٣- وعندما تتعرض الأوراق لإضاءة قوية مع شدٍّ رطوبى فإن التبريد الناشئ عن النتح ربما لا يتم بالكفاءة المطلوبة؛ الأمر الذى قد يؤدى إلى ارتفاع حرارة الأوراق عن حرارة الهواء المحيط بها بفارق عدة درجات، مع زيادة احتمالات موت خلاياها، وظهور بقع فسيولوجية – غير متحللة – بها.

٤- ومن أهم مظاهر أضرار الحرارة العالية ظهور بقع متحللة، وخاصة على السويقة الجنينية السفلى والساق، كما يظهر تبرقش مصفر على الأوراق والثمار. ويعزى ذلك إلى أن ارتفاع درجة الحرارة يؤدى إلى زيادة معدل التنفس مع انخفاض معدل البناء الضوئى؛ فيقل الغذاء المخزن، وقد ينعدم. كما قد تحدث تغيرات فى كل من البروتينات، والإنزيمات، والأغشية الخلوية. وتختل كفاءة الإنزيمات التى لا تقوم بوظائفها إلا فى مجال حرارى معين. كما قد تحدث دنترة denaturation للبروتينات. ومع تمزق الأغشية الخلوية يختلّ كل شئ بالخلايا، وتصبح الإنزيمات مختلطة بمركبات لا يحدث اتصال بها فى الظروف العادية؛ الأمر الذى يؤدى إلى حدوث تفاعلات إنزيمية غير مرغوب فيها.

٥- ومن مظاهر الحرارة العالية عن الحدود المناسبة لعقد الثمار سقوط الأزهار دون عقد، أو سقوط الثمار الحديثة العقد. كما يتفاعل الضوء مع الحرارة العالية فى التأثير على سقوط الأزهار. ففى الفلفل .. وجد أن التظليل يزيد من سقوط الأزهار فى الحرارة العالية، ويَسْبقُ سقوطها – فى هذه الظروف – انخفاض فى تركيز السكر فى البراعم الزهرية، مع زيادة فى إنتاج الإيثيلين فيها. هذا .. إلا أن أصناف الفلفل تختلف فى حساسية أزهارها للحرارة العالية، ويتفق ذلك مع اختلاف إنتاجها للإيثيلين فى ظروف الحرارة العالية، واختلاف حساسيتها للإيثيلين المنتج فى هذه الظروف (Aloni وآخرون ١٩٩٤).

تأثير الضوء والفترة الضوئية

لا يمكن للنباتات أن تنمو فى غياب الضوء، فهو العامل الأساسى فى عملية البناء

الضوئى التى تعتمد عليها النباتات كلية فى تحضير السكريات الأولية. وتتـأثر النباتـات بكل من شدة الإضاءة ونوعية الإضاءة، وطول الفترة الضوئية.

شدة الإضاءة والعوامل المؤثرة فيها

تؤثر شدة الإضاءة Light Intensity تـأثيرًا كـبيرًا فـى معـدل عمليـة البنـاء الضـوئى؛ فيزداد البناء الضوئى مع زيادة شدة الإضاءة فى حدود معينة. ونظرًا لأن النباتات تعتمـد فى نموها على عملية البناء الضوئى، فإننـا نجـد أن المحصـول يـزداد مـع ازديـاد شـدة الإضاءة.

هذا .. وتختلف شدة الإضـاءة مـن منطقـة لأخـرى، ومـن سـاعة لأخـرى فـى نفـس المنطقة، فتزداد شدة الإضاءة:

١- قرب خط الاستواء عنها قرب القطبين.

٢- فى الأجواء الجافة الصحوة عنها فى الأجواء الملبدة بالغيوم.

٣- فى الأماكن المرتفعة عنها بالقرب من سطح البحر.

٤- صيفًا عنها شتاءً.

٥- وقت الظهيرة عنها فى الصباح أو المساء.

وفى المتوسط نجد أن الإضاءة القوية تبلغ نحو ٥٠٠٠ شمعة/قدم. وأقـل إضـاءة لازمـة للنمو النباتى هى ٨٠٠-١٠٠٠ شمعة/قدم.

الأهمية التطبيقية لتأثير شدة الإضاءة على النباتات

يمكن إجمال التأثيرات العملية لشدة الإضاءة على نباتات الخضر فيما يلى:

١- التأثير على معدل البناء الضوئى والمحصول .. فلا يكون البناء الضوئى محسوسًـا فى إضاءة ٠,٥ شمعة/قـدم، ويتسـاوى البنـاء مـع الفاقـد فـى التـنفس (Compensation point) فى إضاءة ١٠٠-٣٠٠ شمعة/قدم.

٢- تؤثر على معدل النتح؛ فيزيد النتح مع زيادة شدة الإضاءة؛ لـذلك يفضـل إجـراء عملية الشتل فى الجو الملبـد بـالغيوم، أو فـى المسـاء؛ لأن النباتـات المشـتولة حـديثًا لا

يمكنها امتصاص كمية كبيرة من الماء من التربة؛ لأنها تفقد جزءًا من مجموعها الجذرى عند تقليعها من المشتل.

٣- تؤثر شدة الإضاءة على التركيب التشريحى للأوراق. ففى الإضاءة الساطعة تحتوى الأوراق على ٢-٣ طبقات من الخلايا المحتوية على البلاستيدات الخضراء، وتكون الخلايا مندمجة ومكتنزة بالغذاء المجهز، أما تحت ظروف الإضاءة الضعيفة، فإن المسافات البينية بين خلايا الميزوفيل تكون واسعة، وتكون الأوراق عصيرية. وتلك هى الصفات المفضلة فى نباتات السلاطة؛ مثل: الخس، والجرجير.

٤- تؤدى زيادة شدة الإضاءة أكثر من اللازم إلى الإصابة بلفحة الشمس Sunburn، ويحدث ذلك فى النموات الخضرية والثمرية على حد سواء.

ويحدث الضرر بالنموات الخضرية، خاصة عندما تكون رهيفة وعصيرية وتتعرض لأشعة شمس قوية بعد فترة من الجو الملبد بالغيوم. فتحت هذه الظروف تتلون الأنسجة المعرضة لأشعة الشمس باللون الأخضر المصفر فى مساحات غير منتظمة الشكل، وسرعان ما تصبح الأنسجة المصابة طرية، ثم تجف، تاركة بقعًا هشة بنية اللون.

كذلك تتعرض أبصال البصل ودرنات البطاطس لأضرار مماثلة عند إجراء الحصاد فى جو حار صحو.

وأيضًا تصاب ثمار الخضر المختلفة بلفحة الشمس، فتصاب ثمار الطماطم والبطيخ والشمام والفلفل والباذنجان وغيرها عند التعرض لأشعة الشمس القوية فى الجو الحار. وتظهر الأعراض على ثمار الطماطم، سواء أكانت خضراء، أم قاربت على النضج، حيث يبدو النسيج المصاب لامعًا فى البداية، ثم يصبح مشبعًا بالماء، ثم يجف بسرعة، وينخفض سطح النسيج المصاب عن مستوى سطح باقى الثمرة، ويتحول لونه إلى اللون الأبيض أو الرمادى فى الثمار الخضراء، وإلى اللون الأصفر فى الثمار الحمراء. وعادة ما تزداد شدة الضرر فى الأصناف ذات النمو الخضرى الضعيف.

وفى الفاصوليا تظهر أعراض لفحة الشمس على القرون فى صورة بقع صغيرة مشبعة بالماء، وسرعان ما تتلون باللون الأحمر أو البنى. وتزداد حدة هذه الأعراض فى الجو الحار.

وقد توصل Rabinowitch وآخرون (١٩٨٣) من دراساتهم على لفحة الشمس فى ثمار الفلفل والخيار إلى الاعتقاد بأن الكلوروفيل ضرورى لكى تظهر أعراض الإصابة بلفحة الشمس. فقد عرّضوا ثمار فلفل وخيار مقطوفة وأخرى على النبات – وهى فى مراحل مختلفة من نموها ونضجها – لأشعة الشمس؛ ووجدوا أن ظهور حالة لفحة الشمس يتأثر بلون الثمرة، وما إذا كانت مقطوفة، أو مازالت بالنبات. فالثمار المقطوفة ارتفعت حرارتها بدرجة أكبر من تلك التى ظلت على النبات، وكانت أكثر حساسية للفحة الشمس. كما ارتفعت درجة حرارة ثمار الفلفل ذات اللون الأخضر الفاتح بدرجة أقل، وظهرت بها نسبة أقل من إصابات لفحة الشمس عن مثيلاتها من الثمار ذات اللون الأخضر الداكن. أما ثمار الفلفل الحمراء الناضجة، وثمار الخيار الصفراء الناضجة، فقد كانتا مقاومتين للإصابة بلفحة الشمس. وبالعكس .. كانت ثمار الفلفل الخضراء أو التى فى بداية التلوين، وثمار الخيار الخضراء غير الناضجة والخضراء المصفرة أكثر الثمار عرضة للإصابة بلفحة الشمس.

ويتأثر محتوى ثمار الطماطم من حامض الأسكوربيك بالإشعاع الشمسى الذى تتعرض له الثمار ذاتها – بدرجة أكبر من تأثره بالإشعاع الشمسى الذى تتعرض له الأوراق؛ فيُحدث تظليل للثمار خفضًا كبيرًا فى محتواها من حامض الأسكوربيك المختزل، وذلك بمقدار ٧٤٪، بينما يؤخر تظليل الأوراق نضج الثمار ويقلل من محتواها من حامض الأسكوربيك المختزل بنسبة ١٩٪ فقط. ولقد وجد ارتباط بين محتوى الثمار من حامض الأسكوربيك المختزل ومحتواها من السكريات فى الظروف العادية، بينما لم يتأثر محتوى الثمار من السكريات بتظليلها؛ ولذا .. فإن ذلك الارتباط اختفى فى ظروف تظليل الثمار. ويعنى ذلك أن محتوى الثمار من حامض الأسكوربيك المختزل لا يتحدد بالبناء الضوئى أو بمحتوى السكريات، وإنما يعتمد بقوة على تعرض الثمار لضوء الشمس. ويبدو أن تظليل الأوراق يؤثر على محتوى الثمار من حامض الأسكوربيك المختزل من خلال تأخيره للنضج (Gautier وآخرون ٢٠٠٨).

ويفيد استخدام شباك التظليل فى التغلب على مشاكل الشدِّ الحرارى فى محاصيل الخضر. وقد وجد عند استخدام مستويات مختلفة من التظليل تراوحت بين صفر٪، و

٨٠٪ عند إنتاج الفلفل حدوث انخفاض فى كل من الإشعاع النشط فى عملية البناء الضوئى، وفى حرارة الهواء والأوراق والتربة فى منطقة نمو الجذور مع زيادة مستوى التظليل . وقد رافق التظليل – كذلك – زيادة فى أطوال النباتات ونقص فى سمك سيقانها، وزيادة فى مساحة أوراقها؛ وكلها استجابات من النباتات لحالة ضعف الإضاءة ساعدت فى زيادة قدرتها على الاستفادة من الإشعاع الساقط. وعلى الرغم من أن التظليل أدى إلى خفض حرارة الأوراق وتقليل النتح منها، إلا أنه أحدث – كذلك – خفضًا فى معدل البناء الضوئى بها. هذا .. وكانت المستويات المتوسطة من التظليل (٣٠٪ و ٤٧٪) هى الأفضل لنمو نباتات الفلفل وأدائها لوظائفها الحيوية الطبيعية (Diaz-Pérez ٢٠١٣).

ولأن إنتاج ونوعية ثمار الفلفل يتأثران سلبيًّا بالأشعة القوية التى تتعرض لها النباتات خلال فترة الحصاد صيفًا. فقد دُرس تأثير تطعيم صنف الفلفل Herminio على ثلاثة أصول تجارية (هى Atlante، و Creonte، و Terrano) فى ظل ظروف التظليل أو عدم التظليل. وقد تأكدت فاعلية التظليل فى تحسين النمو الخضرى، والبناء الضوئى، والنتح، والوضع المائى للأوراق، وفى خفض المحصول غير الصالح للتسويق – وخاصة بسبب حالات لسعة الشمس – وذلك مقارنة بما حدث فى النباتات غير المظللة. كذلك فإن النباتات المطعومة كان سلوكها أفضل من غير المطعومة سواء أكانت مظللة، أم غير مظللة، ، إلاّ أن الاختلافات كانت أكبر فى حالة عدم التظليل. وقد أنتجت النباتات التى طعمت على Atlante مساحة ورقية تزيد بنسبة ٤٠٪ عما فى التوافقات الأخرى للأصول، إلا أنها لم تكن أعلى محصولاً، أو أقل فى نسبة إصابة الثمار بلسعة الشمس. وفى المقابل .. لم يؤثر التطعيم على Creonte جوهريًّا فيما يتعلق بكتلة النمو البيولوجى للأوراق، لكنه أدى إلى زيادة المحصول الكلى والصالح للتسويق بنسبة ٣٠٪ تحت ظروف عدم التظليل، وبنسبة ٥٠٪ تحت ظروف التظليل، مقارنة بالوضع فى النباتات غير المطعومة. كذلك فإن هذا الأصل حافظ على نشاط البناء الضوئى فى الأوراق يزيد بمقدار ٣٠٪–٦٠٪، وأدى إلى انخفاض الإصابة بلسعة الشمس بنسبة ٦٠٪ أثناء فترة الحصاد فى النباتات غير المظللة.

ويتبين مما تقدم أن التحسن فى حماية عملية البناء الضوئى أكثر كفاءة فى زيادة المحصول وتقليل الإصابة بلسعة الشمس عن مجرد زيادة النمو الخضرى فى ظروف عدم التظليل، وأن استعمال الأصل Creonte هو بديل جيد لاستخدام شباك التظليل فى زراعات الفلفل بالبيوت المحمية (López-Marin وآخرون ٢٠١٣).

طول الموجات الضوئية، وأهميتها، والعوامل المؤثرة فيها

من أهم العمليات الحيوية التى تتأثر بطول الموجة الضوئية Wave length ما يلى:

١- عملية البناء الضوئى.

٢- الاستجابة للفترة الضوئية photoperiodic response.

٣- النشاط الفسيولوجى؛ مثل فتح وإغلاق الثغور، والنتح، وانتقال الماء والأملاح الغذائية داخل النبات.

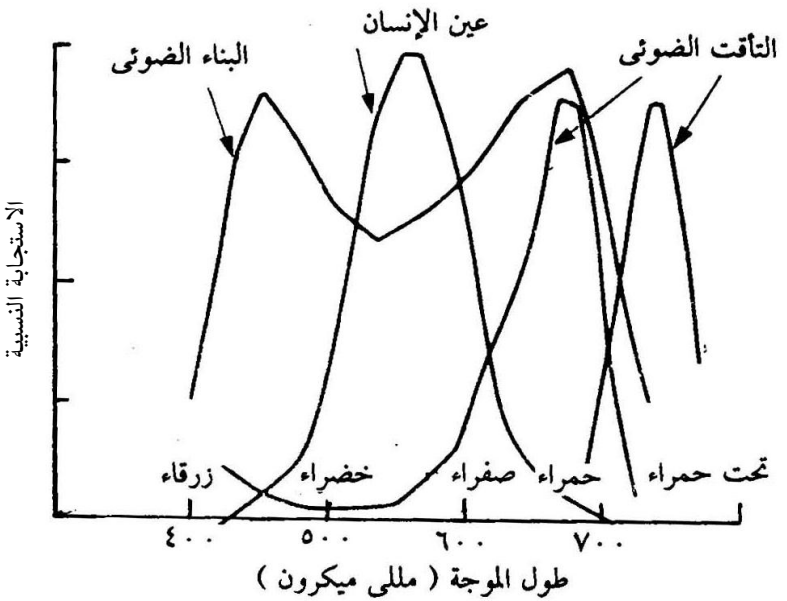
فكل عملية منها يبلغ معدلها أعلى ما يمكن عندما يكون الضوء من طول موجة معين؛ أى من لون معين (شكل ٤-٢). ونظرًا لأن الضوء الأبيض العادى يحتوى على جميع ألوان الطيف، فإن أهمية هذا الموضوع تظهر فى الدراسات البحتة التى يدرس فيها الباحث تأثير ألوان الطيف المختلفة على العمليات الحيوية فى النبات.

فنجد أن عملية البناء الضوئى تكون فى أعلى معدلاتها فى وجود الأشعة الحمراء والبرتقالية (٦٠٠-٧٦٥ مللى ميكرون؛ المللى ميكرون = نانوميتر واحد)، والأشعة الزرقاء والبنفسجية (٣٩٠-٥٠٠ مللى ميكرون)، بينما يتأثر التأقت الضوئى بكل من الأشعة الحمراء وتحت الحمراء.

وبالإضافة إلى تأثير الأشعة الزرقاء والبنفسجية على البناء الضوئى، فإنها تؤثر كذلك على حركة البلاستيدات الخضراء، وعلى وضع الأوراق وحجمها.

هذا .. ولكل من الضوء الأحمر والأزرق تأثيرهما الفعال فى أيض البناء الضوئى. وتعمل الأشعة تحت الحمراء على إعكاس تأثير صفات الفيتوكروم؛ مما يقود إلى تغيرات فى التعبير الجينى والبناء النباتى plant architecture والاستجابات التكاثرية. وأظهرت

الدراسات الحديثة أن للضوء الأخضر – كذلك – تأثيرات محددة على بيولوجيا النبات، حيث يؤثر على عمليات بنائية من خلال وسائل تعتمد على الكربتوكروم cryptochrome وأخرى لا تعتمد عليه. وعمومًا فإن تأثير الضوء الأخضر مضاد لتأثيرات الموجات الضوئية الحمراء والزرقاء. ويستفاد مما تقدم أن الضوء الأخضر يعدل من النمو والتطور النباتيين فى تناسق مع كل من الضوء الأحمر والأخضر (Folta & Maruhnich ٢٠٠٧).



شكل (٤–٢): تأثير طول الموجة الضوئية (ألوان الطيف) على معدل عمليتى البناء الضوئى والتأقت الضوئى (عن **Hanan** وآخرين ١٩٧٨).

الفترة الضوئية والعوامل المؤثرة فيها

يختلف طول الفترة الضوئية باختلاف خط العرض واليوم من السنة كالتالى:

١– فى ٢١ من مارس، و ٢١ من سبتمبر تكون الشمس متعامدة تمامًا على خط الاستواء، ويكون الشروق من الشرق تمامًا، والغروب من الغرب تمامًا، ويتساوى طول الليل مع طول النهار فى كافة أرجاء الكرة الأرضية.

٢- فى ٢١ من ديسمبر تكون الشمس أبعد ما تكون جنوبًا عن خط الاستواء، ويصاحب ذلك أقصر نهار فى نصف الكرة الشمالى، وأطول نهار فى نصف الكرة الجنوبى.

٣- يحدث العكس فى ٢١ من يونية؛ حيث تكون الشمس أبعد ما تكون شمالاً عن خط الاستواء، ويصاحب ذلك أطول نهار فى نصف الكرة الشمالى، وأقصر نهار فى نصف الكرة الجنوبى.

٤- يتساوى طول النهار مع طول الليل عند خط الاستواء فى جميع أيام السنة.

٥- فى نصف الكرة الشمالى يكون طول النهار فى الفترة من ٢١ مارس إلى ٢١ سبتمبر أطول فى المناطق الشمالية منه فى المناطق الأقرب إلى خط الاستواء. ويكون الفارق أكبر ما يمكن فى ٢١ من يونية، ويحدث العكس تمامًا فى نصف الكرة الجنوبى.

٦- يحدث كذلك فى نصف الكرة الشمالى أن طول النهار فى الفترة من ٢١ سبتمبر إلى ٢١ مارس يكون أقصر فى المناطق الشمالية منه فى المناطق الأقرب إلى خط الاستواء. ويكون الفارق أكبر ما يمكن فى ٢١ من ديسمبر، ويحدث العكس تمامًا فى نصف الكرة الجنوبى (عن Edmond وآخرين ١٩٧٥).

تأثير الفترة الضوئية على نمو وتطور النباتات

تؤثر الفترة الضوئية photoperiod على النباتات عن طريقين؛ هما:

١- من خلال تأثيرها على كمية الضوء الكلية التى تتعرض لها النباتات؛ وبالتالى تؤثر على كمية الغذاء المجهز، والنمو، والمحصول. ولهذا يلاحظ أن المحصول يكون أكبر — عادة — صيفًا فى الدول الشمالية؛ حيث تزيد الفترة الضوئية إلى نحو ١٧ ساعة يوميًّا.

٢- تؤثر الفترة الضوئية تأثيرًا مباشرًا فى نمو وتطور النباتات. ويعرف هذا النوع من الاستجابة للفترة الضوئية باسم التأقت الضوئى Photoperiodism. وقد يكون تأثير الفترة الضوئية متمثلاً فى دفع النباتات نحو الإزهار، أو إلى تكوين درنات أو أبصال أو مدادات ... إلى غير ذلك من عمليات النمو والتطور التى تتأثر بالفترة الضوئية.

وعادة .. يقصد بتأثير الفترة الضوئية تأثيرها على الإزهار، ما لم يذكر غير ذلك.

وتقسم النباتات حسب استجابتها للفترة الضوئية إلى ٣ مجموعات، وهى:

١- نباتات النهار القصير Short-day plants: وهذه لا تزهر إلا إذا زاد طول الليل على حد معين. فيجب أن تتعرض هذه النباتات لفترة ظلام لا تقل عن حد معين حتى تزهر. ومن أمثلتها: الذرة السكرية، والفول الرومى، وفول الصويا، والكايوت، والروزيل، والفراولة.

٢- نباتات النهار الطويل Long-day plants: وهذه لا تزهر إلا إذا قصر طول الليل عن حد معين. فيجب أن تتعرض هذه النباتات لفترة ظلام لا تزيد على حد معين حتى تزهر. ومن أمثلتها: السبانخ، والفجل، والشبت.

٣- نباتات محايدة Day-neutral plants: وهذه لا تتأثر فى إزهارها بالفترة الضوئية؛ ومن أمثلتها: الطماطم، والبامية، والقرعيات.

وكما سبق الذكر .. فإن تأثير الفترة الضوئية لا يقتصر على الإزهار، بل يمكن أن يكون على:

١- تكوين الأبصال: فيعتبر البصل والثوم من نباتات النهار الطويل بالنسبة لتكوين الأبصال.

٢- تهيئة النبات لتكوين الدرنات: فتعتبر البطاطس والطرطوفة واليام من نباتات النهار القصير بالنسبة لتهيئة النبات لتكوين الدرنات، كما تعتبر البطاطا والكسافا من نباتات النهار القصير بالنسبة لزيادة الجذور فى الحجم (Yamaguchi ١٩٨٣).

٣- تكوين المدادات: فتعتبر الفراولة من نباتات النهار الطويل بالنسبة لتكوين المدادات.

٤- نمو السلاميات فى الفاصوليا.

٥- تمثيل صبغة الأنثوسيانين فى الكرنب الأحمر (Piringer ١٩٦٢).

٦- التأثير على النسبة الجنسية فى القرعيات؛ حيث تزداد نسبة الأزهار المذكرة إلى الأزهار المؤنثة فى النهار الطويل، بينما تضيق تلك النسبة – بزيادة عدد الأزهار المؤنثة المتكونة – فى النهار القصير.

ومما تجدر ملاحظته أن الاستجابة للفترة الضوئية لا تستلزم أبدًا أن يكون النهار قصيرًا بالنسبة لنباتات النهار القصير، وأن يكون النهار طويلاً بالنسبة لنباتات النهار الطويل؛ بل إن العكس قد يحدث أحيانًا.

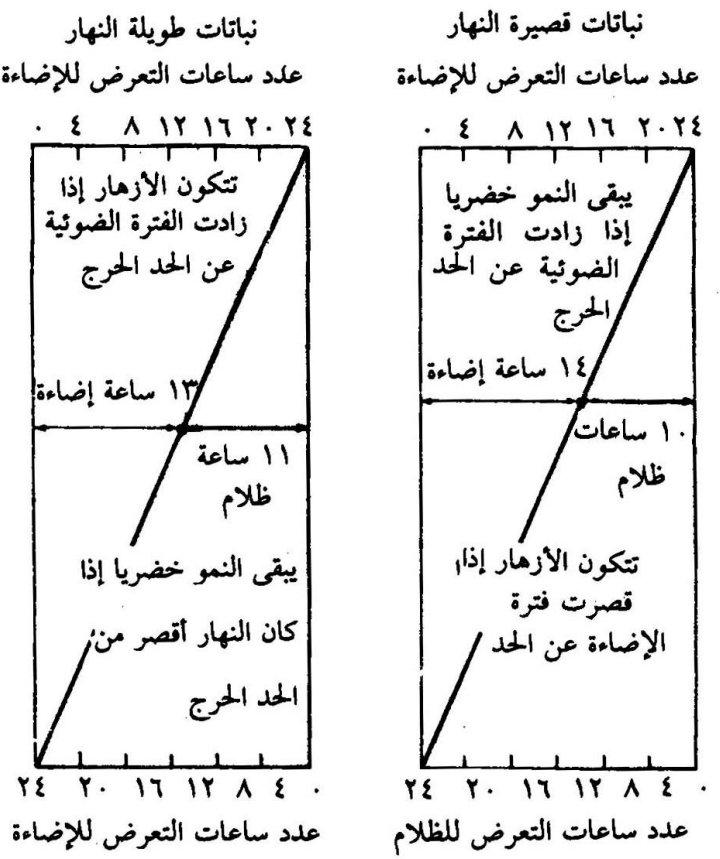
فالذرة السكرية تزهر فى المناطق الشمالية صيفًا؛ حيث يصل طول النهار إلى ١٧ ساعة، برغم أنها من نباتات النهار القصير، فى حين أن بعض أصناف السبانخ قد تزهر فى فترة إضاءة أقل من ١٢ ساعة، برغم أنها من نباتات النهار الطويل.

كذلك قد تكوّن بعض أصناف البصل أبصالاً فى نهار طوله ١٢ ساعة، بينما لا يمكن لبعض الأصناف الأخرى أن تكوّن أبصالاً فى فترة إضاءة تقل عن ١٦ ساعة. برغم أن جميع أصناف البصل تُعَدّ من نباتات النهار الطويل بالنسبة لتكوين الأبصال.

فالعبرة بطول فترة الظلام، وما إن كانت الاستجابة لا تحدث إلا عند زيادتها عن حد معين (نباتات النهار القصير)، أو إلا عند قصرها عند حد معين (نباتات النهار الطويل). ويوضح شكل (٤-٣) هذه العلاقة بين السبانخ – وهى من نباتات النهار الطويل، وتلزمها فترة ظلام لا تزيد على ١١ ساعة حتى تزهر – والقرنفل وهو من نباتات النهار القصير – وتلزمه فترة ظلام لا تقل عن ١٠ ساعات حتى يزهر.

ويمكن عمليًّا زيادة طول النهار فى المواسم القصيرة النهار بعمل وميض من الضوء لمدة ٤ ثوان كل دقيقة ليلاً، أو بالإضاءة لمدة ٣ ساعات بعد نهاية النهار، ويستفاد من ذلك فى عدم زيادة طول فترة الظلام عن حد معين، وبالتالى دفع نباتات النهار الطويل للإزهار. وتختلف الاستجابة لهذه المعاملة بين نباتات النهار الطويل ونباتات النهار القصير.

كما يمكن إطالة فترة الظلام؛ وذلك بتغطية النباتات بقماش أسود لعدة ساعات يوميًّا أثناء النهار؛ وبذلك يمكن دفع نباتات النهار القصير نحو الإزهار فى غير موسمها، كما فى الأرولا.



شكل (٤-٣): تأثير الفترة الضوئية على إزهار السبانخ والقرنفل. يلاحظ أن الفترة الضوئية الحرجة هى ١٣ ساعة للسبانخ (على اليسار)، و ١٤ ساعة للقرنفل (على اليمين) (عن **Steward** ١٩٦٦).

الأهمية البستانية للفترة الضوئية

عمليًّا .. يستفاد من دراسة الفترة الضوئية وتأثيرها على النباتات فى اختيار الصنف والموعد المناسبين للزراعة فى منطقة الإنتاج، بحيث ينمو المحصول بالطريقة التى تؤدى إلى إنتاج المحصول الاقتصادى الذى زرع من أجله، فمثلاً:

١- عند زراعة محصول مثل السبانخ يراعى اختيار موعد الزراعة؛ بحيث يتم إنتاج

المحصول الاقتصادى – وهو الأوراق – قبل زيادة الفترة الضوئية إلى الحد الذى يدفع النباتات نحو الإزهار؛ فتفقد بذلك قيمتها الاقتصادية.

٢- كذلك توجد اختلافات كبيرة بين أصناف السبانخ فى سرعة اتجاهها نحو الإزهار بزيادة الفترة الضوئية، فيحب اختيار الأصناف الأقل ميلاً للإزهار فى الزراعات التى يصاحبها نهار طويل نسبيًّا.

٣- عند زراعة البصل يجب اختيار الأصناف التى يمكنها تكوين الأبصال فى الفترة الضوئية السائدة فى منطقة الإنتاج. فتزرع الأصناف التى يمكنها تكوين الأبصال فى فترة ضوئية قصيرة نسبيًّا فى المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية. أما الأصناف التى تلزمها فترة ضوئية طويلة، فلا يمكنها تكوين أبصال جيدة فى مثل هذه المناطق.

٤- توقيت موعد الزراعة؛ بحيث تتجه النباتات نحو الإزهار فى الوقت المناسب عند الرغبة فى إنتاج البذور.

٥- توفير الفترة الضوئية المناسبة لإزهار النباتات فى برامج التربية.

مراجع إضافية فى تأثير الفترة الضوئية على النمو النباتى

لمزيد من التفاصيل حول الفترة الضوئية وتأثيرها على النمو النباتى .. يراجع Adams & Langton (٢٠٠٥).

ولمزيد من التفاصيل حول الموديل الفسيولوجى/الوراثى لتفاعلات الفترة الضوئية مع درجة الحرارة وتأثيراتها على كل من التأقت الضوئى والارتباع والعقم الذكرى فى النباتات .. يراجع Yan & Wallace (١٩٩٥).

الأشعة غير المرئية وأهميتها

تختلف الأشعة غير المرئية عن الضوء الأبيض العادى. وأهم ما يصل منها إلى النباتات بجرعات محسوسة: الأشعة تحت الحمراء، والأشعة فوق البنفسجية.

الأشعة تحت الحمراء

تشكل الأشعة تحت الحمراء (الأشعة الحرارية) حوالى ٥١٪ من الأشعة الشمسية

الإجمالية التى تصل إلى النباتات. وتلعب الأشعة القصيرة منها – التى لا يزيد طول موجاتها على ٨٠٠ مللى ميكرون – دورًا فى عملية البناء الضوئى. أما الأشعة الطويلة الموجة منها فإن تأثيرها يقتصر على رفع درجة حرارة النبات.

الأشعة فوق البنفسجية

تشكل الأشعة فوق البنفسجية – وهى التى يقل طول موجاتها عن ٣٩٠ مللى ميكرون – نحو ٦٪–٧٪ من مجموع الأشعة الشمسية التى تصل إلى النباتات . تعد الأشعة ذات الموجات الضوئية الأقل من ٣٠٠ مللى ميكرون منها ضارة بالنباتات، لكن لا يصل إلى سطح الأرض منها إلا النذر اليسير؛ لامتصاصها من قِبل طبقة الأوزون. أما الأشعة فوق البنفسجية التى يتراوح طول موجاتها بين ٣٠٠ و ٣٩٠ مللى ميكرون فإنها تخترق الغلاف الجوى وتصل إلى سطح الأرض؛ وتلعب دورًا فى تكوين فيتامين "جـ" فى أوراق النباتات، وفى المساعدة على تقسية النباتات، وزيادة قدرتها على تحمل الحرارة المنخفضة، كما تحول دون استطالة سيقان البادرات. كذلك تلعب هذه الأشعة دورًا فى تلوين الأوراق فى الخريف، وفى زيادة تركيز اللون فى بعض الثمار.

ونظرًا لأن الزجاج لا يسمح بنفاذ الأشعة فوق البنفسجية .. لذا نجد أن محتوى الخضروات المنتجة فى الصوبات الزجاجية من فيتامين "جـ" يقل بمقدار ٣٠٪–٥٠٪ عن نظيرتها المنتجة فى الحقول المكشوفة أو فى الصوبات البلاستيكية التى تسمح بمرور ٧٠٪–٨٠٪ من هذه الأشعة (عن بوراس ١٩٨٥).

تُمتص الأشعة فوق البنفسجية فى النباتات بواسطة الكروموفورات Chromophores، التى تتضمن: الأحماض النووية، والبروتينات، وإندول حامض الخليك، وحامض الأبسيسك، والفلافوبروتينات. وربما يؤدى امتصاص الأحماض النووية للأشعة فوق البنفسجية إلى انحراف فى تمثيل البروتين، وإلى زيادة معدل حدوث الطفرات، وظهور التراكيب الكروموسومية غير العادية.

وقد يؤدى امتصاص الهرمونين: إندول حامض الخليك وحامض الأبسيسك

للأشعة فوق البنفسجية إلى حدوث تغيرات فى تركيز كلُ منهما؛ الأمر الذى يؤدى إلى عدم انتظام النمو. وقد يظهر ذلك فى صورة ضعف فى الإزهار، أو فقدان للسيادة القمية، أو سقوط للأوراق، أو تغيرات فى تركيز العناصر الغذائية بالأنسجة النباتية.

وترتبط كفاءة النبات فى مقاومة أضرار الأشعة فوق البنفسجية بقدرته على إصلاح الضرر الذى تحدثه الأشعة للحامض النووى دى إن أى (الدنا)، كما ترتبط – أيضًا – بتمثيله لمركبات مثل الفلافانويدات flavanoids، والفلافونات flavones فى طبقة البشرة. كما يمكن للشمع السطحى بطبقة الأديم امتصاص قدر ضار من الأشعة فوق البنفسجية. ويؤدى تغيير اتجاه الورقة أو زيادة قدرتها على عكس الضوء إلى مزيد من الإفلات من التعرض لأضرار الأشعة فوق البنفسجية.

تأثير الرياح على محاصيل الخضر

تؤدى سرعة الرياح إلى:

١- اقتلاع النباتات، وكسر فروع الأشجار، ورقاد النباتات الطويلة المروية حديثًا.

٢- تغطية النباتات بالكثبان الرملية.

٣- إثارة حبيبات الرمل التى تضرب فى النباتات، محدثة بها أضرارًا كبيرة.

٤- اختلال التوازن المائى داخل النباتات وذبولها عندما تكون الرياح ساخنة جافة؛ نظرًا لتسببها فى زيادة سرعة النتح بدرجة أكبر من قدرة الجذور على امتصاص الماء.

٥- إغلاق الثغور جزئيًّا عند زيادة سرعة الرياح عن ١٠ كم/ساعة، ويؤدى ذلك إلى نقص تبادل الغازات، وبطء عملية البناء الضوئى.

ولأجل هذا يلزم الاهتمام بإقامة مصدات الرياح حول مزارع الخضر، كما تجب دراسة تحركات الهواء البارد من أعالى الجبال نحو الوديان؛ لما لذلك من تأثيرات قد تكون ضارة أو مفيدة – حسب المحصول والظروف الجوية السائدة – قبل الشروع فى زراعة محاصيل الخضر فى مثل هذه الأماكن.

هذا .. وتهبُّ على مصر رياح مختلفة على مدار العام، هى:

١- الرياح التجارية: وتهب على مصر معظم العام من الشمال أو الشمال الشرقى عادة، وسرعتها متوسطة؛ وتفيد فى تلقيح النباتات الهوائية التلقيح.

٢- الحسوم أو برد العجوز: وهى رياح شديدة البرودة، وتهب فى أوائل مارس، وتستمر لمدة ثمانية أيام. ولهذه الرياح تأثيرات ضارة؛ إذ إنها:

أ- قد تؤدى إلى موت بعض النباتات.

ب- تؤخر إنبات البذور.

جـ- تؤدى إلى سقوط أزهار النبات.

٣- الخماسين: وهى رياح حارة جافة تهب من الجنوب عادة، وتكون محملة بالأتربة والغبار، وقد ترتفع درجة الحرارة أثناء هبوبها إلى ٤٥°م. تهب رياح الخماسين عادة أثناء شهور مارس وأبريل ومايو. وفى المتوسط .. فإن عدد أيام رياح الخماسين يكون: ٦ أيام فى فبراير، و ٧ أيام فى مارس، و ٧ أيام فى أبريل، و ٥ أيام فى مايو، ويومين فى يونيو.

ولهذه الرياح تأثيرات ضارة؛ إذ أنها تؤدى إلى:

أ- سقوط الأزهار والثمار، ونقص المحصول.

ب- تمزق الأوراق وضعف النمو.

جـ- زيادة سرعة النضج.

د- ضمور حبوب اللقاح.

هـ- زيادة الإصابة بالعنكبوت الأحمر (عن مرسى وآخرين ١٩٥٩).

وفى دراسة عن تأثير الرياح على نباتات الخضر قام Bubenzer & Weis (١٩٧٤) بتعريض نباتات الفاصوليا والبسلة لرياح سرعتها ٢٤,٨ كيلو متر فى الساعة لمدة ٢٠ دقيقة، ووجدا أن هذه المعاملة أدت إلى نقص المحصول.

١- فى الفاصوليا بمقدار ٨٪ عندما أجريت المعاملة فى مرحلة نمو البادرات، وبمقدار ١٤٪ عندما أجريت فى مرحلة الإزهار.

٢- فى البسلة بمقدار ١٦٪، سواء أجريت المعاملة فى مرحلة نمو البادرات، أم فى مرحلة الإزهار.

كما وجد Mitchell وآخرون (١٩٧٥) أن هز نباتات الطماطم برفق مرة أو مرتين يوميًّا أدى إلى نقص عدد العقد على الساق وعدد الأوراق، مع قصر السلاميات، وتقزم النبات، وحدوث انتفاخ عند العقد، وتدلى نصل الأوراق لأسفل epinasty، مع تلون الأوراق الحديثة بلون أخضر داكن، وزيادة التفرع الجانبى للنبات. وقد اقترح الباحثون مصطلح "سيسمومورفوجينيسس Seismomorphogensis" لوصف التأثير الذى تحدثه الرياح على النباتات.

وعمومًا .. فإن توفير أى نوع من مصدات الرياح (أشجار وشجيرات، أو خطوط من نباتات عشبية نجيلية كالقمح والشعير، أو شباك بلاستيكية) يعمل على إبطاء سرعة الرياح لمسافةتصل إلى عشرة أضعاف طول المصدِّ ذاته؛ الأمر الذى يؤدى إلى زيادة المحصول بنسبة ٥٪ إلى ٥٠٪ (Hodges & Brandle ١٩٩٦).

تأثير الأمطار على محاصيل الخضر

لا تخفى أهمية الأمطار فى حالة الاعتماد على ماء المطر بدلاً من الرى. وتجب فى هذه الحالة دراسة توزيع الأمطار. والكمية الكلية لماء المطر على مدار العام قبل التخطيط لزراعة محاصيل الخضر.

ويفضل دائمًا إنتاج البذور فى المناطق غير الممطرة؛ نظرًا لأن الأمطار تساعد على:

١- انتشار بعض الأمراض الفطرية والبكتيرية التى تنتقل عن طريق البذور، كما فى عديد من أمراض البسلة والفاصوليا.

٢- انتثار البذور من الثمار الجافة قبل حصادها؛ كما فى الخس.

هذا ويقسم العالم إلى ثلاث مناطق حسب معدل تساقط الأمطار السنوى فيما كالتالى:

١- المناطق الجافة Arid: ويقل معدل تساقط الأمطار فيها عن ٢٥ سم سنويًّا.