# الفصل الثالث

## العوامل المناخية

# العوامل المناخية

# Climatic Factors

أفضل مناطق زراعة النخيل من حيث الإثمار والنمو هي التي يكون جوها طيلة فترة نمو الثمار (بين التلقيح حتى النضج) مرتفع الحرارة، وقليل الرطوبة وخالياً من الأمطار. كما يمكن زراعة النخيل في ظروف مغايرة كشجرة زينة إلا أنها قد لاتثمر أو قد تعطي إثماراً غير اقتصـــــادي (١).

وفيما يلي أهم العوامل المناخية المؤثرة على نمو وإنتاجية أشجار نخيل التمر:

## أولاً: درجة الحرارة: (Temperature)

يؤثر القرب والبعد عن خط الاستواء وكذلك الارتفاع عن مستوى سطح البحر على درجة حرارة الجو. فتنخفض درجة حرارة الجو درجة ١م° لكل ارتفاع ١٨٤م عن سطح البحر، وتتأثر زراعة النخيل في المناطق الجبلية في الجهة المزروعة فيها، فعندما تكون في الجهة الجنوبية تكون أدفأ من الجهة الشمالية لأن الشمس عمودية في الأولى ومائلة في الثانية، وكذلك لاينصح بزراعة أشجار النخيل في الوديان لأنها تكون مجمع للهواء البارد، ولاينصح بزراعتها في الأماكن التي يزيد ارتفاعها عن (١٥٠٠م) عن مستوى سطح البحر حتى في المناطق القريبة من خط الاستواء.

تتحمل نخلة التمر تقلبات درجات الحرارة لحد كبير. الدرجة التي يتوقف عندها النمو بصورة عامة، وانقسام الخلايا النامية بصورة خاصة هي الدرجة التي أطلق عليها صفر النمو (Growth's Zero)، وهي تتراوح مابين (٨ – ٩م°) (١٢). يستمر نمو النخلة في الظروف المناخية المناسبة طوال أيام السنة بصورة طبيعية متناسبة مع معدلات درجات الحرارة فعندما تستمر درجات الحرارة بالانخفاض في الشتاء تستمر النخلة في النمو، ولكن بصورة بطيئة بشرط أن تكون درجة الحرارة في النهار أكثر من (٩م°) وبالعكس يزداد النمو بارتفاع درجة الحرارة حتى حوالي ٣٨م°.

إن درجة حرارة وسط قمة النخلة (منطقة النمو) تكاد تكون ثابتة تقريباً مع فارق واضح بينها وبين حرارة الهواء الخارجي المحيط بالنخلة. أما تغييرات درجات الحرارة اليومية بمنطقة النمو من قمة النخلة فلا تتعدى (٤ر٩°م) على أنها تسير معكوسة مع حرارة الجو المحيط بها كأن تكون في أعلى مستوى لها عند شروق الشمس وأوطأ مستوى عند الساعة الثانية إلى الرابعة بعد الظهر، وقد وجد أن الاختلاف بين الحرارة الداخلية للنخلة وحرارة الجو المحيط بها حوالـــــي (٤ر١٤°م) في الصباح البارد وتنخفض بحوالي (١٨°م) عن حرارة الجو في آخر النهار (١). قد يرجع سبب الثبوت النسبي في درجة حرارة الأنسجة النامية في قمة النخلة للآتي:

١) أن القمة النامية محاطة بغلاف سميك عازل مكون من عدد كبير من الكرب ومن الليف المحيط به. وهذه الطبقات الكثيفة المتراصة تساعد على منع تسرب الحرارة الداخلية إلى الخارج وبالعكس.

٢) يؤثر تيار النسغ الصاعد من الجذور إلى القمة على حرارة المنطقة النامية بأن يجعلها قريبة من حرارة الماء المحيط بالجذور. هذه العوامل التي تحافظ على إبقاء حرارة القمة النامية في شجرة النخيل ثابتة دون تغيير كبير، ساعدتها على مقاومة تغييرات حرارة الصحاري الكبيرة (١).

**أ — تأثير درجة الحرارة الصغرى (Minimum temperature) على نمو شجرة نخيل التمر:**

نخيل التمر المثمر يقاوم درجة الحرارة المنخفضة حتى (-١٦°م) لمدة قصيرة رغم أن معظم السعف قد يموت. وفي بغداد مات جميع سعف النخيل الذي عمره (٤-٦ سنة) في مزرعة الزعفرانية عند تعرضه إلى درجة حرارة (-٧ر٧°م) غير أنه عاد فنمى في الصيف (١) وقد وجد في ولاية كليفورنيا أن النخيل الذي تعرض إلى (-١١°م) مات جميع سعفه ولكن البرعمة الرئيسية لم تهلك وأعطت سعفاً جديداً وأخرجت الأشجار طلعاً، إلا أن الطلع النامي لم ينتج إلا ثمراً قليـــــلاً (١١).

وفي ولاية كاليفورنيا حدث انجماد لمدة ١٨ ساعة وقد لوحظ أن النخل الذي عمره (١-٣ سنة) ومن جميع الأصناف كانت أضراره جسيمة جداً، وكثيراً من الأشجار التي عمرها سنة واحدة ماتت، إلا أن النخل الذي عمره ٤-٦ سنة مات ١٥٪ من سعفه خاصة صنف دجلة نور، بينما

الزهدي والخستاوي كانت أضرارهما أقل أم الخضراوي والحلاوي فكان ضررها أشد، أما النخل المثمر والذي عمره ٨–٢٠ سنة فكانت نسبة الأضرار فيه قليلة (١٤). كما وجد أن البساتين المروية خلال فترة الانجماد ضررها أقل من التي لم ترو (١٦).

صنفت أشجار النخيل إلى ثلاثة أقسام حسب مقاومتها للبرد كالآتي:

١) المقاومة (Resistance): تأثرت تأثراً طفيفاً وأقل من المعدل وهي: الزهدي، الحياني، الأشرسي، الخستاوي، الساير والثوري.

٢) متوسطة المقاومة (Moderate): دجلة نور، البرحي، الديري، العامري، القنطار، الخضراوي، المكتوم، المناخر والمجهول.

٣) الحساسة للبرد (Sensitive): والتي كانت أضرارها أكثر من المعدل: البريم، الغرس، الحلاوي، الخلاص والفرسي.

استنتج Dowson (٩) بأن نمو النخلة لايتوقف رغم انخفاض درجات الحرارة إذا كانت:

١– درجة الحرارة الصغرى اليومية أعلى من درجة الانجماد.

٢– درجة حرارة القلبة الداخلية أعلى من ٩°م.

**ب– تأثير درجة الحرارة العظمى (Maximum temperature) على نمو شجرة نخيل التمر:**

تنمو نخلة التمر في كل مناطق العالم الحارة إلا أن المناطق الشديدة الحرارة كشمال السودان وجنوب فزان لاينضج التمر فيها على شكله الاعتيادي من الليونة والميوعة واللزوجة، وإنما يكون جافاً يابساً متصلباً، ويعود السبب إلى جفاف الجو أكثر من شدة الحرارة (٩). تتحمل شجرة النخيل درجات الحرارة المرتفعة لأكثر من ٥٠°م كما حدث في العراق (البصرة) إذ ارتفعت درجة الحرارة إلى ٥٠°م في يوليو ولم تتضرر الأشجار (١، ٥). المناطق الواقعة على جهتي خط عرض ٣٠°ش حرارتها أشد من منطقة خط الاستواء رغم أن أشعة الشمس تكون مائلة في هذه المناطق وعمودية عند خط الاستواء. وقد يرجع السبب في الارتفاع الشديد للحرارة في هذه المناطق إلى الجفاف وطول نهار الصيف المشمس (١).

### ج- معدل درجات الحرارة: (Average of Annual Temperature)

أفضل مناطق إنتاج النخيل في العالم هي المناطق التي يتراوح فيها معدل درجات الحرارة العظمى مابين (٣٥ – ٣٨°م) والصغرى مابين (٤ – ١٣°م) وتمثل هذه المناطق البصرة في العراق واندیو في كاليفورنيا والبحرين. غير أن ارتفاع الرطوبة في جزر البحرين يسبب ظهور المرض الفطري Graphiola أو تبقع الأوراق.

### د- تأثير مجموع الوحدات الحرارية (Heat Units) على إنتاج التمر:

لاتزهر أشجار النخيل إلا في المناطق التي تبلغ درجة حرارة الظل فيها (١٨°م) وتعرف هذه الدرجة بصفر الإزهار (The flowering zero)، وتثمر في المناطق التي تكون درجة حرارة الظل فيها ٢٥°م. تحتاج الأشجار من بداية التزهير إلى نضج الثمار كمية من الحرارة تتراوح بين (٢٣٣٧ – ٣٨٩٨°م) حسب المنطقة وطريقة حساب الوحدات والصنف.

أعتمد (١٧) على أساسين لحساب الوحدات الحرارية اللازمة لنضج ثمار نخيل التمر هما:

أ- إعتبر أن مجموع الوحدات الحرارية اللازمة لنمو ونضج الثمار تساوي مجموع متوسط درجة الحرارة اليومية العظمى ناقصاً ١٨°م (لأن إزهار أشجار نخيل التمر لايبدأ بدرجة حرارية أقل من ١٨°م).

ب- اعتبار الفترة مابين الأول من مايو إلى أواخر أكتوبر هي الفترة الأساسية في اكتمال نمو الثمار ونضجها، وبناءً على ماسبق قام بحساب الاحتياجات الحرارية لأشجار نخيل التمر في مناطق زراعة النخيل المختلفة معتبراً أن موسم الإثمار ١٨٤ يوماً لجميع الأصناف ابتداءً من الأول من مايو حتى نهاية أكتوبر، وعليه تراوحت الاحتياجات الحرارية مابين ٢٣٣٧°م (٤٢٤٣°ف) في منطقة لاغوات/الجزائر إلى ٣٨٩٨°م (٧٥١٧°ف) في منطقة بغداد/العراق. وهناك طرق متعددة لحساب الاحتياجات الحرارية لنخيل التمر تتلخص فيما يلي (٦):

١- حساب معدل درجة الحرارة اليومية ناقصاً ١٨°م (صفر الإزهار) خلال الفترة من اليوم الأول من مايو حتى آخر يوم في أكتوبر.

٢- حساب معدل درجة الحرارة الشهرية ناقصاً ١٨°م اعتباراً من ١ مايو حتى ٣١ أكتوبر.

٣- (الحرارة اليومية العظمى + الحرارة اليومية الصغرى/٢) – ١٨°م.

**مثال:** سجلت معدلات درجات الحرارة اعتباراً من ١ مايو إلى ٣١ أكتوبر في أحد مناطق زراعة نخيل التمر، وكان معدل درجات الحرارة الشهرية كالآتي: مايو ٢٠°م، يونيو ٢٥°م، يوليو ٢٧°م، أغسطس ٢٩°م، سبتمبر ٢٤°م، أكتوبر ٢٠°م.

| الشهر | عدد أيام الشهر | معدل درجات الحرارة الشهرية | الزيادة عن ١٨°م | مجموع الوحدات الحرارية الشهرية |
|---|---|---|---|---|
| مايو | ٣١ | ٢٠ | ٢ | ٣١ x ٢ = ٦٢ |
| يونيو | ٣٠ | ٢٥ | ٧ | ٣٠ x ٧ = ٢١٠ |
| يوليو | ٣١ | ٢٧ | ٩ | ٣١ x ٩ = ٢٧٩ |
| أغسطس | ٣١ | ٢٩ | ١١ | ٣١ x ١١ = ٣٤١ |
| سبتمبر | ٣٠ | ٢٤ | ٦ | ٣٠ x ٦ = ١٨٠ |
| أكتوبر | ٣١ | ٢٠ | ٢ | ٣١ x ٢ = ٦٢ |

---

١١٣٤°م

وبناءً على ماسبق يمكن أن تقسم التمور حسب معدل درجات الحرارة إلى قسمين (٣):

أ- أصناف تحتاج إلى معدل درجات حرارة ٢٧°م للفترة من الأول من مايو إلى أكتوبر، وهذه تشمل الأصناف الطرية.

ب- أصناف تحتاج إلى معدل درجات أكثر من ٣٢°م، وتشمل الأصناف الجافة وشبه الجافة.

وقد لوحظ رغم استيفاء بعض مناطق زراعة نخيل التمر للمتطلبات الحرارية إلا أن ثمارها لاتنضج بصورة طبيعية لواحد أو أكثر من الأسباب التالية:

١- ارتفاع نسبة الرطوبة الجوية يمنع النضج الطبيعي للثمار مما يسبب تساقطها، كما هو الحال مع صنفي الفرض والنغال في منطقة صلالة في عُمان وبعض أصناف نخيل التمر في إمارة رأس الخيمة في الإمارات العربية المتحدة.

٢- بعض الأصناف تحتاج إلى متطلبات حرارية واطئة، ولذا عند زراعتها في المناطق الحارة لاتثمر، كما حدث عند زراعة دجلة نور في مدينة العين في دولة الإمارات العربية المتحدة.

إن أصناف التمور الجافة والشبه الجافة تحتاج إلى وحدات حرارية تقدر بضعف ماتحتاجه الأصناف الرطبة أو اللينة (٣)، وفي عمان تم حساب المتطلبات الحرارية لأشجار نخيل التمر ابتداءً من بداية مارس وحتى نهاية سبتمبر، لأن الإزهار والإثمار ونمو ونضج ثمار نخيل التمر تتم خلال هذه الأشهر في السلطنة (٦). وذلك بالمعادلة التالية:

مجموع الوحدات الحرارية = معدلات درجات الحرارة الشهرية — ١٨°م x (عدد أيام الشهر).

ثم تجمع القيم كلها للحصول على مجموع الوحدات الحرارية لكل منطقة.

## ثانياً: تأثير المطر ورطوبة الجو: (Effect of Rain and Relative Humidity)

تتطلب أشجار نخيل التمر جواً خالياً من الأمطار ابتداءً من موسم التلقيح وانتهاءً بموسم الحصاد لإعطاء ثماراً ذات صفات جيدة. المطر لايضر الشجرة وإنما يحدث أضراراً شديدة عند سقوطه في وقت التلقيح، فقد يسبب إزالة حبوب اللقاح عن مياسم الأزهار الأنثوية وانفجار الأنبوب اللقاحي كما يضر الثمار إذا سقط قبيل النضج وهي لاتزال على الشجرة وتكون الأضرار أشد إذا أعقبت الأمطار رطوبة عالية. يكون الضرر أقل إذا كانت الثمار في دور البلح (الكمري) ودور البسر (الخلال) وقد تكون الأمطار مفيدة لغسلها من ذرات الرمل والتراب. إلا أن هناك بعض الأضرار قد تحدث للثمار في طور الرطب والتمر مثل التشطيب (Checking) (وهي خطوط طولية أو عرضية رفيعة ترابية اللون تظهر على سطح بشرة التمر) واسوداد الذنب (Blacknose) وتعفن (Rotting) وتشقق الثمار (Splitting)، وهذه الأضرار لاتظهر إلا عندما يعقب المطر جو رطب.

تختلف أصناف التمور التجارية في تحملها لأضرار المطر باختلاف الصنف، وقد قسمت الأصناف التجارية الستة عشر حسب تحملها لأضرار المطر إلى ثلاث مجاميع (١٨) هي:

١- المجموعة الأكثر تحملاً للأمطار: الديري، الخستاوي، الثوري، الخضراوي، الحلاوي، الساير.

٢- متوسط المقاومة لأضرار المطر: الزهدي، الخلاص، البرحي.

٣- الأصناف الحساسة للمطر: دجلة نور، يتيما، الحياني، الغرس.

يسبب المطر أضراراً للثمار إذا سقط في شهر أغسطس (آب) وسبتمبر (أيلول) وأكتوبر (تشرين أول) في نصف الكرة الشمالي، ويناير (كانون ثاني)، فبراير (شباط) ومارس (آذار) في نصف الكرة الجنوبي، وعليه قسم موسم إنتاج التمور إلى أربعة أقسام (١٨).

أ- موسم جيد، إذا كان معدل سقوط الأمطار أقل من ٥٠ ملم في كل شهر من الأشهر الثلاثة.

ب- موسم مقبول، إذا كان معدل سقوط الأمطار أكثر من ٥٠ ملم/في شهر واحد من الأشهر الثلاث.

ج- موسم سيء، إذا كان معدل سقوط الأمطار أكثر من ٥٠ ملم في شهرين من الثلاثة شهور.

د- موسم سيء جداً، إذا كان معدل سقوط الأمطار أكثر من ٥٠ ملم في كل شهر من الأشهر الثلاثة السابقة الذكر.

تسبب زخات المطر الربيعية والرطوبة العالية المصحوبة بالدفء قبل التلقيح استفحال مرض خياس الطلع (مرض الخامج)، كما في منطقة البصرة في العراق. وفي المناطق التي تكون الرطوبة فيها عالية مثل البحرين، رأس الخيمة والدمام ينتشر الفطر المسمى غرافيولا، وينعدم عنكبوت الغبار، وبالعكس كما في منطقة العين حيث يقل الغرافيولا، وينتشر عنكبوت الغبار. وفي المناطق الرطبة يكون التمر الناتج في الغالب لين، أما في المناطق شديدة الرطوبة فإن التمر فيها لايبلغ النضج بل يتساقط على الأرض في طور الرطب، وفي المناطق الجافة يكون التمر الناضج يابس جاف القوام.

## بعض الظواهر الفسيولوجية المتعلقة بالرطوبة:

هناك ظواهر فسيولوجية (Physiological Phenomona) تسببها الرطوبة العالية نتيجة لسقوط الأمطار أو زيادة الرطوبة النسبية في الجو، وهذه الظواهر قد سبق الإشارة إلى قسم منها آنفاً، وفيما يلي شرح موجز لكل منها:

### ١- نشوء الجذور الهوائية على جذع النخلة:

ساق نخيل التمر له القدرة على تكوين الجذور عند ترطيبه بالماء أو عند زراعة النخيل في المناطق المرتفعة الرطوبة، أو عند الري بالرش وملامسة الماء جذع النخلة، وهذه الجذور الهوائية تدفع بقايا الكرب إلى الخارج، ثم بعد ذلك تموت لعدم ملامستها للأرض، ثم تتكون مجموعة أخرى، وهكذا، وهذه تسبب ضعف قاعدة الشجرة مما قد يسرع من سقوطها نتيجة لهبوب الرياح القوية، لذا يفضل إزالة الجذور الهوائية بسكين حاد كلما ظهرت ودفن الجزء الأسفل من الساق بالتراب وترطيبه لتشجيع تكوين الجذور وإسناد الساق للحيلولة دون سقوطه (٦).

### ٢- التشطيب أو الوشم: (Checking)

والتشطيب هو عبارة عن خطوط ترابية رفيعة طولية وعرضية تظهر على بشرة ثمار نخيل التمر نتيجة لتشقق القشرة، وقد تسبب تصلب القشرة وجفاف منطقة اللحم التي تليها مما يؤدي إلى خسارة اقتصادية كبيرة وتستفحل ظاهرة التشطيب عند ارتفاع الرطوبة النسبية في الجو في مرحلة الجمري (اللون الأخضر)، وبداية مرحلة الخلال (البسر)، وقد يرجع سبب حدوث هذه الظاهرة لاختلال التوازن المائي للثمار، حيث درجة الحرارة ملائمة لامتصاص الماء، ورطوبة التربة متوفرة، والبخر معدوم أو قليل نتيجة للرطوبة الجوية العالية والجهد المائي للثمـــــــــار (Water potential) منخفض (سالب) مقارنة بالجهد المائي في سويق الثمرة مما ينتج عنه حركة الماء إلى داخل الثمار وانتفاخها مما يسبب تشققات لقشرة الثمار. لذا ينصح في المناطق الرطبة بالزراعة المتباعدة وتقليم الأشجار كثيفة السعف لفتح وسط النخلة وخف العذوق ووضع حلقة حديدية في مركز العذوق الكبيرة للسماح للهواء بتخللها للحد من هذه الظاهرة.

### ٣- ظاهرة أبو خشيم: (Abu-Kusheim)

تعرف هذه الظاهرة بجفاف النصف القريب من القمع وبقاء قاعدة الثمرة شبه لينة (١)، وقد يحدث جفاف النصف القريب من القمع نتيجة لتعرض الثمار للحرارة المرتفعة والجفاف مما يؤدي إلى توقف الخلايا عن النمو وموتها، وقد أمكن تخفيف هذه الظاهرة التي قد تؤدي إلى تلف ٤٠-٦٠٪ من الإنتاج برش الثمار بالنفثالين حمض الخليك (NAA) بتركيز ٢٥ جزء بالمليون (٦).

### ٤- إسوداد الذنب: (Blacknose)

إسوداد ذنب أو طرف الثمرة قد يحدث عند التحول من مرحلة الكمري إلى مرحلة البسر (الخلال) وهي ظاهرة فسيولوجية غير مرضية سببها ارتفاع الرطوبة النسبية في الجو، وتراكم الندى في الصباح الباكر على الثمار، وقد يصل الفقد السنوي في الحاصل مابين ٥ — ٥٠٪، ويمكن تقليل نسبة الإصابة بهذه العاهة بتهوية العذوق، وتجنب زراعة الأصناف الحساسة لهذه الظاهرة في المناطق الرطبة مثل دجلة نور والحياني (٢، ٤، ٦).

### ٥- ذبول الثمرة أو الحشف: (Fruit shrivel)

تحدث هذه الظاهرة الفسيولوجية لثمار التمر في طور البسر حيث تتجعد الثمار وتذبل وتجف وتتكرمش وتصبح حشفاً لاتصلح إلا كعلف للحيوانات، وقد يرجع سبب حدوث هذه الظاهرة لواحد أو أكثر من الأسباب التالية (١):

١- اختلال التوازن المائي خلال الصيف.

٢- انقصاف العرجون (الحامل الزهري) كلياً أو جزئياً.

٣- الحرارة المرتفعة والجو الجاف صيفاً.

٤- عدم العناية بتذليل أو تحدير العذوق.

تحدث هذه الظاهرة كذلك عند تعرض الثمار لأشعة الشمس المباشرة، وقد وجد أن أصناف الصفري، المسكاتي والرزيز والغرا من أكثر الأصناف إصابة بهذه الظاهرة، وللحد من هذه الظاهرة يجب اتباع الآتي:

١- إجراء عملية خف أو إزالة العذوق في حالة الإثمار الغزير.

٢- المحافظة على التوازن المائي لأشجار نخيل التمر أثناء فترة الصيف.

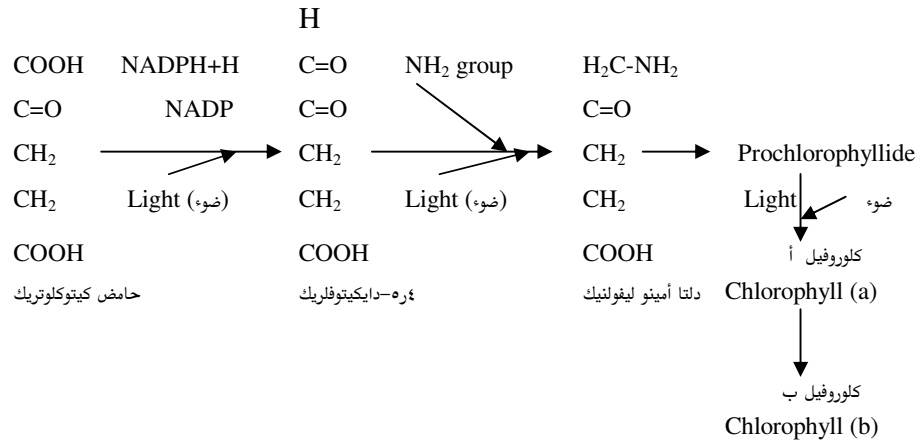
٣- العناية بالعمليات الزراعية وخاصة التحدير أو التذليل وتجنب إحداث أضرار ميكانيكية للعرجون (الحامل الزهري).

## ثالثاً: الضوء: Light

تعتبر الشمس المصدر الأساسي للطاقة الضوئية، حيث يتحرك الضوء في الفضاء الخارجي على شكل موجات كهرومغناطيسية مكونة من جسيمات صغيرة يعرف كل منها بالفوتون (Photon) وكل فوتون يحمل كمية قليلة من الطاقة تعرف (Quantum) وتختلف طاقة هذه الجسيمات باختلاف طول الموجة. يلعب الضوء دوراً أساسيا في عملية نمو وتطور وإثمار أشجار نخيل التمر، وهذا يمكن إيجازه بالآتي:

### (أ) تأثير الضوء على تكوين البلاستيدات الخضراء في الأوراق الحديثة:

تظهر الأوراق الحديثة في القلبة على شكل دفعات (٣-٥ سعفة) بيضاء مصفرة ثم بعد فترة تنتشر، وتتكون فيها المادة الخضراء نتيجة لتعرضها للضوء. وقد وجد بأن الكلوروفيل الذي ينشأ من حامض كيتوكلوتريك لايتكون إلا بوجود الضوء كما في المعادلة التالية:



**(ب) تأثير الضوء (Light) على عملية البناء الضوئي:**

الضوء هو الأساس في سير عملية البناء الضوئي (Photosynthesis) حيث جميع الأجزاء الخضراء في النباتات سواء السيقان، الأوراق والثمار غير الناضجة تحتوي على البلاستيدات الخضراء وتقوم بعملية البناء الضوئي. إلا أن الأوراق الخضراء هي المواقع الأساسية أو الرئيسية في هذه العملية، حيث هناك نصف مليون بلاستيدة خضراء في كل ١ مم من الورقة. اللون الأخضر للأوراق هو نتيجة لوجود صبغة الكلوروفيل الخضراء في البلاستيدات الخضراء. البلاستيدات الخضراء موجودة بصورة رئيسية في خلايا النسيج الوسطي (Mesophyll cells) حيث ينتشر ثاني أوكسيد الكربون ($CO_2$) ويخرج الأوكسجين ($O_2$) عن طريق الثغور (Stomata) أما الماء فيمتص عن طريق الجذور الماصة ويصل إلى الورقة عن طريق الخشب (Xylem) بينما يقوم اللحاء بنقل منتجات التمثيل الضوئي للأجزاء النباتية التي تحتاجها. تتم عملية البناء الضوئي كما في المعادلة التالية والتي توضح العلاقة بين مدخلات ومخرجات التمثيل الضوئي. تظهر أن جزيئات الأوكسجين الناتجة من عملية التمثيل الضوئي هي من الماء وليس من ثاني أوكسيد الكربون:

ويمكن تقسيم تفاعلات البناء الضوئي إلى قسمين:

**١- التفاعلات الضوئية (Light reactions):**

في هذه التفاعلات يتم تحويل الطاقة الشمسية (Solar energy) إلى طاقة كيميائية (Chemical energy) في أغشية الثايلكود (Thylakiod) الحاوية على صبغات الكلوروفيل، وهذه التفاعلات لاتحدث إلا بوجود الضوء. ناتج التفاعلات الضوئية هو انشطار الماء وتكون NADPH (Nicotinamide adenine dinucleotide phosphate) و ATP (Adenosine triphosphate) من خلال نظام النقل الالكتروني.

**نظام النقل الالكتروني: Electron Transport System (ETS)**

الطاقة الشمسية تتطلب مساهمة نظامين ضوئيين يطلق عليهما النظام الضوئي الأول (Photosystem I) والنظام الضوئي الثاني (Photosystem II) وكل منهما يحتوي على جزيئات من الصبغات التي تكون الجسيمات الجامعة للضوء. جزيئات الصبغات في الجسيمات الجامعة

عبارة عن جزيئات الكلوروفيل وأشباه الكاروتين. وتعد صبغة كلوروفيل (أ) مهمة لأنها مركز تفاعلات الضوء. تبدأ هذه العملية حينما تمتص الجسيمات في كل نظام ضوئي فوتونات الضوء المرئي والتي توجه الطاقة الضوئية إلى مركز التفاعل (Light reaction) وأن لجزيء كلوروفيل أ، كمركز تفاعل للنظام الضوئي الأول، امتصاص طيفي أقصى عند ٧٠٠ نانومتر، وبالتالي يُطلق عليها مركز ضوئي ٧٠٠ (P 700). كما أن لجزيئة كلوروفيل أ، كمركز تفاعل للنظام الضوئي الثاني، امتصاص طيفي أقصى عند طول موجي أقصر من الأول عند ٦٨٠ نانومتر وبالتالي يُطلق عليها مركز ضوئي ٦٨٠ (P 680). إن امتصاص مراكز التفاعل للأطياف الضوئية المحددة من شأنها إثارة الالكترونات والتعجيل في إنطلاقها من جزيئات الكلوروفيل حيث تصبح جزيئات الكلوروفيل مؤكسدة. وتقوم جزيئات مستقبلة باجتذاب تلك الالكترونات المنشطة بطاقة عالية والتي بدورها تقوم بإمرارها إلى نظام النقل الالكتروني (Electron Transport System, ETS) المرتبط بالغشاء البلازمي، وهناك مسارين للالكترونات خلال تفاعلات الضوء في عملية البناء الضوئي (٧، ٨، ١٠) هما:

### ١- النظام الالكتروني غير الدائري: The Noncyclic Electron System

في هذا المسار يُنتج ATP و NADPH وذلك نتيجة لامتصاص النظام الضوئي الثاني (P 680) الطاقة الشمسية مما يؤدي إلى تهيج وتنشيط الالكترونات التي تغادر جزيء الكلوروفيل المرتبط بالثايلكويد (يمكن تعويض الالكترونات المفقودة من هذا النظام من التحلل الضوئي للماء Photolysis حيث ينتج الأوكسجين والبروتونات كما في المعادلة التالية:

( $H_2O \rightarrow 2H^+ + 2e^- + ½\ O_2$ ) إلى مستقبل الالكترونات ومنه إلى نظام النقل الالكتروني (ETS) المكون من سلسلة من مركبات حاملة مرتبطة بالثايلكويد وبعضها جزيئات السايتوكروم، ثم تنتقل الالكترونات إلى البلاستوكينون (Pq) ومنها إلى السايتوكروم المعقد (شكل ٣-١). وأخيراً إلى بلاستوسيانين Plastocyanin (PC)، وبذلك تغادر الالكترونات هذا النظام بطاقة منخفضة وخلال مرور الالكترونات في نظام السايتوكروم تتم عملية تكوين ATP بالفسفرة الضوئية (Photophosphorylation) كما في المعادلة التالية:

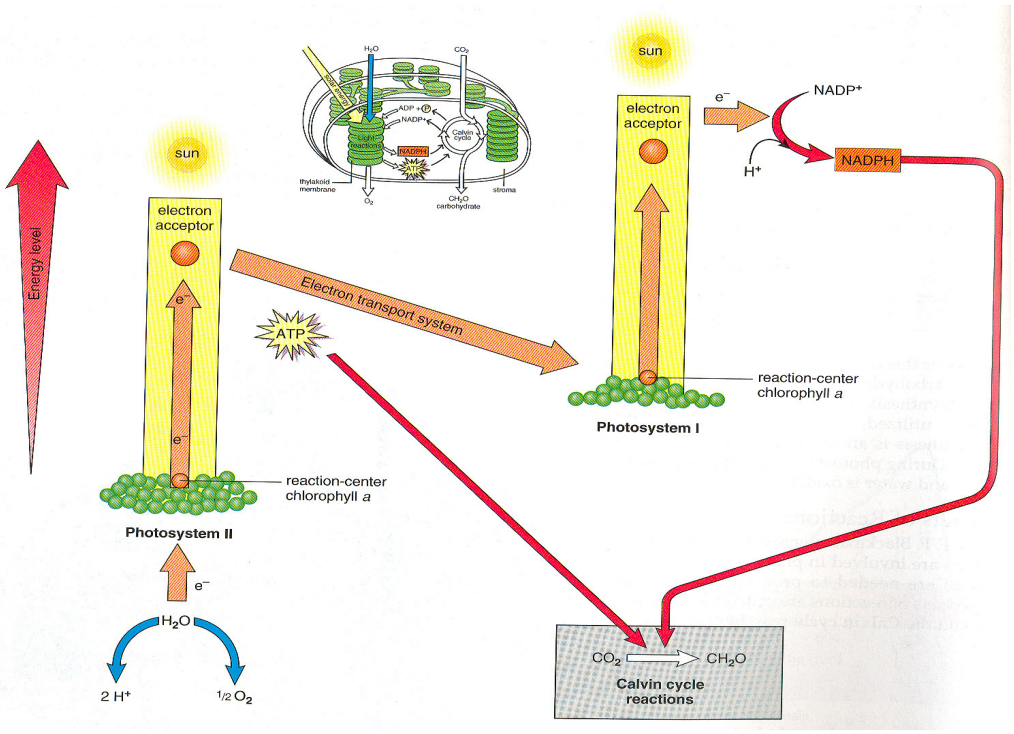
$$ADP + Pi + Energy \rightarrow ATP$$

ثم تنتقل الالكترونات إلى المركز الضوئي P 700 (Photosystem I) والذي ينشط الالكترونات ويرفع طاقتها إلى مستوى عالي حيث يستلمها المستقبل الأولي (Primary acceptor) والذي يقوم بتمريرها إلى الفيريدوكسين Ferredoxin (Fd) وهذا المعقد يسهل إمرار الالكترونات إلى المرافق الإنزيمي $NADP^+$ بواسطة إنزيم Flavoprotein ferredoxin – NADP reductase. وبالتالي تستكمل عملية مرور الالكترونات في الدورة المفتوحة حيث يُنتج ATP في نظام السايتوكروم المرتبط بأغشية الثايلكويد ويتكون الـ NADPH في نهاية المسار.

$$NADP^+ + [2e^- - 2H] \rightarrow NADPH + H^+$$

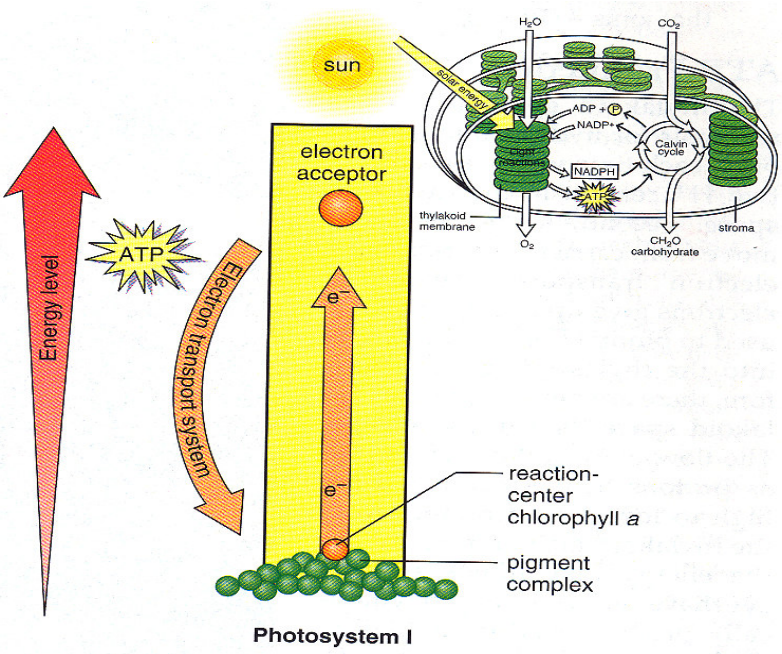
### ٢- النظام الالكتروني الدائري: The Cyclic Electron Pathway

يوجد النظام الالكتروني الثاني في جرانا البلاستيدات الخضراء ويستلم النظام الالكترونات من النظام الضوئي الأول P 700 والتي تعود ثانية إليه بعد دورة مغلقة حيث تنشط الالكترونات وترتفع طاقتها إلى مستوى عال تلتقط بعدها من المستقبل الأولي (PA) والذي ينقلها إلى الفيريدوكسين ثم للسايتوكروم ومنه إلى البلاستوسيانين (PC)، وخلال هذا النظام تنتج جزيئة ATP بعدها تعود الالكترونات ثانية إلى مركز التفاعل الضوئي الأول لتختزل جزيئات الكلوروفيل التي أُكسدت أول الأمر. وتعرف عملية إنتاج الـ ATP في الفسفرة الضوئية الدائرية (Cyclic Photophosphorylation) (٧، ٨، ١٠) شكل (٣-٢).




شكل (٣–١) النظام الالكتروني غير الدائري ( Non cyclic electron)

في التفاعلات الضوئية لانتاج الـ ATP (٨)



شكل (٣–٢) النظام الالكتروني الدائري (cyclic electron)

في التفاعلات الضوئية لإنتاج الـ ATP (٨)

وفيما يلي ملخصاً لمدخلات ووظائف ومخرجات التفاعلات الضوئية:

أ– المسار الالكتروني غير الدائري (١٠)

| المركب الداخل في التفاعل (Participants) | الوظيفة (Function) | النتائج (Results) |
|---|---|---|
| ١– الماء Water | تحلل الماء ضوئياً لإنتاج<br>الأوكسجين $O_2$<br>الهيدروجين $H^+$<br>الالكترونات (Electrons) | الأوكسجين يتحرر للجو الخارجي<br>يستقر في فراغ الثايلكود<br>تنتقل إلى النظام الضوئي II (Photosystem II) |
| ٢– النظام الضوئي II (Photosystem II) | أمتصاص الطاقة الشمسية | يجهز الالكترونات المنشطة أو المهيجة |
| ٣– نظام النقل الالكتروني Electron Transport System (ETS) | يجمع الـ $H^+$ | عمل تدرج كيميائي الكتروني |
| ٤– جزيئات $CF_1$ ($CF_1$ Particles) | السماح للـ $H^+$ بالإنسياب إلى الأسفل حسب التدرج | الفسفرة الضوئية (Phosphorylation) لإنتاج ATP |
| ٥– $NADP^+$ | المستقبل الأخير للالكترونات | يتحول إلى NADPH |

ب– المسار الالكتروني الدائري (١٠)

| المركب الداخل في التفاعل (Participants) | الوظيفة (Function) | النتائج (Results) |
|---|---|---|

| | | |
|---|---|---|
| ١- النظام الضوئي I (Photosystem I) | امتصاص الطاقة الشمسية | التجهيز بالالكترونات المنشطة أو المهيجة أو المشحونة. |
| ٢- نظام النقل الالكتروني (ETS) | تجميع الـ $H^+$ | عمل تدرج كيميائي الكتروني |
| ٣- جزيئة $CF_1$ ($CF_1$ particles) | السماح للـ $H^+$ بالانسياب إلى الأسفل حسب التدرج | الفسفرة لإنتاج الـ ATP |

**٢- تفاعلات $CO_2$ أو تفاعلات الظلام: (Dark Reaction)**

تفاعلات $CO_2$ لاتحتاج إلى الضوء المباشر وإنما تستخدم الـ NADPH والـ ATP الناتجة من التفاعلات الضوئية في عملية اختزال $CO_2$ لتكوين الكربوهيدرات في الدورة الثلاثية الكربون (دورة كلفن Calvin cycle). دورة كلفن يمكن أن تقسم إلى ثلاثة مراحل (٧، ٨):

١- المرحلة الأولى تثبيت ثاني أوكسيد الكربون ($CO_2$ fixation)

تبدأ الدورة (شكل ٣-٣) عند تفاعل المركب الخماسي Ribulose biphosphate (RUBP) بثاني أوكسيد الكربون بوجود إنزيم RuBP-carboxylase (Rubisco) مكون جزيئة من مركب سداسي الكربون غير ثابت لايلبث أن ينشطر إلى جزئيتين من ثلاثي الكربون هما الفوسفو كلايسيرت Phosphoglycerate (PGA)

$$RuBP + CO_2 \rightarrow [C_6] \rightarrow 2[3PGA]$$

٢- المرحلة الثانية اختزال $CO_2$: (Reduction of $CO_2$)

اختزال PGA إلى (G3P) (Glyceraldehyde 3-phosphate) وذلك باستخدام الـ NADPH والـ ATP كما في المعادلة التالية:

$$PGA \xrightarrow[ATP]{NADPH} G3P$$

٣- إعادة تكوين أو تخليق رابيوليز ثنائي الفوسفات: (Regeneration of RuBP)

في سلسلة معقدة من التفاعلات في دورة كلفن تستخدم ٥ جزيئات من (G3P) و ٣ جزيئات من الـ ATP لإنتاج ٣ جزيئات من (RuBP) كما في المعادلة التالية:

$$5G3P \longrightarrow 3RuBP$$

$$3ATP \quad 3ADP + P$$

الـ RuBP الآن جاهز للتفاعل مع $CO_2$ من جديد لاستمرار دورة كلفن.

ومن خلال دورة كلفن تتكون مركبات عديدة من سكروز ونشا وسليلوز .... إلـــــــــخ (شكل ٣-٣).

وفيما يلي ملخص التفاعلات غير الضوئية (Non light reaction):

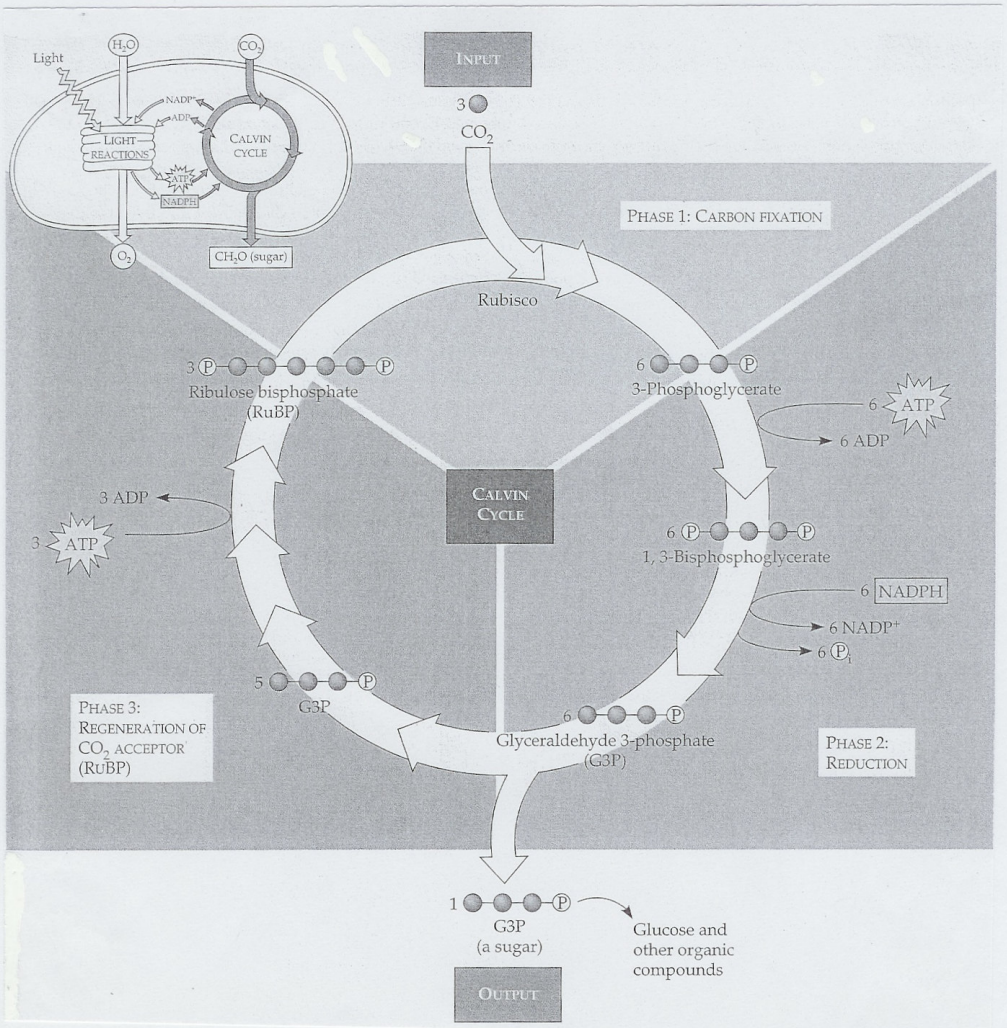
| المركب الداخل في التفاعل (Participant) | الوظيفة (Function) | النتائج (Results) |
|---|---|---|
| ١- رايبيولوز-ثنائي الفوسفات (RuBP) | امتصاص $CO_2$ | تثبيت $CO_2$ |
| ٢- ثاني أوكسيد الكربون $CO_2$ | تجهيز ذرات الكربون | الاختزال إلى $CH_2O$ |
| ٣- الأدينوسين ٣-الفوسفات (ATP) | توفير الطاقة اللازمة لاختزال وتخليق الـ (RuBP) | ADP + P |
| ٤- NADPH (القوة الاختزالية) | توفير الالكترونات لعملية الاختزال | $NADP^+$ |
| ٥- كلايسرالديهايد فوسفات (G3P) | الناتج النهائي للبناء الضوئي | يستخدم قسم لإنتاج مركبات عضوية والقسم الآخر لإنتاج RuBP لاستمرار الدورة. |

**ج- تأثير الضوء على النمو:**

يزداد نمو الأشجار عند تعرضها للأشعة الحمراء (٦٥٥ نونوميتر) والزرقاء (٤٤٠ نونوميتر) لأن امتصاص الضوء يكون على أشده في هذه المنطقتين مما ينتج عنه زيادة في عملية التمثيل الضوئي وبالتالي زيادة في كمية الكربوهيدرات المستخدمة في العمليات الحيوية مثل انقسام الخلايا وتوسعها وامتصاص العناصر الغذائية وتكوين البراعم الزهرية والزيادة في الطول وتكوين الأوراق.

**د- تأثير الضوء على التوازن الهرموني:**

للضوء دور أساسي في التوازن الهرموني في الأشجار، فأشجار النخيل النامية في الظل لاتزهر وقد يرجع السبب إلى أن أوراق النخيل لاتستطيع أن تمتص الضوء المنتشر وإنما الضـــــوء



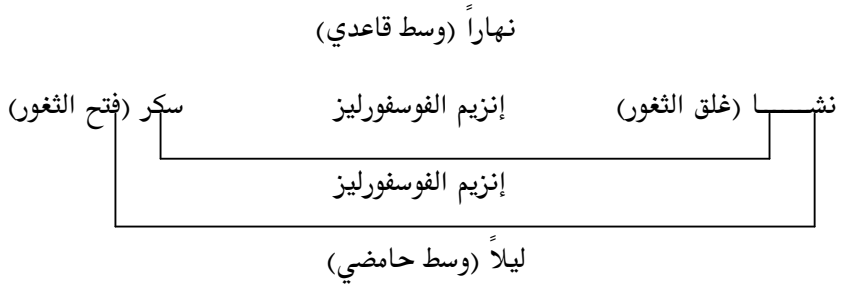

شكل (٣–٣) يوضح المراحل الثلاث لتفاعلات الكربون — ٣ ذرات من $CO_2$ تدخل الدورة لإنتاج جزئية من (G3P) وخلال هذه الدورة تستخدم ٩ ATP و ٦ جزيئات NADPH تحصل عليها من التفاعلات الضوئية (٨)

المباشر ولذا فإن عدم امتصاص الضوء المباشر قد لايحفز إفراز الهرمونات في شجرة النخيل وخاصة هرمون الأزهار Florigen مما ينتج عنه عدم الإزهار وبالتالي عدم الإثمار، ولذلك نلاحظ الأشجار النامية في الظل أو التي تصلها نسبة بسيطة من الضوء يكون إثمارها قليلاً أو معدوماً.

**هـ- تأثير الضوء على فتح وغلق الثغور:**

الضوء ضروري لفتح وغلق الثغور وقد يرجع ذلك إلى زيادة تركيز السكريات الناتجة من عملية التمثيل الضوئي في الخلايا الحارسة حيث وجد أن الخلايا الحارسة تحتوي على كلوروبلاست متطور وبذا تقوم بعملية البناء الضوئي، فعندما تشرق الشمس تقوم الخلايا الحارسة بعملية البناء الضوئي مما يؤدي إلى زيادة تركيز السكريات في الخلايا الحارسة مع انخفاض الجهد المائي مقارنة بالخلايا المساعدة وخلايا البشرة الأخرى مما يؤدي إلى تحرك الماء نتيجة لفرق الجهد المائي مابين الخلايا المساعدة والخلايا الحراسة فتفتح الثغور، أما عند حلول الظلام فينخفض تركيز السكريات في الخلايا الحارسة وينخفض الـ PH مما يشجع على تحويل السكريات إلى نشويات، وهذا يخلق معه فرق جهد مائي كبير فيتحرك الماء إلى خارج الخلايا الحارسة فتغلق الثغور، كما وجد أن الضوء يحفز التحرك النشط لأيون $K^+$ من الخلايا المحيطة إلى الخلايا الحارسة مصحوباً بأنيون $Cl^-$ وتحلل النشا إلى ملات وتكوين ملات البوتاسيوم الأحادية أو الثنائية وخروج البروتون من الخلايا الحارسة إلى الخلايا المساعدة مما ينتج عنه ازدياد الذائبات في الخلايا الحارسة وخلق جهد مائي منخفض مقارنة بالخلايا المساعدة مما يدفع الماء لدخول الخلايا الحارسة وانتفاخها وفتح الثغور ويحدث العكس عند حلول الظلام.

ويمكن تلخيص تأثير الضوء على فتح وغلق الثغور بالمعادلة التالية:



وهذا يجعلنا ندرك أن زراعة نخلة التمر في الظل قد لايجعل نموها طبيعياً حتى في أشد الصحاري حرارة، وذلك لأن سعفها الأخضر ليس لـــــــه المقدرة على امتصاص الضوء المنتشر وإنما أشعة الشمس المباشرة. المناطق التي تكثر فيها الغيوم لاتصلح لزراعة أشجار النخيل (١). النمو الطبيعي الذي تدل عليه استطالة القلبة يحدث غالباً في الفترة مابين غروب الشمس وشروقها كما تنمو النخلة بصورة بطيئة نهاراً عند انحجاب أشعة الشمس بسبب الغيوم ويتوقف نمو السعف تماماً عند تعرضها للأشعة القصيرة التي تبدأ من اللون البنفسجي وتنتهي بالأصفر، أما الموجات الطويلة فتساعد على النمو وزيادة عملية التمثيل الضوئي، ولذلك يحدث معظم نمو أشجار النخيل أثناء الليل أي مابين غروب الشمس وشروقها (٤، ٢، ٥).

## رابعاً: الرياح: Wind

لاتؤثر الرياح على شجرة النخيل النامية بصورة طبيعية، لأن تركيب أجزاء النخلة يساعد على مقاومة العواصف الشديدة، فالجذور متعمقة في الأرض ومنتشرة لمسافات كبيرة والجذع مرن وقوي ومتين والسعف لاتؤثر فيه الرياح الشديدة إذا كان سليماً، العواصف الشديدة قد تسبب سقوط أشجار النخيل في الحالات التالية:

١- إذا كانت الشجرة ضعيفة.

٢- إذا كانت الشجرة مصابة بحفار الساق أو سوسة النخيل.

٣- إذا أزيلت الفسائل دفعة واحدة من حول النخلة الأم.

٤- إذا استخدمت طريقة الري بالتنقيط منذ إنشاء البستان، لأن هذه الطريقة تحدد نمو الجذور بالطبقة السطحية فقط.

تسبب الرياح الشديدة أضراراً كبيرة لثمار التمر في مراحل النمو الأولى، فقد يتساقط قسماً منها، وقد تصطدم الثمار بالسعف مما ينتج عنه بقع سوداء على الثمار. أما عند حدوث العواصف الرملية في وقت الإرطاب أو التمر فتسبب خسائر اقتصادية كبيرة، إذ تلتصق الرمال بالثمار فتنخفض قيمتها الاقتصادية.

هبوب الرياح في وقت التلقيح يفسد عملية التلقيح، لأنها قد تزيل حبوب اللقاح من الأزهار الأنثوية مما يجعل الثمار الناتجة رديئة النوعية وتعرف بالشيص.

هبوب الرياح الحارة الجافة في وقت نضج الثمار يزيد نسبة العاهة المسماة أبو خشيم، وهي جفاف النصف القريب من القمع وبقاء النصف الآخر شبه لين، كما في ثمار الحلاوي. أما عند هبوب الرياح الرطبة فيكون التمر الحلاوي ليناً ودبقاً، كما يحدث في مدينة البصرة عند هبوب الرياح الشرقية المارة على الخليج العربي (١). كما تسبب الرياح القوية الجافة اختلال عملية التوازن المائي نتيجة لزيادة سرعة عملية النتح على عملية الامتصاص مما قد ينتج عنه غلق الثغور وانخفاض عملية البناء الضوئي وبالتالي رداءة الثمار وتساقطها وقلة الحاصل. الرياح الجافة الحارة قد تسبب ظاهرة أبو خشيم (Abu-Khashiem) وهذه الظاهرة تعتبر من الظواهر التي قد تصل خسائرها إلى ٦٠٪ من الحاصل.

كما يحدث المقطع الثلمي أو الجانبي (V-cuts and crosscuts) في العرق الوسطي (الجريد) للأوراق نتيجة لضرر ميكانيكي عند هبوب الرياح الشديدة وتحريك الأوراق الحديثة مما ينتج عنه جروحاً بسيطة في حافة العرق الوسطي وعند اكتمال نمو الورقة والسعفة، تصبح هذه الجروح ثلمة أو قطعاً كبيراً على جانب العرق الوسطي.

انقصاف أو كسر العرجون أو الحامل الزهري يحدث نتيجة لتكسر الحزم الوعائية الداخلية للحامل الزهري في مراحل النمو الأولى مما ينتج عنه حز بسيط أو قطع كامل للعرجون، وهذا يتسبب في ذبول وجفاف الثمار وتحولها إلى حشف (١، ٦).

## المراجع:


١- البكر، عبد الجبار ١٩٨٢: نخلة التمر، الطبعة الثانية – مطبعة الوطن – بيروت صفحة ١٠٨٥.

٢- بربندي، عبد الرحمن، صلاح الدين كردي وعوض محمد عثمان ٢٠٠٠: النخيل تقنيات وآفاق، شبكة بحوث وتطوير النخيل – المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة – جامعة الدول العربية – صفحة ٢٨٦.

٣- حسين، فتحي ومحمد القحطاني ويوسف والي ١٩٧٩: زراعة النخيل وإنتاج التمور في العالمين العربي والإسلامي – مطبعة عين شمس – القاهرة – مصر.

٤- خليفة، ظاهر ومحمد زيني، جوانر ومحمد إبراهيم السالم ١٩٨٣: النخيل والتمور بالمملكة العربية السعودية – إدارة الأبحاث الزراعية – وزارة الزراعة والمياه – المملكة العربية السعودية – صفحة ٣٤٥.

٥- شبانه، حسن ١٩٨٨: خلفية تاريخية عن أصل وزراعة النخيل – ندوة إكثار ورعاية النخيل في الوطن العربي – المنظمة العربية للتنمية الزراعية – الإمارات العربية – العين: ٥ – ١٠ سبتمبر.

٦- مكي، محمود بن عبد النبي، أحمد محمد حموده وعلي بن سالم العبري ١٩٩٨: علم بساتين الفاكهة – الجزء الثاني – نخلة التمر– ديوان البلاط السلطاني – سلطنة عمان – المجلد الأول – المديرية العامة للزراعة والبيطرة.

٧- ياسين، بسام طه ٢٠٠١: أساسيات فسيولوجيا النبات – جامعة قطر – مطبعة دار الشرق – ص ٦٣٤.

8- Campbell, N.A., J.B. Reece and L.G. Mitchell, 1999: Biology, pp 1175. Addison. Wesley.

9- Dowson, V.H.W. 1982: Date production and protection, FAO. Plant production and protection. Paper No. 35.

10- Mader, S.S. 1990. Biology. Third Ed. pp 796. W.M.C. Brown publishers.

11- Modgson, R.W. 1934. Note on the frost resistance of the date palm, Date Growers' Inst., Rpt, No. 11.

12- Mason, S.C. 1925. The inhibitive effect of direct sun light on the growth of the date palm, J., Ag. Res. 31: 455-468.

13- Mason, S.C. 1925. The minimum temperature for growth of the date palm and the absence of a resting period J., Ag – Res. 31: 0, 401 – 414.

14- Nixon, R.W. 1937. The freeze of January, 1937, A discussion. Date growers' Inst., Rpt. No. 14:19 – 23.

15- Nixon, R.W. 1942: Rain and high humidity tolerance of commercial date varieties. Date Growers' Inst., Rpt. No., 19: 12-13.

16- Nioxon, R.W. 1950: Samposium on 1949 – 50 frost damage to date palms. Date Growers' Inst., Rpt. No: 27:33-34.

17- Swingle, W.T., 1904: The date palm and its utilization in the South Western State. U.S. Bur. Plant Indus. Bul. 53-155 p.

18- Zaid A. and E.J. Arias – JiméneZ. 1999: Date Palm Cultivation. FOA. Rome. Paper number 156.