينات تشبه الثمار داخل الثمرة الأصلية، ولكنها تكون دائمًا غير طبيعية (عن Rylski ١٩٨٦).

وبينما لم تؤثر الحرارة المرتفعة ليلاً (١٨°م) على عقد ونمو الثمار فى أصناف الفلفل ذات الثمار الكبيرة، فإن تلك الظروف أدت إلى إنتاج ثمار غير صالحة للتسويق فى أصناف الفلفل ذات الثمار الصغيرة؛ بسبب تأخيرها لتفتح المتوك، وما ترتب على ذلك من ضعف فى الإخصاب (عن Kanahama ١٩٩٤)

وفى مصر أدت تدفئة الصوبات البلاستيكية شتاء أثناء الليل حتى ١٦°م إلى نقص نسبة الثمار المشوهة، وزيادة محتوى الثمار من فيتامين جـ. مقارنة بعدم التدفئة. إلا أن التدفئة لم تؤثر معنويًا على محتوى الثمار من الكلوروفيل أو الصبغات الكاروتينية (El-Saeid وآخرون ١٩٩٦).

وقد أدت إزالة جميع الثمار التى يحملها النبات، أو إزالة أوراقه جزئيًا (توريقه)، أو خفض درجة الحرارة ليلاً إلى ١٢°م (مقارنة بحرارة ١٨°م) إلى تكوين أزهار مشوهة deformed. كما أدت إزالة جميع ثمار النبات وتوريقه إلى نمو ثمار مشوهة من البراعم الزهرية التى كان عمرها — وقت إجراء المعاملة — ثلاثة أيام قبل تفتح الزهرة وقد أدت معاملة إزالة الثمار إلى زيادة محتوى البراعم الزهرية (التى ظهرت بعد ١٥ يومًا من المعاملة) من الكربات المختزلة والنشا ويعتقد بأن معاملة إزالة الثمار تؤدى إلى توجيه الغذاء المجهز — الذى كان يتجه طبيعيًا إلى الثمار النامية — توجيهه إلى البراعم الزهرية؛ مما يؤدى إلى انتفاخها وتشوهها؛ ومن ثم تكوين ثم مشوهة (Aloni وآخرون ١٩٩٩).

البقع الملونة

تظهر البقع الملونة Colored Spots – غالبًا – على سطح ثمار الفلفل فى صورة مساحات كبيرة متغيرة فى اللون، وتتحلل فيها طبقات الخلايا التى تلى البشرة. تكون بداية ظهور هذه الحالة الفسيولوجية فى الثمار الخضراء، حيث تظهر عليها مساحات صفراء تبقى كذلك حتى بعد تحول الثمرة إلى اللون الأحمر.

تختلف الأصناف فى حساسيتها لظهور هذه الحال الفسيولوجية، ومن أكثرها حساسية الصنف مأور Maor.

وتزداد شدة الإصابة بزيادة التسميد الآزوتى والتظليل.

وتحتوى خلايا الجدار الثمرى الخارجى المتأثرة بهذه الحالة الفسيولوجية على تركيزات أعلى من الكالسيوم عما فى نظيراتها السليمة، كذلك تحتوى الخلايا المتأثرة على بللورات من أوكسالات الكالسيوم، ويزداد محتواها أكثر من حامض الأوكساليك (Aloni وآخرون ١٩٩٤).

تعفن الطرف الزهرى

تظهر أعراض تعفن الطرف الزهرى Blossom End Rot عند موضع اتصال الثمرة (وهى مبيض الزهرة المتضخم) بالقلم الزهرى فى كل من الثمار الصغيرة والثمار المكتملة التكوين على حد سواء يبدو النسيج المصاب بلون رمادى فاتح، ويكون طريًا ومائى المظهر فى البداية، ولكنه لا يلبث أن يتصلب بعد أن يجف. وإذا أصيبت الثمار وهى صغيرة فإن الجزء المتأثر من الثمرة قد يكون قطره مماثلاً لقطر الثمرة، وغالبًا ما تسقط هذه الثمار ولا يكتمل تكوينها. أما الثمار التى تُصاب متأخرة فإن الجزء المتأثر فيها يكون صغيرًا وتكمل بقية الثمرة نموها بصورة طبيعية.

تتلون الثمار المصابة عادة قبل موعد نضجها الطبيعى. كما تصيب الفطريات الرمية النسيج الميت المتحلل، ليصبح قاتم اللون. وقد تتمكن البكتيريا المسببة للعفن الطرى من إصابة الثمرة من خلال النسيج المضار.

وتزداد شدة الإصابة فى الثمار الأولى التى تعقد على النباتات الصغيرة التى يكون نموها الجذرى مازال محدودًا

وتظهر حالة تعفن الطرف الزهرى — أساسًا — عندما يقل وصول الكالسيوم إلى طرف الثمرة الزهرى عما يلزم لنمو هذا الجزء من الثمرة بصورة طبيعية

وبينما تبلغ نسبة الكالسيوم ٠,١٧٪ فى ثمار النباتات الممدة جيدًا بالعنصر (١٥٠ جزء من المليون من الكالسيوم فى المحاليل المغذية)، ولا تظهر على ثمارها أية إصابات بتعفن الطرف الزهرى. فإن النباتات التى تظهر بثمارها هذا العيب الفسيولوجى يكون محتواها من الكالسيوم منخفضًا، حيث بلغ فى إحدى الدراسات ٠,١٣٪ عندما احتوى المحلول المغذى على ٥٠ جزءًا فى المليون فقط من الكالسيوم

وينخفض تركيز الكالسيوم فى ثمار الفلفل بصورة طبيعية بالاتجاه نحو طرف الثمرة الزهرى. ويكون هذا النقص فى الطرف الزهرى أشد فى الثمار المتأثرة بتعفن الطرف الزهرى عما يكون عليه الحال فى الثمار الطبيعية (Morley وآخرون ١٩٩٣)

وبصورة عامة يكون مستوى الكالسيوم فى ثمار الفلفل منخفضًا، حيث يصل — حتى فى ظروف التغذية الطبيعية — إلى نحو ٠,٢٪-٠,٣٪ كما يقل تركيز الكالسيوم فى ثمرة الفلفل بالاتجاه من طرف العنق (حوالى ٠,٢٪) إلى الطرف الزهرى (حوالى ٠,٠٤-٠,٠٧٪) ولا يتجمع فى ثمار الفلفل سوى نحو ٦٪ من الكالسيوم الكلى الذى يمتصه النبات (عن Wien ١٩٩٧)

وعموما فإن المستوى الحرج للتغذية بالكالسيوم الذى يؤدى الانخفاض عنه إلى إصابة الثمار بتعفن الطرف الزهرى يتأثر بكل من ظروف الجفاف، والملوحة، والتسميد الآزوتى، وقوة النمو النباتى

وترتبط كافة العوامل المؤثرة فى ظهور حالة تعفن الطرف الزهرى بنقص إمدادات الكالسيوم -- التى تصل إلى أنسجة الطرف الزهرى للثمرة — عن حاجتها من العنصر، حيث تزداد شدة الإصابة فى الحالات التالية:

١- نقص مستوى الكالسيوم:

أجريت معظم الدراسات الخاصة بتأثير نقص الكالسيوم على الإصابة بتعفن الطرف الزهرى فى المزارع المائية. ففى إحدى الدراسات ازدادت نسبة الإصابة بتعفن الطرف الزهرى فى الفلفل عندما كان مستوى الكالسيوم فى المحلول المغذى منخفضًا (٥٠ جزءًا من المليون) عما كان عليه الحال عندما كان مستوى الكالسيوم مناسبًا (١٥٠ جزءًا فى المليون). ويبين جدول (١٠-١) تأثير التغذية بمستويات مختلفة من الكالسيوم على شدة الإصابة فى دراسة أخرى.

جدول (١٠-١): تأثير مستوى الكالسيوم فى المحلول المغذى على إصابة الثمار بتعفن الطرف الزهرى فى الفلفل.

مستوى الكالسيوم	تركيز الكالسيوم (ملى مكافئ/لتر)	الثمار المصابة (٪)	محتوى الكالسيوم فى الثمار (٪)
منخفض	١,١	٢٥,٥	٠,١٨
متوسط	٢,٢	٢,٢	٠,٢١
مرتفع	٤,٠	صفر	٠,٢٤

٢- زيادة مستوى المغنيسيوم:

يرجع هذا التأثير إلى أن زيادة المغنيسيوم تؤدى إلى نقص امتصاص الكالسيوم؛ بسبب التنافس الذى يحدث بينهما على الامتصاص. وفى إحدى الدراسات ازدادت معدلات الإصابة بتعفن الطرف الزهرى بزيادة تركيز المغنيسيوم فى المحاليل المغذية من ١٢ إلى ٩٧ جزءًا فى المليون، وصاحب ذلك نقص فى محتوى الثمار من الكالسيوم (عن Winsor & Adams ١٩٨٧).

٣- زيادة التسميد الآزوتى:

أدت زيادة معدلات التسميد الآزوتى إلى زيادة إصابة الثمار بتعفن الطرف الزهرى، وازداد هذا التأثير عند استعمال مصادر نشادرية للنيتروجين .. ففى إحدى الدراسات ازدادت نسبة الإصابة بتعفن الطرف الزهرى من ٣,٤٪ عندما كان كل النيتروجين

الضاف فى الصورة النتراتية إلى ١١,٢٪ عندما كان ٤٠٪ من النيتروجين المستعمل فى الصورة الأمونيومية والباقى فى الصورة النتراتية.

٤- زيادة تركيز الأملاح:

أدت زيادة تركيز الأملاح الكلى فى المحاليل المغذية من ١٠٠٠-٣٠٠٠ جزء فى المليون إلى زيادة نسبة الإصابة بتعفن الطرف الزهرى، ولم يمكن تجنب هذا التأثير للملوحة العالية بزيادة مستوى الكالسيوم إلى ٤٥٠ جزءًا فى المليون. ويرجع هذا التأثير إلى إضعاف الملوحة العالية لعملية امتصاص النبات للكالسيوم. وفى دراسة أخرى كانت نسبة الإصابة بتعفن الطرف الزهرى عند المستويات المختلفة من الملوحة فى المحاليل المغذية بالملى موز كما يلى: ١,٣٪ عند ٠,٤٥ ملى موز، و ١,٤٪ عند ٠,٩٠، و ٥,٦٪ عند ١,٣٥، و ٩,٣٪ عند ١,٨ ملى موز.

٥- نقص الرطوبة النسبية:

يؤدى نقص الرطوبة النسبية إلى زيادة معدل النتح من الأوراق، ومن ثم تحرك الكالسيوم سلبيًا مع تيار الماء المفقود بالنتح، وتجمعه فى الأوراق. هذا . إلا أن Ho & Hand (١٩٩٧) لم يجدا تأثيرًا للرطوبة النسبية على شدة الإصابة بتعفن الطرف الزهرى فى الفلفل.

٦- زيادة معدل النمو الثمرى

ارتبطت ظاهرة تعفن الطرف الزهرى إيجابيًا مع معدل النمو الثمرى، وخاصة فى مراحل النمو الأولى، وكذلك مع عدد البذور فى الثمرة.

وكذلك ارتبط معدل الإصابة بتعفن الطرف الزهرى إيجابيًا مع حجم الثمرة.

ولزم توفر تركيزات عالية من الكالسيوم فى المحاليل المغذية لمنع الإصابة بتعفن الطرف الزهرى عندما كان معدل نمو الثمار عاليًا (Marcelis & Ho ١٩٩٩).

٧- ارتفاع حرارة التربة.

أدى تبريد المحلول المغذى إلى ٢٦°م كحد أقصى إلى خفض نسبة الثمار المصابة

بتعفن الطرف الزهرى من ١٠٪ إلى ٢٪ فى مزارع تقنية الغشاء المغذى، ومن ٢٠٪ إلى ١٤٪ فى مزارع وسائد البولى يوريثين Polyurethane، وذلك مقارنة بعدم تبريد المحلول المغذى، حيث تصل حرارته إلى ٣٣°م كحد أقصى، علمًا بأن تبريد المحلول المغذى كان له تأثير إيجابى على المحصول كذلك (Benot & Ceustêrmans ١٩٩٧).

وفى مزرعة صوف صخرى للفلفل البابريكا استحثت الإصابة بتعفن الطرف الزهرى فى المراحل المبكرة للنمو الثمرى (عند قطر ١,٥–٣,٥سم) عندما كانت الحرارة العظمى تزيد عن ٣٠°م (تراوحت الحرارة بين ٢٣، ٣٣°م)، والرطوبة النسبية الدنيا أقل من ٦٠٪. وقد أدى تبريد بيئة نمو الجذور — بتبريد المحلول المغذى المستخدم فى ريها إلى ١٧°م (تراوحت الحرارة الفعلية بين ١٧، و ٢٢°م) — إلى خفض حالات الإصابة بتعفن الطرف الزهرى، وازداد محتوى الثمار من الكالسيوم فى طرف الساق بنسبة ١١٪، وفى الطرف الزهرى بنسبة ٤٣٪ عما فى حالة معاملة عدم التبريد (Benoit & Ceustermans ٢٠٠١).

ويوصى لأجل الحد من الإصابة بتعفن الطرف الزهرى فى الفلفل مراعاة ما يلى:

١– غرس الشتلات عميقًا فى التربة.

٢– تجنب إثارة الجذور بالعزيق بعد بدء الإثمار.

٣– الاهتمام بالرى المنتظم.

٤– التسميد الجيد بالكالسيوم، وخاصة فى المزارع المائية (Hamilton & Ogle ١٩٦٢، و Ware & MaCollum ١٩٨٠).

وقد نقص محصول الثمار المصابة بتعفن الطرف الزهرى، وكذلك نقصت نسبة الثمار المصابة، وازداد المحصول الكلى بزيادة مستوى الكالسيوم — المضاف مع مياه الرى بالتنقيط — حتى ٦٨ كجم/هكتار (حوالى ٢٩ كجم Ca للفدان) (Alexander & Clough ١٩٩٨)

ويفيد استعمال الجبس الزراعى — المستعمل فى إصلاح الأراضى الملحية القلوية — فى توفير الكالسيوم للنبات

هذا إلا أن رش نباتات الفلفل بنترات الكالسيوم لم يكن دائمًا إيجابيًا فيما يتعلق بمكافحة تعفن الطرف الزهرى

٥- أدى استعمال أغطية البولى بروبلين الطافية إلى خفض الإصابة بتعفن الطرف الزهرى بشدة، بسبب الخفض الذى تحدثه الأغطية فى معدلات النتح من الأوراق

٦- كما أدى رش النموات الخضرية للفلفل بمضادات النتح إلى زيادة محتوى الثمار من الكالسيوم. وانخفاض نسبة إصابتها بتعفن الطرف الزهرى، ولكن مع حدوث انخفاض فى المحصول الكلى (عن Wien ١٩٩٧).

لفحة الشمس

تظهر الإصابة بلفحة الشمس sun scald فى جانب الثمرة الذى يتعرض لأشعة الشمس القوية. خاصة إذا حدث ذلك بصورة فجائية كما هو الحال عند فقد النباتات لجزء كبير من أوراقها عند الإصابة ببعض الآفات.

يكون النسيج المصاب فاتح اللون فى البداية. ثم يصبح طريًا، ومجعدًا قليلاً وفى النهاية يكون جافًا. وغائرًا، وأبيض اللون، وورقى الملمس وقد تنمو على النسيج المصاب فطريات مختلفة، مما يؤدى إلى تغير لونها وقد تظهر أعراض أقل حدة للسعة الشمس تتمثل فى ظهور اصفرار فى أحد جوانب الثمرة (Salunkhe & Desai ١٩٨٤)

تكون الثمار الخضراء المكتملة التكوين mature green أكثر من غيرها قابلية للإصابة بلسعة الشمس (Black وآخرون ١٩٩١)، وكذلك تزداد القابلية للإصابة عند تحول لون الثمرة من الأخضر إلى الأحمر. وتكون الثمار الخضراء غير المكتملة التكوين أقل حساسية، بينما تكون الثمار الحمراء الناضجة مقاومة للظاهرة

تحدث الأعراض من جراء فعل كل من الحرارة والضوء على نسيج الثمرة؛ فعندما ترتفع حرارة النسيج إلى ٥٠°م، تكون ١٠ دقائق فقط من التعرض للإضاءة القوية كافية لإحداث الضرر وأقل حرارة يمكن أن يحدث عندها الضرر هى ٣٨-٤٠°م، ولكن ظهور الضرر — حينئذٍ — يتطلب التعرض لما لا يقل عن ١٢ ساعة من الإضاءة القوية. وإلى جانب التأثير المباشر للحرارة العالية على نسيج الثمرة، فإن الضوء يعمل على إنتاج عناصر نشطة فى الأكسدة من الـ superoxide anion radicals من خلال فعله على الكلوروفيل فى الحرارة العالية.

وتؤدى زيادة نشاط إنزيم الـ superoxide dismutase فى البلاستيدات الخضراء إلى الحد من أضرار لفحة الشمس بالمساعدة فى تكوين فوق أكسيد الأيدروجين وأكسجين من الـ superoxide radicals. وقد وجد أن نشاط هذا الإنزيم يزداد عند تعريض الثمار لحرارة ٤٠°م لمدة ٦ ساعات وتنخفض معه شدة الإصابة بلسعة الشمس (عن Wien ١٩٩٧).

ويمكن الحد من الإصابة بلسعة الشمس بالوسائل التالية:

١- زراعة الأصناف ذات النمو الخضرى الغزير الذى يغطى الثمار بشكل جيد، ولكن يصاحب ذلك — عادة — زيادة فى نسبة سقوط الأزهار والبراعم الزهرية.

٢- زراعة الأصناف ذات الثمار الصفراء حيث أن حرارتها لا ترتفع بنفس الدرجة التى ترتفع إليها حرارة الثمار الخضراء عند تعرضها للشمس، كما أن محتواها العالى من الصبغات الكاروتينية يساعد فى حماية جدار الثمرة من التأثير الضار لعملية الأكسدة الضوئية photo-oxidation.

٣- تظليل النباتات بشباك تعطى تظليل بنسبة ٢٦٪-٣٦٪ (Wien ١٩٩٧).

التشققات والنُدَب

التشققات Cracks ليست شائعة الظهور فى ثمار الفلفل بصورة عامة، ولكن النُدَب Scars يكثر ظهورها فى ثمار الفلفل الجالابينو، وخاصة عند نضجها. والنُدَب عبارة عن تفلق فى أديم الثمرة، وفى التشقق يتعمق هذا التفلق ويمتد خلال جدار الثمرة حتى يصل

إلى الفجوة الداخلية (عن Johnson & Knavel ١٩٩٠). وتزداد النُدَب والتشققات قريبًا من الطرف الزهرى للثمرة، كما تزداد معدلات الإصابة بالتشققات بزيادة سمك الجدار الثمرى (عن Wien ١٩٩٧).

وتزداد قابلية ثمار الفلفل للإصابة بالتشقق الأديمى cuticular cracking -- أى تكون النُدب scarring — فى بداية مرحلة التحول اللونى

ويبدأ التشقق فى الفلفل بظهور شقوق دقيقة للغاية (يصعب رؤيتها بالعين المجردة) فى طبقة الأديم على سطح الثمرة، وهى التى تتطور إلى شقوق منظورة وتمتد فى خلايا الغلاف الثمرى الخارجى وتختلف أصناف الفلفل فى حساسيتها للإصابة بالتشقق، ويعود ذلك -- جزئيًا — إلى اختلافها فى سمك طبقة الغلاف الثمرى الخارجى. ويؤدى الحد من النتح ليلاً — بسبب الرطوبة النسبية العالية أو انخفاض الحرارة — إلى زيادة إنتاج خلايا الغلاف الثمرى الخارجى وزيادة حساسيتها للتشقق. ويحدث الأمر ذاته عند إزالة الأوراق، حيث يقل النتح كذلك. ومع زيادة نفاذية طبقة الأديم لبخار الماء — الأمر الذى يحدث فى المراحل المتأخرة من نمو الثمار فى الأصناف الحساسة للإصابة بالتشقق — فإن ضغط الامتلاء الداخلى الذى يزداد ليلاً يؤدى إلى تشقق الأديم (Aloni وآخرون ١٩٩٨)

ويعتقد Aloni وآخرون (١٩٩٩) أن السبب فى حدوث هذه الظاهرة هو ازدياد التباين اليومى بين الليل والنهار — على مدى فترة زمنية طويلة — فى كل من انتفاخ الثمرة fruit turger وقطرها، حيث يزداد التشقق الأديمى مع الازدياد فى معدل انتفاخ الثمار ومعدل استقبالها للغذاء المجهز أثناء الليل، ثم فقدها لجزء من رطوبتها وانكماشها بالفعل أثناء النهار، ومع تكرار ذلك خلال فترات النمو السريع للثمرة فإن التشقق يظهر فى الصباح الباكر بعد ضعف الأديم وعدم تحمله للضغط الذى يقع عليه ليلاً

ومما يؤكد ذلك ازدياد نسبة التشقق فى الظروف التى يقل فيها معدل النتح.

وتزداد الإصابة بالتشقق كذلك عند زيادة معدل تعرض الثمار للإشعاع المباشر، وعند

نقص الرطوبة الأرضية، ولكلا العاملين علاقة بالتغيرات اليومية فى انتفاخ الثمار وازديادها فى الحجم ليلاً، وفقدها للرطوبة وانكماشها نهارًا (Moreshet وآخرون ١٩٩٩).

التخطيط الأصفر

ترتبط ظاهرة التخطيط الأصفر Chlorotic streaking لثمار الفلفل — وهى ظاهرة فسيولوجية — بتغذية حوريات الذبابة البيضاء من النوع *Bemisia argentifolii*. تفرز الحوريات أثناء تغذيتها سمومًا تتحرك لمسافات قصيرة داخل النبات، وتؤدى إلى ظهور هذه الحالة الفسيولوجية.

وأهم أعراض التخطيط الأصفر هو ظهور خطوط ضاربة إلى الصفرة (Chlorotic) بعرض حوالى ٢–٣ مم بالتبادل مع خطوط خضراء قاتمة اللون بالعرض ذاته على الثمار. كما تكون ثمار النباتات المصابة بالذبابة — بصورة عامة — أفتح لونًا (أقل اخضرارًا) من ثمار النباتات غير المصابة والتى تكون خضراء قاتمة (Summers & Estrada ١٩٩٦).

إنبات البذور داخل الثمار

تعرف ظاهرة إنبات البذور داخل الثمار — فى أى نبات — باسم Vivipary، وهى حالة قليلة الظهور فى الفلفل. ويرتبط ظهورها بنقص البوتاسيوم. وقد أوضحت الدراسات أن محتوى الأوراق من البوتاسيوم ينخفض تدريجيًّا مع تقدم النبات فى العمر فى جميع مستويات التسميد البوتاسى، بينما يزداد محتوى الثمار من العنصر خلال المراحل المتأخرة من النضج. ومع تقدم الثمار فى النضج ظهر تباين شديد فى محتوى البذور من حامض الأبسيسيك ارتبط بكل من معدل التسميد البوتاسى ونسبة إنبات البذور داخل الثمرة؛ فكان محتوى بذور النباتات التى تعانى من نقص البوتاسيوم من حامض الأبسيسيك حوالى ١٤٪ مما فى نباتات الكنترول (٠,٤ مقابل ٢,٨ ميكروجرام/جم وزن جاف)، وارتبط التركيز العالى لحامض الأبسيسيك فى بذور الفلفل

مع انخفاض نسبة البذور النابتة داخل الثمار، وزيادة معدل التسميد البوتاسى، وزيادة محتوى الأوراق والثمار من العنصر (Marrush وآخرون ١٩٩٨)

الجذع الفلّينى أو قدم الفيل

تظهر أعراض قدم الفيل elephant's foot فى الفلفل على صورة أضرار بطبقة البشرة فى منطقة متضخمة من الساق بقاعدة النبات تحت مستوى الفلقات، وهو عيب فسيولوجى، ولكن وجود الأضرار بالبشرة يزيد من قابلية الإصابة بالأمراض الفطرية التى يمكن أن تؤدى إلى ذبول النبات وموته. يطلق على هذه الحالة — كذلك — اسم الجذع الفلّينى foot corkiness

تبدأ الإصابة بظهور انتفاخ بقاعدة الساق الرئيسى للنبات تحت مستوى الأوراق الفلقية. كما يظهر بالانتفاخ جروح تشبه التشققات بطبقة البشرة فى موضع الانتفاخ. تظهر الأعراض على الفلفل فى كل من الزراعات الحقلية والمحمية بعد الزراعة بنحو ٤٠ يومًا. وعندما يكون قطر الثمار الخضراء ٢,٥ سم على الأقل يمكن أن تصل نسبة الإصابة فى الزراعات المحمية إلى ٧٠٪ من النباتات.

وترجع أهمية هذه الحالة إلى زيادة قابلية إصابة النباتات بفطريات الحزم الوعائية، مثل *Fusarium oxysporum*، الذى يمكن أن يصل إلى أنسجة قاعدة النبات الداخلية من خلال جروح البشرة، مُحدثًا عفنًا بقاعدة النبات، وتلونًا وانسدادًا بالحزم الوعائية، مما يؤدى إلى ذبول النبات وموته هذا . ولا يشترط أن تذبل جميع النباتات التى تحدث بها ظاهرة قدم الفيل، ولكن تذبل — فقط — تلك التى تُصاب بالفطريات

تُلاحظ ظاهرة قدم الفيل فى كل من الزراعات المحمية الأرضية واللاأرضية عندما تتركم حول قاعدة النباتات تركيزات عالية من الأملاح التى تضر بالأنسجة، الأمر الذى يحدث عند زيادة تركيز المحلول المغذى. وعندما تتواجد قاعدة النبات عند حواف المنطقة المبتلة للنقاطات

كما يزداد ظهور هذا العيب الفسيولوجى فى النباتات التى تُشتل مع ظهور أوراقها الفلقية فوق سط التربة عما فى تلك التى يُعمَّق فيها الشتل بحيث تكون الأوراق الفلقية تحت مستوى سطح التربة. وربما يرجع السبب فى ذلك إلى أن موضع تلاقى أنسجة الجذر مع الساق أكثر حساسية للأملاح عن الأجزاء الأعلى من الساق.

وتأكيدًا على ذلك .. وجد أن نسبة الإصابة بذلك العيب الفسيولوجى كانت أعلى ما يمكن (٨٣٪) فى النباتات التى كان شتلها حتى منتصف صلية الجذور (التى يبلغ طولها ٣,٨ سم)، مقارنة بالنباتات التى كان شتلها حتى مستوى الفلقات (٦٪ إصابة)، وتلك التى شتلت حتى مستوى عقدة الورقة الحقيقية الأولى (صفر ٪).

هذا .. وليس لنوع بيئة الزراعة أية تأثيرات على ظهور حالة قدم الفيل.

ولقد لوحظ أن هذه الحالة الفسيولوجية يزداد ظهورها فى الظروف التالية:

١- تكرار الرى بالمحاليل المغذية قريبًا من ساق النبات.

٢- قلة الرى إلى درجة تؤدى إلى عدم غسيل الأملاح وتزهرها على سطح بيئة الزراعة بالقرب من قاعدة النبات.

٣- تواجد النباتات فى نهايات خطوط الزراعة، حيث يزداد النتح والتبخر؛ مما يؤدى إلى زيادة تراكم الأملاح.

٤- وجود النقاطات قريبًا جدًا من قاعدة الساق (٢,٥ سم أو أقل).

٥- عدم شتل صلية الجذور (مثل مكعبات الصوف الصخرى) عميقًا فى بيئة الزراعة، حيث يمكن أن تكثر فيها الأملاح.

ويمكن الحد من شدة الإصابة بتلك الظاهرة بمراعاة ما يلى:

١- الشتل العميق.

٢- زراعة الأصناف الأقل حساسية لأضرار الملوحة.

٣- إبعاد النقاطات عن قاعدة ساق النبات بصورة تدريجية (Jovicich وآخرون ١٩٩١. و Jovicich & Cantliffe ٢٠٠٤، و ٢٠٠٦).

المكافحة المتكاملة للأمراض والآفات

الذبول الطرى

سبق أن تناولنا وسائل مقاومة الذبول الطرى فى الفصل الثامن، ونلقى — فيما يلى — مزيدًا من الضوء على هذا الموضوع فى الفلفل

أمكن حماية الفلفل من الإصابة بالذبول الطرى المتسبب عن الفطر *Rhizoctonia solani* بشكل جيد بالمعاملة بكل من الفطرين *Gliocladium virens* (العزلتان G 3، و Gl-21)، و *Trichoderma hamatum* (العزلة TRI-4) (Lewis وآخرون ١٩٩٥)

كما أمكن مكافحة كل من *R. solani*، و *Pythium ultimum* بالمعاملة بالفطر *Cladorrhinum foecundissimum* (Lewis & Larkin ١٩٩٨)

كذلك أفادت معاملة بذور الفلفل، أو مخاليط إنتاج الشتلات، أو الشتلات بمخلوط من كل من الفطر *Gliocladium virens* (السلالة Gl-3)، والبكتيريا *Burkholderia cepacia* (السلالة Bc-F) معا أفاد ذلك فى حماية البادرات من الإصابة بكل من فطريات الذبول الطرى *R. solani*، و *P. ultimum*، و *Fusarum oxysporum*، و *Corticium rolfsii* (= *Sclerotium rolfsii*)، ولكن لم تكن المعاملة بأى منهما على انفراد فعّالة فى مكافحة الذبول الطرى (Mao وآخرون ١٩٩٨).

لفحة فيتوفثورا

تكافح لفحة فيتوفثورا بمراعاة ما يلى:

١- تحسين الصرف

٢- اتباع دورة زراعية طويلة

٣- بسترة التربة بالتشميس Solarization (Yucel ١٩٩٥)

٤- العناية بتسوية التربة وتجنب الانخفاضات التى يمكن أن تتجمع فيها الرطوبة

٥- الزراعة على خطوط مرتفعة (Hwang & Kim ١٩٩٥) لا يقل ارتفاعها عن ٢٣ سم، لتجنب تراكم الماء عند قاعدة النبات (Ristaino & Johnston ١٩٩٩)

٦- زراعة الأصناف المقاومة، مثل Adra، و Emerald Isle، و Paladin. ويتميز الصنف الأخير بكونه على درجة عالية من المقاومة للمرض، فضلاً عن صفاته البستانية الجيدة. ولكن مقاومته هى لعفن التاج والجذور، بينما لا يمكنه مقاومة لفحة الأوراق، والساق، والثمار (Ristaino & Johnston ١٩٩٩).

٧- يفيد استعمال الغطاء البلاستيكى للتربة فى العمل كحاجز أمام انتقال الفطر إلى الأجزاء الهوائية للنباتات، سواء أكان ذلك الانتقال عن طريق رذاذ الماء، أم بالهواء، ولكنه يزيد فى الوقت ذاته من انتشار الفطر — الذى قد يلوث البلاستيك سطحيًا — بواسطة رذاذ الماء.

٨- أفاد — كذلك — استعمال غطاء من بقايا نباتات قمح من زراعة سابقة فى الحد من انتشار الفطر بين النباتات فى الحقل (Ristaino وآخرون ١٩٩٧)، كما حُصل على نتائج مماثلة باستعمال غطاء للتربة من القش (عن Ristaino & Johnston ١٩٩٩).

٩- عدم الإفراط فى الرى (Shin & Nobuo ١٩٩٣، و Rista وآخرون ١٩٩٥). وعندما يكون الرى بطريقة الغمر، يفضل أن يجرى كل ثانى خط، أى يكون الرى فى خطوط متبادلة مع خطوط أخرى لا تروى alternate rows تنمو فيها النباتات، ويصلها ماء الرى بالنشع من الخطوط المروية (Daniel & Falk ١٩٩٤).

ويستدل — كذلك — من دراسات Café-Filho & Duniway (١٩٩٥) على أن شدة المرض تتناسب طرديًا مع معدل الرى بالغمر، حيث لم يؤثر الفطر على المحصول عند إجراء الرى كل ثلاثة أسابيع، بينما كان النقص فى المحصول معنويًا عند الرى كل أسبوع أو كل أسبوعين. وبالمقارنة لم يكن للرطوبة الأرضية تأثيرًا على الإصابة بالمرض فى السلالات المقاومة؛ حيث لم تحدث أية إصابة — أو كانت الإصابة قليلة للغاية — فى جميع معاملات الرى.

١٠- تقل إصابة الجذور وتاج النبات بالمرض فى حالات الرى تحت السطحى بالتنقيط حينما تكون المنقطات على عمق ١٥ سم من سطح التربة، وذلك مقارنة بالرى السطحى بالتنقيط أو بالغمر، كما تزداد الفائدة من الرى بالتنقيط — سواء أكان سطحيًا،

أم تحت سطحى — بجعل النقطات بعيدة قليلاً عن ساق النبات (Café-Filho & Duniway ١٩٩٦).

١١- أدت إضافة مادة ناشرة غير متأينة nonionic surfactant (مثل أكواجرو ٢٠٠٠ إل AquaGro 2000L) إلى مزرعة فلفل لأرضية (مزرعة صوف صخرى) إلى التخلص الكامل من الجراثيم السابحة zoospores للفطر *P. capsici* ومكافحة المرض بصورة تامة، بينما أدى وجود نبات واحد مصاب فى المزرعة — مع عدم إضافة المادة الناشرة — إلى موت جميع النباتات فيها — أيًا كان عمرها — فى خلال أسبوعين من عدوى هذا النبات صناعيًا فى السويقة الجينية السفلى تضاف المادة الناشرة بتركيز ٢٠ جم/م^{3} من المحلول المغذى، وهى تشل حركة الجراثيم السابحة، التى تعد المسئول الأول عن انتشار الإصابة بالفطر (Stanghellini وآخرون ١٩٩٦). وقياسًا على هذه النتائج .. فإن إضافة المادة إلى مياه الرى بالتنقيط ربما تحقق الهدف ذاته فى زراعات الفلفل الأرضية.

١٢- أفاد فى مكافحة المرض استعمال عديد من الإضافات للتربة، سواء أكانت فى صورة أسمدة عضوية متنوعة، أم مركبات طبيعية، مثل: الشيتوسان Chitosan، والهيوميت humate (حامض الهوميك)، ومخلفات القمامة، ومخلفات المجارى المخلوطة بالمخلفات النباتية، وقشور الخشب، وقد أدت معظم هذه الإضافات — وخاصة الأخيرتين منها — إلى إحداث زيادة كبيرة فى أعداد ونشاط كائنات التربة، وكان ذلك مصاحبًا بنقص فى شدة الإصابة بالمرض (Kim وآخرون ١٩٩٧).

١٣- أفاد استعمال أملاح الفوسفيت phosphite فى المزارع المائية فى الحد من إصابة الفلفل بلفحة فيتوفثورا، ولكن النمو النباتى والمحصول انخفضا جوهريًا وظهرت على النباتات أعراض نقص الفوسفور، ولكن استعمال مزيج من ١ مللى مول فوسفات phosphate مع ٠,٣ مللى مول فوسفيت phosphite فى المحاليل المغذية أدى إلى تحسين النمو النباتى والمحصول، بينما كانت الإصابة بالفطر وسطًا بين المعاملة بالفوسفيت فقط (٠,١ أو ١,٠ مللى مول)، وبالفوسفات فقط (١ مللى مول) (Forster وآخرون ١٩٩٨).

١٤- استعمال المبيدات:

يفيد الميتالاكسيل metalazyl (مثل الريدوميل Ridomil) فى مكافحة لفحة فيتوفثورا (Hwang & Kim ١٩٩٥)، وخاصة إذا ما اقترنت المعاملة بالرى بطريقة الخطوط المتبادلة، أى الرى كل ثانى خط (Daniell & Falk ١٩٩٤). وقد أدت المعاملة بالميتالاكسيل فى مياه الرى إلى خفض معدل الإصابة بالمرض من حوالى ٧١٪ إلى حوالى ١٣٪ (Ristaino وآخرون ١٩٩٧).

كذلك أفاد استعمال كلا من الكوُسيد ٦٠٦ Kocide 606 (أيدروكسيد النحاس) منفردًا، أو الردوميل ٢ إى Ridomiol 2E مع Copper 70w رشًا على النموات الخضرية كل ٧-١٤ يومًا (Bracy وآخرون ١٩٩٦).

أعفان الجذور الأخرى

سبق أن تناولنا فى الفصل الثامن وسائل مكافحة أمراض الجذور بصورة عامة، ونلقى - فيما يلى - مزيدًا من الضوء على هذا الموضوع فى الفلفل.

أمكن مكافحة الفطر *C. rolfsii* مسبب مرض اللفحة الجنوبية فى الفلفل بالمعاملة بكل من *Glomus mocrocarpum*، و *Trichoderma harzianum* معًا (Sreenivasa ١٩٩٤).

كما أمكن كذلك مكافحة أعفان الجذور التى تسببها الفطريات: *R. solani*، و *Fusarium solani*، و *C. rolfsii* بالمعاملة بكل من فطرى الميكوريزا *Trichoderma harzianum*، و *T. viride* (Ellil وآخرون ١٩٩٨).

البياض الدقيقى

يكافح البياض الدقيقى فى الفلفل بالوسائل التالية:

استعمال بدائل المبيدات

من أهم بدائل المبيدات المستعملة فى مكافحة البياض الدقيقى، ما يلى:

١- الرش بالكبريت القابل للبلل.

٢- الرش بالبلانت جارد مع هيومكس بمعدل ٢٥٠ مل (سم٣) من كل منهما يبدأ الرش عند بداية عقد الثمار، ويكرر شهريًا بعد ذلك

٣- قللت المعاملة بأى من بيكربونات البوتاسيوم، أو بيكربونات الصوديوم بتركيز ٠.٥٪ من شدة الإصابة بالفطر *L. taurica* فى الفلفل، وكانت تلك المعاملة أفضل فى مكافحة المرض عن المعاملة بأى من البنكانازول pencanazole، أو الزيوت البستانية، أو المواد الناشرة (Ziv وآخرون ١٩٩٤، و Fallik وآخرون ١٩٩٧).

٤- أعطى الرش بفوسفات أحادى البوتاسيوم mono-potassium phosphate (KH_2PO_4) بتركيز ١٪ (وزن/حجم) مكافحة جيدة — موضعية وجهازية — ضد الإصابة بالفطر *L. taurica*، وكانت كفاءة المعاملة فى مكافحة الفطر مماثلة لكفاءة أحد المبيدات الجهازية المثبطة للاستيرول، كما لم يكن لها أى تأثيرات سلبية على النمو النباتى للفلفل (Reuveni & Reuveni ١٩٩٨).

عفن بوتريتس

أدت معاملة الفلفل فى الزراعات المحمية بأى من السلالة BL3 من البكتيريا *Bacillus amyloliquefaciens*، أو السلالة BL4 من البكتيريا *Paenibacillus polymxa*، أو السلالة Cha94 من البكتريا *Pseudomonas putida* إلى التثبيط التام لإنبات الجراثيم الكونيدية للفطر *Batrytis cinerea* فى حرارة ٢٠°م ولمدة ٣٣ ساعة بعد المعاملة وباستثناء السلالة BL4 التى لم تستعمل أوراق الفلفل جيدًا، فإن السلالتين الأخرتين، وكذلك السلالة TM من الفطر *Trichoderma harzianum* استعمروا الأوراق جيدًا حيث حافظوا على عشائر بلغت ١٠^٤-١٠^٥ وحدة مكونة للمستعمرات colony forming units/حم لمدة ١٥ يومًا بعد المعاملة. وقد تبين أن تبادل المعاملة بالمكافحة الحيوية مع المعاملة بالمبيدات الفطرية يُربع التركيز المستعمل منها — عادة — كان معادلاً فى تأثيره مع تأثير المكافحة الحيوية أو الرش بالمبيدات منفردين، وكانت تلك المعاملة أقوى تأثيرًا فى خفض تواجد الفطر المرض عن أى من المعاملتين المنفردتين (Park وآخرون ١٩٩٩).

عفن الثمار الداخلى

تظهر – أحيانًا – بداخل ثمار الفلفل المنتجة فى الزراعات المحمية عفن داخلى أسود اللون، دون أن يرافق ذلك أية أعراض خارجية على الثمار وتكون هذه الثمار صالحة للاستهلاك. والمشكلة أنه يكون من الصعب كثيرا تحديد ما إذا كانت الثمار مصابة داخليًا من عدمه على أساس مظهرها الخارجى (شكل ١٠-٤، يوجد فى آخر الكتاب)، مما يتعين التخلص من كميات كبيرة من ثمار المحصول الذى تظهر ببعض ثماره إصابة داخلية

ولقد وجد أن الفطر *Fusarium lactis* هو مسبب هذا المرض، حيث ينمو – ببطء شديد – داخل الثمرة إلى أن تظهر أعراضه داخليًا بعد نحو ٤٠ يوم من الإصابة تبدأ الإصابة من الطرف الزهرى للثمرة وهى صغيرة، وقد تبدأ من طرفها الآخر عند العنق وبالمقارنة فإن الفطر *Fusarium solani* يُحدث إصابة خارجية سريعة، حيث تظهر الأعراض على الثمار والسيقان فى خلال ١٤ يومًا

ولقد وجد أن النحل الملقح للأزهار يحمل جراثيم الفيوزاريم على أجزاء فم الحشرة وأرجلها كما كانت حبوب اللقاح التى نقلها النحل مصابة بهيفات الفطر، حيث نمت بداخلها وبرزت منها ومن المعتقد أن النحل ينقل جراثيم الفطر مع حبوب اللقاح من زهرة لأخرى، مما يؤدى إلى انتشار المرض داخل الصوبة

يمكن أن تصاب البذور – التى توجد فى الثمار المصابة – بالفطر، ويمكن أن تكون البذور المصابة وسيلة لانتشار المرض

لوحظ أن أصناف الفلفل ذات الثمار البيضاء والبرتقالية كانت أكثر قابلية للإصابة بالمرض عن الأصناف ذات الثمار البنية والصفراء

ولمكافحة المرض والحد من شدته، يراعى ما يلى:

١- مراعاة إجراءات النظافة العامة

٢- التخلص بحرص من الثمار والنباتات المصابة

٣- توفير تهوية جيدة بالصوبة

٤- عدم زيادة الرطوبة النسبية عن ٨٥٪.

٥- تجنب التجريح الشديد للسيقان والثمار (Government of Alberta ٢٠٠٧ — الإنترنت)

الأمراض الفيروسية

يمكن الاستفادة من بعض الممارسات والمعاملات الخاصة فى تقليل أعداد الحشرات الناقلة للأمراض الفيروسية فى الفلفل، والتى منها ما يلى.

١- استعمال أغطية التربة العاكسة للضوء

تستعمل لأجل ذلك أغطية التربة الألومنيومية، وكذلك الأغطية البلاستيكية الفضية والمطلية باللون الألومنيومى أفاد استعمال هذه الأغطية فى خفض أعداد المنّ والتربس، وكانت فائدتها فى الفلفل أكثر منها فى الطماطم لأن نباتات الفلفل كانت أقل حجمًا من نباتات الطماطم، وكان حجبها لغطاء التربة أقل من حجب نباتات الطماطم له (Kring & Schuster ١٩٩٢)

٢- استعمال المصائد الصفراء اللاصقة بمعدل ١٢٤٠ مصيدة/هكتار (٥٢٠ مصيدة/فدان) (Valdez & Wolfenbarger ١٩٩٥).

٣- رش النباتات بالزيوت المعدنية بتركيز ١٪، أو بماء الجير بتركيز ١٠٪ من التحضير التجارى يالبين Yalben، أو لوفن Loven (Marco ١٩٩٣)

٤- زراعة الفلفل مع القطيفة marigold (*Tagetes erecta*) بنسبة ٢ فلفل : ١ قطيفة فى الخط الواحد، حيث كانت لهذه المعاملة نفس فاعلية استعمال أغطية التربة العاكسة للضوء فى خفض أعداد حشرتى المنّ والذبابة البيضاء، ومن ثم تقليل أعداد النباتات التى ظهرت عليها أعراض الإصابات الفيروسية (Chew-Madianaveitia وآخرون ١٩٩٥).

٥- أفاد رش نباتات الفلفل بزيت بذور النيم *Azadirachta indica* بتركيز ١٪ أو ٢٪ فى مكافحة حشرة المنّ (بسبب محتوى الزيت من الليمونويدات النشطة active limonoids، مثل الأزاديراكتين azadirachtin)، وفى خفض إصابتها بالفيروسات غير

المتبقية non-persistent viruses (متل فيرس واى البطاطس)، بسبب إعاقة الزيت لعمليتى إكتساب الحشرة للفيرس، ونقله إلى النباتات السليمة، بطريقة مماثلة لتلك التى تؤثر بها الزيوت المعدنية، وليس بسبب محتوى الزيت من المركبات الفعّالة ضد الحشرة ذاتها (Lowery وآخرون ١٩٩٧)

٦- اختيار الموجات الضوئية التى تحد من الإصابة فى الزراعات المحمية.

ظهرت أعراض الإصابة بفيرس موزايك الطماطم على الفلفل ببطء، وكانت أقل شدة عندما كانت النباتات مزودة (فى الزراعات المحمية) بلمبات كهربائية توفر لها كلا من الضوء الأزرق والأشعة فوق البنفسجية A، وتحقق ذلك باستعمال لمبات تعطى ٨٣٪ ضوء أحمر عند ٦٦٠ نانوميترًا، و ١٧٪ أشعة تحت حمراء عند ٧٣٥ نانوميترًا، وذلك مقارنة بتطور أعراض الإصابة فى النباتات التى نمت فى وجود مصادر ضوئية تفتقر إلى كل من الضوء الأزرق (٦٦٠ نانوميترًا)، والأشعة فوق البنفسجية A (٦٦٠/٧٣٥ نانوميترًا) (Schuerger & Brown ١٩٩٧).

٧- استعمال السلالات الضعيفة من الفيرس فى إكساب النباتات مناعة ضد السلالات القوية:

استعمل رنا (آر إن أى RNA) تابع Satellite لفيرس موزايك الخيار (CMV) مع سلالة معتدلة الضراوة من الفيرس (CMV-S) فى إكساب نباتات الفلفل مناعة ضد الإصابة بالفيرس. وبينما أدت العدوى بسلالة عادية شديدة الضراوة من فيرس موزايك الخيار إلى نقص محصول أحد أصناف الفلفل (كاليفورنيا وندر) بمقدار ٣٣٪، فإن الحقن بالـ CMV-S لم ينقص المحصول سوى بقدر محدود، فى الوقت الذى أدى فيه ذلك الحقن إلى إكساب النباتات حماية ضد الإصابة بالسلالة العالية الضراوة من الفيرس بنسبة ٨٠٪ عندما أجرى الحقن بالسلالة العالية الضراوة بعد ثلاثة أسابيع من الحقن بالـ CMV-S (Montasser وآخرون ١٩٩٨).

نيماتودا تعقد الجذور

تكافح نيماتودا تعقد الجذور فى الفلفل بمراعاة ما يلى:

١- زراعة الأصناف المقاومة.

تتوفر المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور فى كل من:

Capsicum annuum	*C chacoense*
C chilense	*C frutescens*

ومن أصناف الفلفل المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور كلاً من أول بج All Big وبونتوك سويت لونج Bontoc Sweet Long، وورلدبيتر World Beater (Putnam وآخرون ١٩٩١).

ويعد صنف الفلفل الحار كارولينا كايين Carolina Cayenne (وهو من طرز الكايين) على درجة عالية جدًا من المقاومة لكل من *M incognita* (سلالات ١ إلى ٤)، و *M arenaria* (Thies وآخرون ١٩٩٧)

وقد تبين لدى اختبار ٥٩ صنفًا منزرعًا من *Capsicum chinense* وجود مستوى عال من المقاومة للنيماتودا *M incognita* فى الأصناف PA-353، و PA-398، و PA-426، وجميعها من الأصناف الحريفة الجيدة التى يمكن استخدامها فى الإنتاج التجارى دونما حاجة إلى تحسين (Fery & Thies ١٩٩٧)

وقد أنتج Dukes وآخرون (١٩٩٧) صنف الفلفل الحريف تشارلستون هت Charleston Hot بالانتخاب من الصنف الحريف كارولينا كايين Carolina Cayenne. وكلاهما من طراز الكايين، وعلى درجة عالية من المقاومة للنيماتودا *M incognita*، وهما يختلفان فى أن تشارلستون هت ذات ثمار صفراء اللون ونمو خضرى مندمج، بينما كارولينا كايين ذات ثمار حمراء ونمو خضرى كبير

كما قام Fery وآخرون (١٩٩٨) بنقل الجين N المسئول عن المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور من صنف الفلفل مسيسبّى نيما هارت Mississippi Nemaheart إلى كل من الصنفين يولو وندر Yolo Wonder، وكيستون رزّستنت جاينت Keystone Rasistant Giant فى برنامجين للتربية أفرزا صنفا الفلفل الحلو المقاومين كارولينا وندر Carolina Wonder. وتشارلستون بلى Charleston Belle، على التوالى

هذا ويمكن بزراعة أصناف الفلفل العالية المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور — مثل كارولينا كيين خفض أعداد النيماتودا في التربة إلى درجة تسمح بزراعة محاصيل أخرى حساسة للنيماتودا بعدها (Thies وآخرون ١٩٩٨)

٢- تكافح النيماتودا *M incognita* بيولوجيًا باستعمال الفطر *Paecilomyces lilacinus* بكفاءة عالية تعادل كفاءة استعمال المبيدات (Noe & Sasser ١٩٩٥)

الحشرات والأكاروسات

سبق أن تناولنا موضوع مكافحة الحشرات -- بصورة — عامة في الفصل الثامن، ونلقي — فيما يلي — الضوء على مكافحة العنكبوت الأحمر في الفلفل

يكافح العنكبوت الأحمر في الفلفل بالوسائل التالية

١- استعمال بدائل المبيدات

من أهم بدائل المبيدات الموصى بها ما يلي

أ- الزيوت، مثل زيت كيميسول ٩٥٪، وزيت سوبر مصرونا ٩٤٪ مستحلب، وزيت سوبر رويال ٩٥٪ مستحلب، وزيت كزد أويل ٩٥٪ مستحلب بمعدل لتر واحد من أي منهم لكل ١٠٠ لتر ماء، وزيت طبيعي (ناتيرلو) ٩٠٪ مستحلب بمعدل ٦٢٥ مل (سم^3) لكل ١٠٠ لتر ماء

ب- الكبريت، مثل سوريل زراعي (سمارك) وسوريل زراعي (شيخ) ٩٨٪ مسحوق تعفير بمعدل ١٠ كجم من أي منهما للفدان، وكبريت زراعي النصر ٩٩٪ مسحوق تعفير بمعدل ١٥ كجم للفدان، وشامة ٥ ٩٩٪ مسحوق تعفير، وكبريدست ٨ ٩٩ ٪ مسحوق تعفير بمعدل ١٠ كجم من أي منهما للفدان

جـ- فيرتيمك ١٨٪ مستحلب بمعدل ٥٠-١٠٠ مل (سم^3) لكل ١٠٠ لتر ماء

د- إم بيد ٤٩٪ سائل بمعدل لتر واحد لكل ١٠٠ لتر ماء (وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي ١٩٩٧)

٢- المكافحة الحيوية.

يكافح العنكبوت الأحمر العادى باستعمال البيوفلاى ٣ × ١٠^٧ وحدة/سم^٣ بمعدل ١٥٠ مل (سم^٣) لكل ١٠٠ لتر ماء.

كما يكافح نوعا الأكاروس *Tetranychus urticae*، و *T. cinnabarinus* بواسطة الأكاروس المفترس *Phytoseiulus persimilis* بكفاءة عالية (Kropezynska & Tomczyk ١٩٩٦).

٣- استعمال المبيدات:

يكافح العنكبوت الأحمر برش النباتات بالكلثين الميكرونى ١٨,٥٪، بمعدل كيلو جرام واحد للفدان، أو بالتديدفول بمعدل لتر واحد للفدان. ويكرر العلاج كلما لزم الأمر.