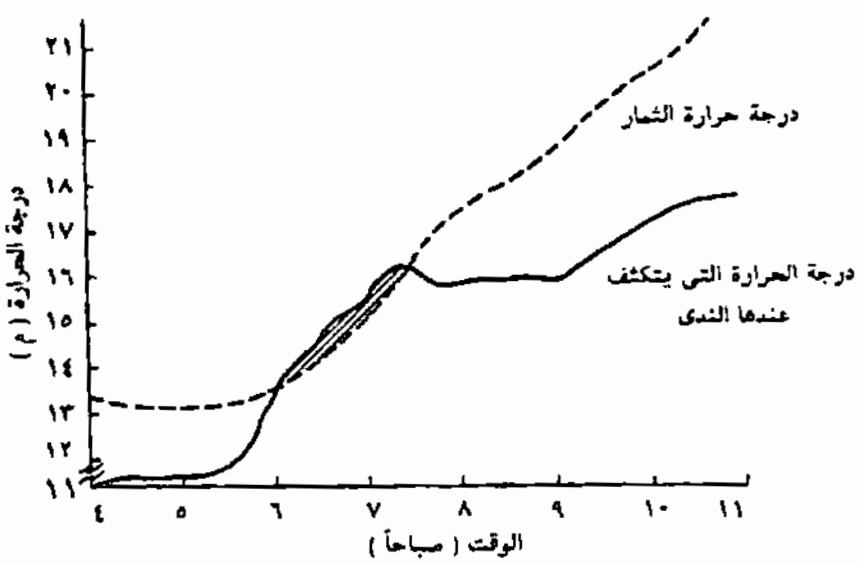
وبينما لم يؤثر التظليل فى معدل إنتاج الثمار خلال الأسابيع الثلاثة التالية لبدء التظليل. فإن التظليل بنسبة ٥٠٪ أدى – بعد ٦ أسابيع – إلى انخفاض المحصول بحوالى ٣٠٪ مقارنة بالمحصول فى حالة عدم التظليل (Gent ٢٠٠٨).

الرطوبة النسبية

تساعد الرطوبة النسبية العالية فى الزراعات المحمية على انتشار الإصابة بالأمراض، خاصة بفطر بوتريتس *Botrytis*. ويوضح شكل (٩–٢) أن درجة حرارة الثمار تنخفض عن الدرجة التى يتكثف عندها الندى Dew Point Temperature ابتداءً من السادسة صباحًا، ولمدة حوالى ساعة ونصف؛ وهى الفترة التى يتكثف خلالها الندى على الثمار؛ مما يزيد من فرصة الإصابة بالأمراض. ويمكن تجنب ذلك برفع درجة الحرارة قليلاً قبل شروق الشمس؛ حتى لا يحدث ارتفاع مفاجئ فى درجة حرارة الهواء عند الشروق، بينما لا تزال الثمار باردة.



شكل (٩–٢). التغيرات فى درجة حرارة الثمار، ودرجة الحرارة التى يتكثف عندها الندى من الساعة الرابعة صباحًا إلى الساعة الحادية عشرة قبل الظهر. توضح المنطقة المظللة بداية ونهاية الفترة التى يتكثف خلالها الندى على الثمار (عن Van de Vooren وآخرين ١٩٨٦).

كذلك يؤدى ارتفاع الرطوبة النسبية إلى قلة امتصاص العناصر المنتقلة مع تيار الماء الذى يفقد بالنتح، خاصة عنصر الكالسيوم؛ الأمر الذى قد يتسبب فى زيادة نسبة الإصابة بتعفن الطرف الزهرى، لذا فإنه من الضرورى أن نعمل على خفض الرطوبة النسبية كلما دعت الضرورة إلى ذلك بالتهوية الجيدة.

هذا وتتراوح الرطوبة النسبية المثالية للطماطم بين ٧٠٪ و ٧٥٪

ويبدأ التأثير الضار لارتفاع الرطوبة النسبية عندما ينخفض الفرق فى ضغط بخار الماء Vapor Pressure عن ٠,٢ كيلو باسكال (0.2kPa). وقد درس Holder & Cockshull (١٩٩٠) تأثير مستويات مختلفة من الرطوبة النسبية (تراوحت بين ٠,١ و ٠,٨ كيلو باسكال) — مع ثبات درجة الحرارة — على الطماطم، ووجدا أن معدل نمو النباتات لم يتأثر بمستوى الرطوبة النسبية. ولكن المساحة الورقية نقصت جوهريًا فى الرطوبة العالية، وكان ذلك مرتبطًا بنقص تركيز الكالسيوم فى نصل الورقة، مع ظهور أعراض نقص العنصر. كذلك أدت الرطوبة النسبية العالية إلى نقص المحصول وتدنى نوعية الثمار

كما درس Bakker (١٩٩٠أ) — كذلك — تأثير التباين فى الرطوبة النسبية — ليلاً ونهارًا (من ٠,٢١ إلى ٠,٧١ كيلو باسكال ليلاً، ومن ٠,٣٥ إلى ١,٠ كيلو باسكال نهارًا) — مع ثبات درجة الحرارة — على الطماطم، وتوصل — كذلك — إلى أن زيادة الرطوبة النسبية تؤدى إلى نقص الكالسيوم ونقص المساحة الورقية للأوراق، ونقص متوسط وزن الثمرة، وضعف قدرة الثمار على التخزين. وعلى الرغم من أن الرطوبة النسبية العالية نهارًا أدت إلى زيادة المحصول. إلا أن المحصول الكلى انخفض بزيادة الرطوبة النسبية ليلاً أو نهارًا.

وعن علاقة الكالسيوم فى أوراق وثمار الطماطم بكل من مستوى الرطوبة النسبية (ليلاً ونهارًا)، وتركيز الكالسيوم، والتركيز الكلى للأملاح فى المحاليل المغذية فى مزارع الصوف الصخرى .. وجد Adams & Holder (١٩٩٢) ما يلى:

١- أدت الرطوبة النسبية العالية ليلاً أو نهارًا — وكذلك الملوحة العالية — إلى نقص الوزن الجاف للأوراق

٢- انخفض دائمًا محتوى الأوراق من الكالسيوم وتركيز الكالسيوم فيها فى الرطوبة النسبية العالية، وكان هذا التأثير أوضح عند ارتفاع الرطوبة النسبية ليلاً عنه نهارًا، كما كان النقص فى الكالسيوم أقل حدة فى المستويات العالية من الكالسيوم.

٣- انخفض تراكم الكالسيوم فى الثمار عند انخفاض الرطوبة النسبية نهارًا، وكان أقل مستوى للكالسيوم فى الثمار عندما اقترن انخفاض الرطوبة النسبية نهارًا مع انخفاض تركيز الكالسيوم وارتفاع التركيز الكلى للأملاح فى المحلول المغذى.

٤- بدا أن ارتفاع الرطوبة النسبية نهارًا حفز انتقال الكالسيوم إلى الثمار الصغيرة، بصرف النظر عن مستوى الرطوبة النسبية ليلاً.

وقد تنخفض الرطوبة النسبية كثيرًا فى البيوت المحمية خلال الصيف إلى الدرجة التى يكون لها تأثير سيئ على التلقيح وعقد الثمار. ويلزم - فى مثل هذه الحالات - تزويد البيوت المحمية بنظام "المست Mist"، الذى يفيد فى زيادة الرطوبة النسبية وخفض درجة الحرارة فى آن واحد. ويبدأ التأثير الضار للرطوبة النسبية المنخفضة عندما يرتفع الفرق فى ضغط بخار الماء عن كيلو باسكال واحد.

ويؤدى استمرار النقص فى ضغط بخار الماء - مع توفير الرطوبة الأرضية بالقدر الكافى - إلى حدوث زيادة فى كل من معدل امتصاص نباتات الطماطم للماء والمحصول (Trigui وآخرون ١٩٩٩) ويتحقق تخفيض الرطوبة الجوية فى الصوبات إما بالتهوية الجيدة، وإما باستعمال مزيلات الرطوبة dehumidifires فى حالة كون الرطوبة الجوية الخارجية عالية أصلاً.

وقد أحدثت زيادة الفرق فى ضغط بخار الماء VPD - بعدم العمل على زيادة رطوبة الهواء فى الأوقات الحارة من اليوم - خفضًا جوهريًا فى كل من الوزن الطازج للثمرة ومحتواها من الرطوبة، وزيادة فى نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية بها، بينما لم يتأثر الوزن الجاف للثمرة. وقد انخفض تأثير زيادة الـ VPD على كل من محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية والرطوبة بزيادة أعداد الأوراق المسنة التى تمت إزالتها من قاعدة النبات (Leonardi وآخرين ٢٠٠٠).

وقد أظهرت نباتات الطماطم التى نمت فى ظروف الفرق العالى فى ضغط بخار الماء (الرطوبة النسبية المنخفضة) قدرة أعلى على البناء الضوئى عما فى تلك التى نمت فى ظروف الفرق المنخفض فى ضغط بخار الماء (الرطوبة النسبية العالية) وقد كان المحتوى الكلوروفيلى. ونسبة كلورفيل أ إلى ب، والمحتوى البروتينى ونشاط إنزيم الـ rubisco أعلى فى النباتات التى نمت فى الرطوبة النسبية المنخفضة عما فى تلك التى نمت فى ظروف الرطوبة النسبية العالية. كما كان محصول الثمار أعلى فى ظروف الرطوبة المنخفضة. وكذلك جودتها أعلى فيما يتعلق بكل من القوام، واللون، ومحتوى السكر (Xu وآخرون ٢٠٠٧)

التهوية

قورن تأثير التهوية الميكانيكية (المراوح) من فتحات التهوية العلوية (بالسقف) والجانبية (بامتداد الحوائط الجانبية) — المغطاة بالسيران — كلما ازدادت حرارة هواء الصوبة عن ٣٠°م بالتهوية مع التبريد بنظام الروحة والوسادة على نمو ومحصول الطماطم وقد وجد أن متوسط الحرارة العام لهواء الصوبة انخفض جوهريًا فى حالة استعمال نظام المروحة والوسادة بمقدار ٢,٦°م نهارًا، و ١.٢°م ليلاً عن الحرارة فى حالة التهوية الميكانيكية، وبمقدار ٣,٢°م نهارًا، و ٢,٣°م ليلاً عن حرارة الهواء الخارجى كما كانت الحرارة القصوى فى حالة التبريد بنظام الروحة والوسادة تقل بمقدار ٤°م مئوية عما فى حالة التهوية الميكانيكية أما الرطوبة النسبية فكانت فى حالة التبريد بنظام المروحة والوسادة تزيد بمقدار ٢٠٪ نهارًا، و ١٠٪ ليلاً عما فى حالة التهوية الميكانيكية. وبمقدار ٣٠٪ نهارًا، و ١٥٪ ليلاً عما فى الهواء الخارجى. أما استهلاك محصول الطماطم للماء فكان يقل جوهريًا فى حالة التبريد بنظام المروحة والوسادة (حيث كان ١٢ لتر لكل نبات/يوم) عما فى حالة التهوية الميكانيكية (حيث بلغ ١٠٨ لتر لكل نبات/يوم)، الأمر الذى أُرجع إلى انخفاض النتح فى حالة التبريد بنظام المروحة والوسادة وأما محصول الثمار فقد تساوى فى حالتى التبريد بالمروحة والوسادة (٦,٤ كجم/نبات) والتهوية الميكانيكية (٦,٣ كجم/نبات)، إلاّ أن كمية الثمار الصغيرة الحجم