

النمو والتطور

مراحل النمو الخضري لنبات البصل

يمر نبات البصل أثناء نموه من وقت زراعة البذرة حتى اكتمال نضج وتكوين الأبصال بالمراحل التالية:

مرحلة النمو	عدد الأيام من زراعة البذرة حتى مرحلة النمو بالتقريب
١ - البذرة	صفر
٢ - بزوع الجذير	١٥-١٠
٣ - مراحل تكوين العقدة Loop أو الركبة Knee (وعدها ٣ مراحل)	٣٠-١٥
٤ - مرحلة العلم Flag stage	٤٠-٣٠
٥ - مرحلة نمو الورقة الحقيقية الأولى إلى الثانية	٥٠-٤٠
٦ - مرحلة نمو الورقة الحقيقية الثالثة إلى الرابعة	٦٠-٥٠
٧ - مرحلة تكوين أبصال ظاهرة	٩٠-٧٠
٨ - بداية مرحلة النضج	١٦٠-١٣٠
٩ - اكتمال مرحلة النضج	١٨٠-١٥٠

ويعتبر النبات قد أكمل مرحلة تكوين الأبصال الظاهرة عندما يكون قطر البصلة قد بلغ ضعف قطر عنق النبات، كما يكون النبات في بداية مرحلة النضج عندما يتوقف تكوين ونمو أوراق جديدة. أما مرحلة اكتمال النضج فيصل إليها النبات عندما تميل أوراقه نحو الأرض.

إنبات البنور

تأثير العوامل السابقة للحصاد على حيوية البذور

تقل نسبة إنبات البذور التي تحصد قبل أسبوعين من نضجها، مقارنة بالبذور الناضجة.

وتعطى البذور التى أنتجتها نباتات كانت نامية فى حرارة يزيد متوسطها عن ١٨م نسبة أعلى من الإنبات وبادات أكبر حجماً، مقارنة بتلك التى أنتجتها نباتات كانت نامية فى حرارة أقل من ذلك، حتى مع تساوى البذور وأجنتها فى الحجم.

تأثير ظروف التخزين على حيوية للبذور

تفقد بذور البصل المخزنة حيويتها بسرعة كبيرة مقارنة ببذور المحاصيل الأخرى. وتنخفض نسبة الإنبات إلى الصفر بعد التخزين لمدة خمس سنوات على حرارة ١٨م فى أوعية غير محكمة الإغلاق. ويعمل التخزين فى أوعية محكمة الإغلاق وفى رطوبة منخفضة على زيادة فترة احتفاظ البذور بحيويتها، وخاصة إذا أضيف النيتروجين، أو الأرجون، أو ثانى أكسيد الكربون بدلاً من الهواء فى داخل العبوة. ويكون فقد البذور لحيويتها أسرع فى الأكسجين النقى عنه فى الهواء.

ويمكن التعبير الكمي عن العلاقة بين معدل فقد البذور لحيويتها وكل من: درجة حرارة التخزين، ونسبة الرطوبة فى البذور - فى مدى يتراوح بين ٥% و ١٨% - بالمعادلتين التاليتين:

* المعادلة الأولى:

$$\log_{10} \bar{P} = 4.906 - 0.107m - 0.055t$$

حيث إن :

$\bar{P}$ = متوسط الوقت حتى فقد ٥٠% من البذور لحيويتها.

d = الوقت حتى فقد ٥٠% من البذور لحيويتها.

m = نسبة الرطوبة فى البذور على أساس الوزن الطازج.

t = حرارة التخزين بالمئوى.

* المعادلة الثانية:

$$\bar{v} = 0.486\bar{P}$$

حيث إن :

$\bar{v}$ = الانحراف القياسى لتوزيع موت البذور فى الوقت d (حتى فقد ٥٠% من البذور لحيويتها).

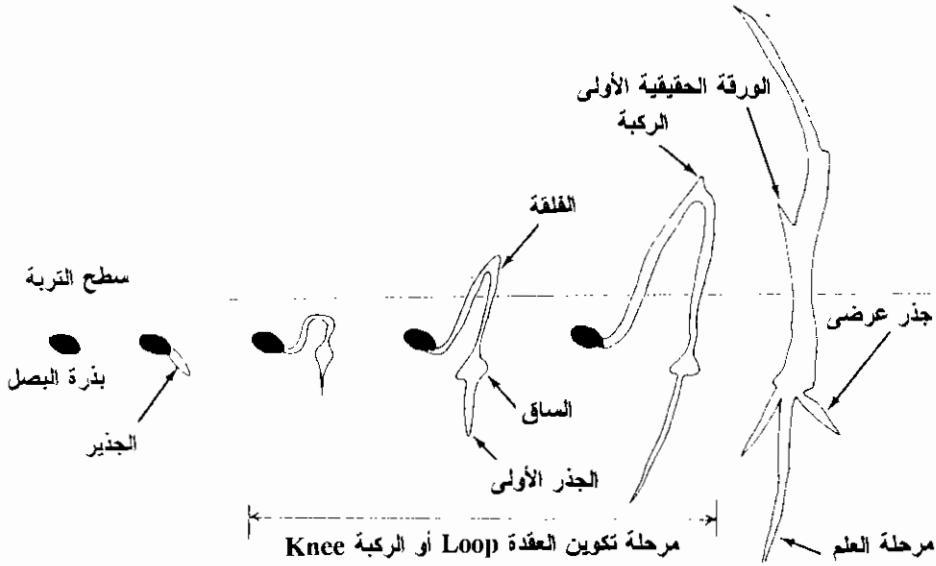
يدل الثابت ٤,٩٠٦ فى المعادلة الأولى على القدرة النظرية المحتملة للبذور على التخزين، وهو أقل مما فى المحاصيل الأخرى التى درست. وأما الثابت ٠,٤٨٦ فى المعادلة الثانية فإنه أعلى مما فى المحاصيل الأخرى؛ وهو ما يعنى اختلاف البذور فى حيويتها وفى سرعة فقدائها لحيويتها مع الوقت. ويتساوى الثابت ٠,١٠٧ فى المعادلة الأولى مع الثابت المماثل الذى وجد فى محاصيل أخرى غير البصل، ولكن نظراً لأن بذور البصل لا تحتفظ بحيويتها لفترة طويلة؛ لذا .. فإن مزايا خفض نسبة رطوبة البذور وتخزينها فى حرارة منخفضة تكون واضحة. وعندما تحتوى البذور على رطوبة أعلى من ١٨٪ فإنها لا تفقد حيويتها بالسرعة التى تتنبأ بها المعادلة الأولى. فمثلاً .. وجد أن معدل فقد بذور البصل لحيويتها كان أقل فى البذور التى احتوت على ٢٠٪ أو ٢٥٪ رطوبة مقارنة بتلك التى احتوت على ١٥٪ رطوبة. ويرجع ذلك إلى ازدياد النشاط الخلوى فى عمليات الإصلاح repair processes عند زيادة نسبة الرطوبة فى البذور إلى ٢٠٪ أو ٢٥٪. ويكون هذا التأثير لرطوبة البذور أكثر وضوحاً فى لوطات البذور التى تنخفض فيها نسبة الإنبات منذ البداية (Brewster ١٩٩٠).

مراحل الإنبات

يمر إنبات البذور بمراحل: بزوغ الجذير، وتكوين العقدة أو الركبة، والعلم، وهى المراحل التى أسلفنا الإشارة إليها. ويوضح شكل (٦-١) تلك المراحل، وبداية المرحلة الخامسة التى يبدأ فيها نمو الورقتين الحقيقيتين الأولى والثانية (عن Voss ١٩٧٩).

تأثير درجة الحرارة والرطوبة الأرضية على إنبات البذور

يتأثر إنبات بذور البصل بكل من درجة حرارة التربة ومحتواها الرطوبى، وحدث أسرع إنبات - بمتوسط تراوح بين ٦ و ١١ يوماً - فى مجال حرارى تراوح بين ١٥ و ٢٥°م، ونسبة رطوبة أرضية تراوحت بين ٧٠٪ و ٨٠٪. وعندما انخفضت الرطوبة الأرضية إلى ٣٠٪ أدت الحرارة المنخفضة (١٠°م)، والمرتفعة (٢٥°م) إلى تقليل نسبة الإنبات، مقارنة بالحرارة المعتدلة ١٥، و ٢٠°م، بينما كان إنبات البذور عالياً (٩٠٪ على الأقل) عندما كانت الرطوبة الأرضية عالية (بين ٤٠٪ و ٨٠٪)، سواء أكانت الحرارة ١٠ أو ١٥ أو ٢٠°م. كذلك كانت نسبة إنبات البذور عالية فى حرارة ٢٥°م عندما تراوحت الرطوبة الأرضية بين ٦٠٪ و ٨٠٪ (Kretschmer ١٩٩٤).



شكل (٦-١) : المراحل الأربعة الأولى لنمو نبات البصل حتى بداية تكوين الورقة الحقيقية الأولى.

وعندما تكون درجة الحرارة ثابتة مع توفر الرطوبة الأرضية فإن بنور البصل يلزمها ٢١٩ يوماً حرارياً day-degrees أعلى من درجة حرارة أساس مقدارها ١,٤م لكي تصل إلى المرحلة التي تكون فيها فلفات ٥٠٪ من البنور مستقيمة (أي أنبتت وتخطت مرحلة التواء الفلقة على شكل ركلة Knee إلى انفراجها في خط مستقيم). وتحسب الأيام الحرارية بجمع عدد الساعات التي تمر وتكون فيها درجة الحرارة أعلى من ١,٤م مضروباً في عدد درجات الحرارة الأعلى من ١,٤م في كل ساعة منها. وعلى الرغم من تساوى البصل مع عديد من خضروات المواسم الباردة الأخرى - كالصليبيات - في درجة حرارة الأساس تلك، إلا أنه يلزمه عدد أكبر من الأيام الحرارية لاستكمال إنباته عنها؛ فهو يحتاج - مثلاً - إلى ضعف عدد الأيام الحرارية التي تلزم الكرنب.

ويكون ارتباط بادرات البصل - خلال فصل الشتاء - بدرجة الحرارة حسب المعادلة التالية:

$$\log_e W = -6.086 + 0.01114D$$

حيث إن:

W = الوزن الجاف للنباتات الهوائية بالجرام.

D = الأيام الحرارية المتراكمة بين ٦ و ٢٠م ابتداء من وقت بزوغ ٥٠٪ من البادرات.

ويستخدم في حساب الوقت اللازم لإنبات ٥٠٪ من البذور - عند توفر الرطوبة الأرضية - المعادلة التالية:

مقلوب الفترة حتى ٥٠٪ إنبات = $0.01 - 0.00713 \times$ (متوسط درجة حرارة الهواء °م).

وتتسق هذه المعادلة مع الحاجة إلى ١٤٠ يوماً حرارياً في حرارة أعلى من ١٠,٤°م لاستكمال ٥٠٪ إنبات، ولكن الإنبات هنا يحسب بمجرد بزوغ البادرة من التربة.

وعند نقص الرطوبة الأرضية فإن العلاقة بين درجة الحرارة والوقت الذي يلزم لاستكمال الإنبات تضعف كثيراً (عن Brewster ١٩٩٠).

حدود تحمل بادرات البصل لحرارة التجمد

تتجمد بذور البصل النابتة إذا تعرضت لحرارة -٦,٥°م، ويرجع ذلك غالباً إلى تكوين البلورات الثلجية داخل خلايا الجنير الذي يكون بطول حوالي ٠,٥ سم. وإذا وضعت البذور النابتة في ماء مقطر بعد تعريضها لحرارة -٦,٥°م تزداد قدرة الماء على التوصيل الكهربائي؛ مما يدل على حدوث تسرب أيوني من خلال الأغشية. وعلى الرغم من أن وضع البذور المتشربة بالماء في ماء مقطر بعد تعريضها لحرارة -٦,٥°م لا يؤدي إلى زيادة درجة التوصيل الكهربائي للماء المقطر، إلا أن زيادة فترة التعرض لهذه الدرجة المنخفضة لمدة أربعة أيام يؤدي إلى نقص حيويتها (عن Brewster ١٩٩٠).

وتؤدي أقلمة البادرات على حرارة ١°م قبل تعريضها للصقيع إلى جعلها: أقوى نمواً عقب انتهاء فترة تعرضها للصقيع - عما لو كانت أقلمتها على ٣°م - وأقوى نمواً بدرجة أكبر عما لو كانت أقلمتها على ٥°م. كذلك ازدادت قدرة النباتات على تحمل التجمد بزيادة فترة أقلمتها حتى ثلاثة أسابيع، وهي أقصى فترة أقلمة تم اختبارها. وكانت الاستجابة لعملية الأقلمة - في صورة ازدياد القدرة على تحمل الصقيع - أكبر في النباتات التي أقلمت وهي بعمر ١٢ أسبوعاً عما لو كانت أقلمتها وهي بعمر ٦ أسابيع. وقد ازدادت نسبة السكريات الذائبة من ١١-١٣٪ - حسب الصنف - قبل الأقلمة إلى ٢٣-٣١٪ بعدها، وذلك على أساس الوزن الجاف.

وفي دراسة أخرى تحملت جميع النباتات حرارة -٦°م وماتت جميعها في حرارة -١٤°م. وبلغت الحرارة التي أدت إلى موت ٥٠٪ من النباتات -١٠,٥°م عند عمر ٧٤ يوماً، و-١٠,٨°م عند عمر ٩٠ يوماً، و-٨,٧°م عند عمر ٥٨ يوماً (عن Brewster ١٩٩٠).

النمو الخضري

سرعة نمو البصل مقارنة بالمحاصيل الأخرى

يعتبر البصل من المحاصيل ذات البادرات البطيئة النمو، حتى ولو قورن بمحاصيل الخضر الأخرى التي تعرف ببطء نموها - مثل الجزر والكرفس والبنجر - ولكنه يعد أسرع نموًا من بعض محاصيل الخضر الثومية الأخرى، ويتبين ذلك من مقارنة النمو النسبي لبادرات البصل - التي أعطيت معدل نمو واحد صحيح - بالمحاصيل الأخرى، كما يلي (عن Brewster ١٩٩٤).

المحصول	معدل النمو النسبي مقارنة بالبصل
الكرنب	١,٩٦
الخس	١,٩١
كرنب بروكسل	١,٦٩
القنبيط	١,٥٦
الجزر	١,٤١
الكرفس	١,٣٧
بنجر المائدة	١,٣٤
البصل	١,٠٠
البصل الياباني الأخضر <i>Allium fistulosum</i>	٠,٨٥
الكرات أبو شوشة <i>Allium ampeloprasum</i>	٠,٨٣
الشيف <i>Allium schoenoprasum</i>	٠,٧٣

كذلك وجد Tei وآخرون (١٩٩٦) انخفاضًا في معدل النمو النسبي للبصل - في مراحل النمو الأولى - مقارنة بكل من الخس وبنجر المائدة، وأرجعوا ذلك إلى انخفاض قدرة البصل على استقبال الضوء الساقط من الشمس لكل وحدة مساحة من الورقة، وإلى ضعف كفاءته في الاستفادة من الضوء الذي يستقبله. وعلى الرغم من ذلك، فإن البصل ينتج كمية ضخمة من المادة الجافة؛ بسبب تجانس توزيع الإشعاع الشمسي على النموات الخضرية، وتوقف النمو الورقي مبكرًا، وانخفاض معدل التنفس في الأبصال.

طريقة حساب مساحة الورقة

وجد Gamiely وآخرون (١٩٩١) أن أفضل معادلة لحساب مساحة أوراق البصل - الأنبوبية الشكل - هي كما يلي:

$$A = -93.1 + 1.83L + 38.6C_{25}$$

حيث إن:

A = مساحة الورقة.

L = طول الورقة .

C₂₅ = محيط الورقة على مسافة ٢٥٪ من قاعدتها.

كانت تلك هي أفضل معادلة توصل إليها الباحثون بعد دراستهم لعدة متغيرات كما هو مبين في جدول (١-٦).

جدول (١-٦) : ارتباطات مساحة ورقة البصل المحسوبة عملياً مع المساحة المقدرة باستخدام المعادلات الإحصائية.

المُغير ^(١)	المعادلة ^(ب)	R ²	MES
الطول (L)	$A = -105.5 + 4.71 L^{**}$	** ٠,٩٢	٣٣,١
C ₂₅	$A = -73.3 + 60.3 C_{25}^{NS}$	** ٠,٩٥	٢٦,٥
C ₅₀	$A = -122.6 + 102.2 C_{50}^{NS}$	** ٠,٨٨	٤٠,٢
C ₇₅	$A = -182.3 + 193.2 C_{75}^{NS}$	** ٠,٧٧	٥٦,٣
L + C ₂₅	$A = -93.1 + 1.83 L + 38.6 C_{25}^{**}$	** ٠,٩٦	٢٢,٤

أ - محيط الورقة على مسافة ٢٥٪ (C₂₅)، و ٥٠٪ (C₅₀)، و ٧٥٪ (C₇₅) من قاعدتها.

ب - NS، و ** = غير جوهرية، وجوهرية جداً عند مستوى احتمال $\leq ٠,٠١$ على التوالي.

ويلاحظ من الجدول أن الاعتماد على طول الورقة فقط، أو على محيطها على مسافة ٢٥٪ من قاعدتها أعطيا - كذلك - ارتباطاً عالياً مع مساحة الورقة.

تأثير ملوحة التربة

يقتصر امتصاص جذور البصل للماء على الـ ٢٥ سنتيمتراً السطحية من التربة بسبب عدم

تعمق جذور البصل فيها. ويبلغ أعلى ضغط انتفاخي (TP) Turger Pressure في أوراق البصل ٠,٤ ميجال باسكال MPa، وهى قيمة منخفضة مقارنة بالأنواع المحصولية الأخرى، والتي قد يصل فيها الـ TP إلى ١,٠ ميجا باسكال. وتقل درجة توصيل ثغور البصل بسرعة مع انخفاض الـ TP في الأوراق من ٠,١٥ إلى ٠,٠٥، علماً بأن سرعة انخفاض توصيل الثغور في البصل تبلغ ثلاثة أضعاف سرعة انخفاضها في محصول مثل الفاصوليا في نفس المدى من الـ TP. ولذا .. تنخفض معدلات النتج والبناء الضوئى بشدة مع هذا الانخفاض فى الـ TP. كذلك ينخفض معدل نمو الأوراق خطياً مع انخفاض الـ TP من ٠,٢٥ إلى ٠,٠٧٥ ميجال باسكال.

وعند تعرض جذور البصل لملوحة عالية فإن النباتات تستجيب لزيادة الضغط الأسموزى فى بيئة الجذور بزيادة الضغط الأسموزى بالأوراق بمقدار النصف فقط؛ ولذا .. ينخفض الـ TP فى الظروف الملحية - على خلاف ما يحدث فى محاصيل أخرى - ويحدث نقص ملموس فى معدل البناء الضوئى، ومعدل نمو الأوراق، وبالتالي فى معدل نمو المحصول. وقد وجد أن النمو يقل بمقدار ٥٠٪ بزيادة الضغط الأسموزى للمحلول الملحى (محلول كلوريد الصوديوم) فى بيئة نمو الجنور إلى ٠,١٢٥ ميجال باسكال، بينما تطلب حدوث نقص مماثل فى النمو فى محاصيل مثل الكرنب، والخس، والفاصوليا زيادة الضغط الأسموزى للمحلول الملحى إلى ٠,٤ ميجال باسكال (عن Brewster ١٩٩٤).

تأثير درجة الحرارة

يزداد معدل النمو النسبى Relative Growth Rate لبادرات البصل لوغاريتمياً - تقريباً - فى مدى حرارى يتراوح بين ١٠ و ١٩م°، ويصل إلى أعلى مستوى له فى حرارة ٢٣-٢٧م°، ثم ينخفض ثانية عند ٣١م°. كذلك تزداد الكفاءة التمثيلية Net Assimilation Rate ونسبه المساحة الورقية Leaf Area Ratio بين ١٠ و ١٩م°، ويسهم ذلك فى ازدياد معدل النمو النسبى. وفى درجات الحرارة الأعلى من ذلك يستمر دليل المساحة الورقية Leaf Area Index فى الازدياد حتى ٢٧م°، بينما تنخفض الكفاءة التمثيلية.

هذا ويكون معدل النمو النسبى والكفاءة التمثيلية أعلى فى البصل عنها فى الكرات أبو شوشة والبصل الأخضر اليابانى.

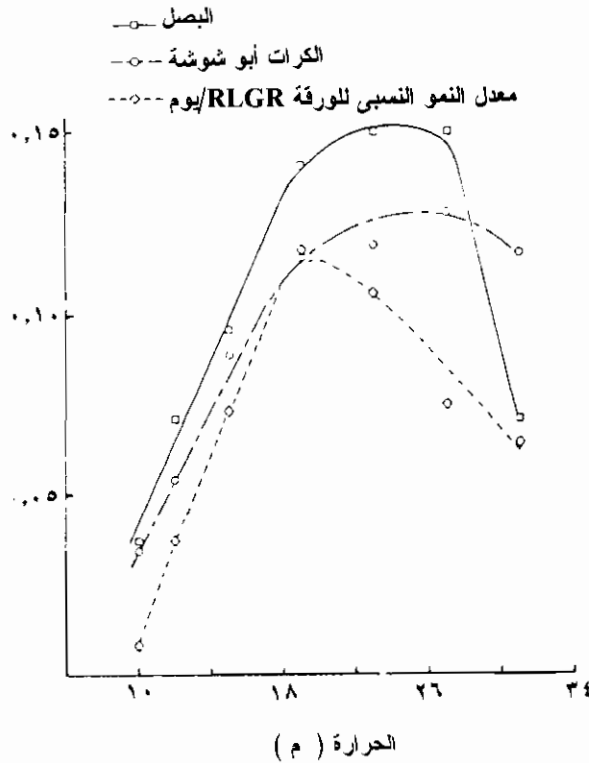
ويعتمد معدل نمو أوراق البصل كثيراً على درجة الحرارة، ويوضح شكل (٦-٢) تلك العلاقة فى البصل، والكرات أبو شوشة، والبصل الأخضر اليابانى. يتبين من الشكل ازدياد معدل النمو

النسبي للورقة Relative Leaf Growth Rate (اختصاراً: RLGR) خطياً في مدى حرارى يتراوح بين ٦ و ٢٠م، ويمكن التعبير عن ذلك بالمعادلة التالية:

$$RLGR = 0.018 (T-6)$$

حيث إن RLGR هي معدل النمو النسبي للورقة على أساس يومي، و T هي الحرارة بالدرجة المئوية، و ٦ تمثل درجة حرارة الأساس التي يتوقف عندها أو دونها نمو الورقة.

وإذا لم يتعد متوسط الحرارة المدى المناسب، وهو ٢٧م - كما يظهر في الشكل - فإن المعادلة السابقة تعنى ببساطة أن نمو الورقة يرتبط بعدد الأيام الحرارية المتجمعة بين ٦ و ٢٠م.



شكل (٦-٢): العلاقة بين معدل النمو النسبي للورقة (RLGR) ودرجة الحرارة في كل من البصل، والكراث أبو شوشة، والبصل الياباني في مرحلة غو البادرات تحت ظروف إضاءة شدتها ٦٠٠ ميكرومول umol/سم²/ثانية، ولمدة ١٢ ساعة يومياً.

فإذا علمنا أن فلفة البصل الممتدة (المستقيمة) تبلغ مساحتها (كما تقدر لأحد جانبيها المسطحين) ٠,٥ سم²، فإن المساحة الورقية لنبات من البصل نما لفترة بعد إنباته يمكن التنبؤ بها من المعادلة التالية:

$$\text{لوغاريتم المساحة الورقية للأساس } e = \text{لوغاريتم } ٠,٥ \text{ للأساس } DD \times ٠,٠١٠٨ + e$$

حيث إن المساحة الورقية تمثل أحد الجوانب المسطحة للورقة بالسنتيمتر المربع، والـ DD هي مجموع عدد الأيام الحرارية - بين ٦ و ٢٢ م - المتجمعة منذ الإنبات.

تأثير شدة الإشعاع الشمسي

وجد أن معدل النمو النسبي Relative Growth Rate والكفاءة التمثيلية Net Assimilation Rate يزدادان، بينما تنخفض نسبة المساحة الورقية Leaf Area Ratio، ونسبة وزن الورقة Leaf Weigh Ratio، والمساحة الورقية الخاصة Specific Leaf Area بزيادة شدة الإضاءة. ومع انخفاض شدة الإضاءة تزداد نسبة طول نصل الورقة إلى عرضها. ولذا .. فإن استمرار النمو تحت ظروف المنافسة يقلل معدل النمو مع نقص شدة الإضاءة.

تأثير ثاني أكسيد الكربون

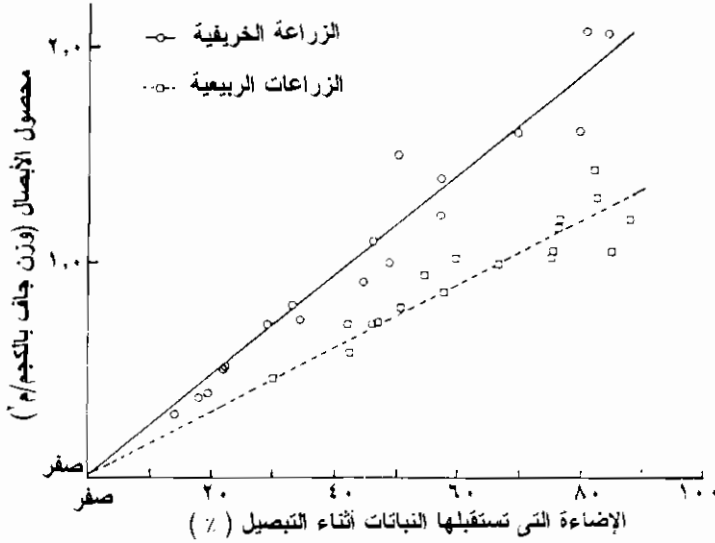
وجد أن نباتات البصل كانت أكثر قدرة على الاستفادة من الأشعة الشمسية الساقطة عليها عندما زيد تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون (داخل أنفاق بلاستيكية حقنية زرع فيها البصل) من ٣٧٤ إلى ٥٣٢ جزءاً في المليون، وذلك حتى بداية التبصيل، ولكن هذا التأثير لزيادة تركيز الغاز تلاشى في مراحل النمو التالية. وقد ترتب على زيادة قدرة النباتات على الاستفادة من الأشعة الشمسية زيادة في وزنها الجاف عند مرحلة التبصيل بمقدار ٣٢-٤٤٪، وزيادة محصول الأبصال بنسبة ٢٩-٣٧٪ في الصنف هيسم Hysam، وبنسبة ٣٥-٥١٪ في الصنف سيتو Sito، نتيجة لزيادة تركيز الغاز (Daymond وآخرون ١٩٩٧).

تأثير دليل المساحة الورقية

يتوقف المحصول المنتج - بشدة - على نسبة الإشعاع الشمسي الذي تستقبله النموات الخضرية عند تكوين الأبصال (شكل ٦-٣). ويبين شكل (٦-٤) العلاقة بين دليل المساحة الورقية Leaf Area Index (اختصاراً: LAI) - وهي المساحة الورقية لكل وحدة مساحة من

الحقل - ونسبة الإشعاع الشمسي الذي تستقبله النموات الخضرية (1%)، وعبر عن هذه العلاقة بالمعادلة التالية:

$$I\% = 85.4 - 85.4 [\exp(-0.377)]$$

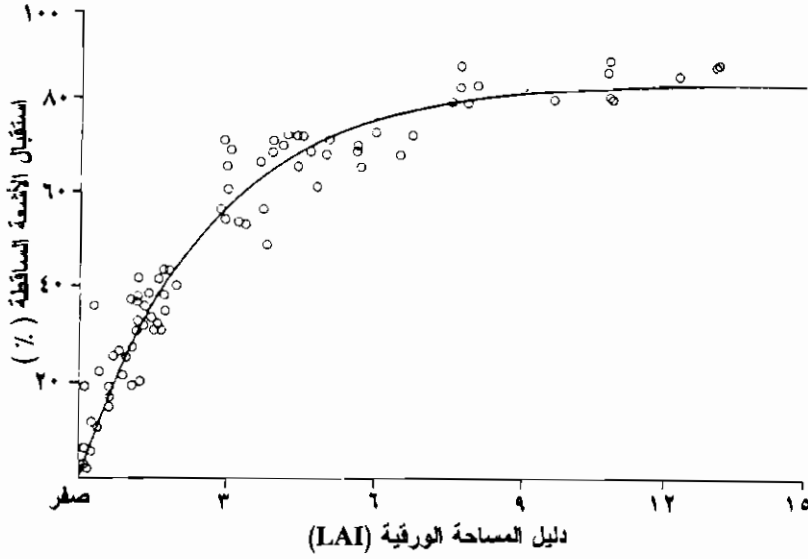


شكل (٦-٣): العلاقة بين نسبة الإشعاع الشمسي الذي تستقبله نباتات البصل - في مرحلة تكوين الأصيل - والحصول - معياراً عنه بالوزن الجاف للأصيل - وذلك تحت ظروف توفر الرطوبة الأرضية والتسميد الجيد في الزراعتين الخريفية والربيعية في ولزيبورن Wellesbourne بالمملكة المتحدة (عن Brewster ١٩٩٤).

وباستعمال هذه المعادلة يمكننا حساب دليل المساحة الورقية الذي يلزم لتحقيق معدل استقبال عالٍ للإشعاع الشمسي. فمثلاً .. يتطلب استقبال ٦٠٪ من الأشعة الساقطة دليلاً للمساحة الورقية قدره ٣,٢. وإذا افترضنا أن نمو النباتات يستمر لوغاريتمياً تقريباً إلى حين الوصول إلى دليل المساحة الورقية المطلوب، فإنه يمكننا حساب الوقت الحراري thermal time - على صورة أيام حرارية متجمعة بين ٦ و ٢٠م - الذي يلزم للوصول إلى دليل المساحة الورقية المرغوب فيه - عند كثافة نباتية معينة - بالمعادلة التالية:

$$DD = (\log_e (LAI \times 10^4 / P) - \log_e 0.5) / 0.0108$$

ويستدل من المعادلة الأخيرة أنه يلزم ٦٤٥ يوماً حرارياً للوصول إلى مرحلة دليل مساحة ورقية مقدارها ٣,٢ في كثافة نباتية مقدارها ٦٠ نباتاً/م².



شكل (٤-٦) : العلاقة بين نسبة الأشعة الساقطة التي تستقبلها أوراق البصل ودليل المساحة الورقية (LAI) المحسوب على أساس مساحة جانب مسطح من الورقة.

تكوين الأبرام

طريقة تكوين الأبرام

يبدأ تكوين الأبرام بتشحم قواعد الأوراق لمسافة قصيرة أعلى الساق القرصية نتيجة لتخزين الغذاء فيها، ويصاحب ذلك تكوين أوراق جديدة في مركز البصلة، إلا أن هذه الأوراق تتشحم، وتصبح أوراق تخزين فقط، وذلك لأن أنصالها لاتظهر من البصلة، كما تنمو الأبرام الجانبية.

الأبرام الجانبية

يتوقف عدد الأبرام الجانبية المتكونة في البصلة على الصنف والظروف البيئية. فلا تتكون أي أبرام جانبية في أصناف البصل المستعملة في إنتاج حلقات البصل المقلية، أو قد يتكون برعم أو برعمان فقط، بينما قد تتكون عدة أبرام في الأصناف الأخرى. ولا تعرف جميع العوامل البيئية التي تشجع على تكوين الأبرام الجانبية، إلا أنها تتكون عادة

بأعداد كبيرة في المواسم الباردة، أو عندما يحدث ضرر ما للقمة النامية في البصلة بسبب إصابتها بالأمراض، أو بفعل مبيدات الحشائش، كما يزيد تكوين البراعم الجانبية عند زيادة مسافة الزراعة، أو عند الإفراط في التسميد.

ونادراً ما تعطى البراعم الجانبية أية نموات خضرية خلال نفس موسم النمو الذي تكونت فيه، ولكنها يمكن أن تنبت أثناء التخزين، كما أنها تنتج شمرايح زهرية في موسم النمو التالي.

ويعتبر تكوين براعم جانبية أمراً مفيداً ومطلوباً عند استعمال هذه الأبصال كتقاوى في حقول إنتاج البذور.

الحراشيف الخارجية

تفقد الأوراق الخارجية أثناء نضج البصلة نسبة كبيرة من رطوبتها لتصبح حراشيف خارجية جافة تحيط بالبصلة إحاطة تامة. ويتراوح عدد هذه الحراشيف بين ورقة واحدة وثلاث أوراق. ويتراوح سمك الأوراق الحرشفة الجافة بين ٢٥ و ٩٠ ميكرون حسب الصنف وموقع الجزء المقيس من البصلة، حيث يقل السمك عند أقصى قطر للبصلة.

ويحدث أثناء التخزين تغير بسيط في شكل البصلة بسبب تكون الجذور داخلياً قرب القمة النامية، وما يعقب ذلك من استطالة بالأوراق الداخلية. وتؤدي هذه التغيرات إلى تعرض الأوراق الحرشفية لشد ملموس في هذه المنطقة من قاعدة البصلة؛ الأمر الذي يؤدي - غالباً - إلى تشقق الحراشيف. ويكون التشقق عمودى غالباً، ويبدأ في قاعدة الورقة الحرشفية، ثم يمتد إلى أعلى تدريجياً، وقد تفقد هذه الحراشيف عند تداول البصل بعد ذلك. وتقل فرصة تشقق الحراشيف وفقدانها في الأبصال ذات الحراشيف السميكة.

دلائل التبصيل والنضج

تعتبر نسبة التبصيل Bulbing Ratio من أهم دلائل التبصيل، وتحسب بقسمة أكبر قطر للبصلة على أصغر قطر للساق الكاذبة. ونظراً لأن البصلة والساق الكاذبة نادراً ما تكونان كاملتا الاستدارة؛ لذا .. فإن قطريهما يقدران بحساب متوسط قياسين متعامدين لكل منهما.

ويعرف مقلوب نسبة التبصيل بدليل التبصيل Bulbing Index.

وعندما تزيد نسبة التبصيل عن ٢٠، فإن ذلك يؤخذ دليلاً قوياً على بداية التبصيل Onset of Bulbing. هذا .. علماً بأن نسبة التبصيل في مراحل النمو السابقة للتبصيل تكون - غالباً - حوالى ١،٢.

وتعرف النسبة الورقية Leaf Ratio بأنها حاصل قسمة طول النصل على طول الغمد فى أى ورقة. وتحدد نقطة اتصال النصل بالغمدة عند الثقب الصغير الذى تبرز منه الورقة التالية عند خروجها من الغمد المحيط بها.

وتعرف الأوراق التى تكون فيها النسبة الورقية واحداً صحيحاً أو أقل بأنها أوراق البصلة Bulb Scales.

وتتكون الأسجة الخازنة فى الأبصال الناضجة من أوراق عديمة النصل Bladless Scales. ويقدر تأثير معاملة ما على التبصيل بحساب قيمة نسبة التبصيل النسبية Relative Bulbing Ratio، وهى تساوى: (نسبة التبصيل فى المعاملة - نسبة التبصيل فى معاملة كنترول غير محفزة للتبصيل) / (نسبة التبصيل فى معاملة كنترول محفزة بقوة للتبصيل - نسبة التبصيل فى معاملة كنترول غير محفزة للتبصيل).

ويمكن استعمال قيمة الوزن الجاف للبصلة والساق الكاذبة مقسوماً على الوزن الجاف لأنصال الأوراق للاستدلال بها على الحكم على درجة التبصيل. وتقطع أنصال الأوراق من الساق الكاذبة عند نقطة اتصال النصل بالغمدة (للأوراق الكبيرة)، أو حيث تبرز من أطول غمد (للأوراق الصغيرة). وتدل النسبة التى تزيد عن ١،٢ على وجود اتجاه مؤكد نحو التبصيل.

يعرف النضج بالمرحلة التى تصبح فيها الساق الكاذبة رخوة وغير قادرة على حمل نصل الورقة؛ فلا يبقى منتصباً. ويحدد موعد النضج بوصول ٨٠٪ من النباتات إلى هذه المرحلة وتدل أوراقها، وميلها إلى أسفل.

ويتخذ الكثيرون توقف ظهور أنصال أوراق جديدة دليلاً على عملية التبصيل، وكلاهما - أى توقف ظهور أنصال أوراق جديدة والتبصيل - يحدث نتيجة لتحول النبات من إنتاج أنصال الأوراق إلى إنتاج الأوراق البصيلية عند القمة النامية للنبات (عن Brewster ١٩٩٠).

وتعرف الفترة من بداية التبصيل حتى الحصاد - عند رقاد الأوراق - باسم فترة نمو البصلة Duration of Bulb Growth، وهى تقدر بالمعاملة التالية (عن Brewster ١٩٩٠).

$$\text{Duration of Bulb Growth} = 104.8 - 0.245 \text{ HI}\% - 2.714 \text{ T}$$

حيث إن:

HI = دليل الحصاد Harvest Index.

T = درجة الحرارة بالمئوي.

ويعنى ذلك أن انخفاض درجة الحرارة أثناء نمو الأنبصال يؤدي إلى زيادة فترة نمو البصلة، وأن العلاقة تكون عكسية بين تلك الفترة ولليل الحصاد.

دليل الحصاد

يتميز البصل بارتفاع دليل الحصاد فيه، حيث يشكل الوزن الجاف للبصلة نحو ٧٠-٨٠٪ من الوزن الجاف للنموات الهوائية للنبات، وتزداد هذه النسبة إذا ترك البصل بدون حصاد لمدة أسبوعين بعد رقاد أنصال الأوراق .

ومقارنة بالمحاصيل الأخرى كالحبوب .. يعد البصل قليل الكفاءة في استقبال الضوء، ومتوسطاً في تحويل الإشعاع إلى مادة جافة، وجيداً في لليل الحصاد. وتؤدي زيادة فترة نمو الأنبصال مع ارتفاع لليل الحصاد إلى زيادة المحصول، ولكن العلاقة عكسية بين لليل الحصاد وطول فترة نمو الأنبصال.

العوامل المؤثرة في تكوين الأنبصال

يتأثر تكوين الأنبصال في البصل بعوامل كثيرة منها: الفترة الضوئية، وشدة الإضاءة، ودرجة الحرارة، والتسميد الأزوتي، ومعاملات منظمات النمو. وتعتبر الفترة الضوئية من أهم هذه العوامل على الإطلاق.

تأثير الفترة الضوئية

يعتبر البصل من نباتات النهار الطويل بالنسبة لتكوين الأنبصال، فقد اكتشف Garner & Allard عام ١٩٢٠ أن نباتات البصل لا تبدأ في تكوين الأنبصال إلا بعد أن تتعرض لفترة ضوئية لاتقل عن حد معين، ثم أوضح Magruder & Allard عام ١٩٣٧ أن الفترة الضوئية الحرجة لتكوين الأنبصال تتراوح من ١٢ ساعة في الأصناف المبكرة إلى ١٥ ساعة في الأصناف المتأخرة. وقد وجد بعد ذلك أن الفترة الضوئية الحرجة لتكوين الأنبصال تختلف من ١١ إلى ١٦ ساعة في الأصناف المختلفة.

وعلى الرغم من أن بعض المصادر تقسم أصناف البصل إلى قصيرة النهار، وطويلة النهار حسب طول الفترة الضوئية الحرجة اللازمة لتكوين الأبصال، إلا أن التسمية تعد خاطئة، فكل أصناف البصل من نباتات النهار الطويل بالنسبة لتكوين الأبصال، فهي لا تكون أبصالاً إذا زاد طول الليل عن حد معين، بينما تكون بعض الأصناف أقدر من غيرها على تكوين الأبصال في النهار القصير نسبياً.

وإذا لم تتعرض نباتات البصل للحد الأدنى من الفترة الضوئية الحرجة، فإنها تستمر في النمو الخضري دون أن تكون أبصالاً، ويستفاد من هذه الظاهرة في إنتاج البصل الأخضر بزراعة الأصناف التي تحتاج إلى نهار طويل لتكوين الأبصال في مناطق لا تتوفر فيها احتياجاتها من الفترة الضوئية. وعلى العكس من ذلك .. نجد أن تعريض نباتات البصل - في وقت مبكر من نموها - لفترة ضوئية أطول من الفترة الحرجة اللازمة لتكوين الأبصال يدفعها إلى تكوين الأبصال مبكراً قبل أن تكون النباتات مجموعاً خضرياً قوياً، ويؤدي ذلك إلى تكوين أبصال صغيرة. ويستفاد من ذلك في إنتاج بصيلات التخليل، حيث تزرع الأصناف التي يمكنها تكوين الأبصال في النهار القصير نسبياً - في مناطق ذات نهار أطول من الاحتياجات الضوئية لهذه الأصناف. وقد أمكن ملاحظة تكوين الأبصال في نباتات الصنف رد كريول، وهي في مرحلة الورقة الحقيقية الأولى، وذلك عندما كانت النباتات نامية في أنسب الظروف لتكوين الأبصال. وعلى الرغم من أن الأبصال التي تكونت كانت في حجم بذرة البازلاء، إلا أنها نضجت بصورة طبيعية، وكان لها طور سكون عادي، كالأبصال الكبيرة.

ومن الناحية الأكاديمية، فإن البصل يتجه نحو تكوين الأبصال بعد تعرضه لفترة ضوئية تزيد عن الفترة الحرجة التي تلزم لتهينة النبات لتكوين الأبصال حسب احتياجات الصنف، إلا أن النباتات قد تعاود النمو الورقي من جديد ويتوقف تكوين الأبصال إذا نقلت إلى فترة ضوئية مدتها ٨ ساعات. وعلى الرغم من ذلك، فإن تكوين الأبصال يستمر لفترة قصيرة - بعد تعرض هذه النباتات لإضاءة مدتها ٨ ساعات - (وخاصة في الأصناف التي لاحتاج إلى فترة ضوئية طويلة لتكوين الأبصال) وذلك قبل أن تعاود النباتات تكوين أنصال الأوراق من جديد (Wiles ١٩٩٤). وإذا حدث ذلك في زراعات البصل التجارية (كما في الزراعات الربيعية في الدول الأوروبية حيث تبدأ النباتات في تكوين الأبصال بعد منتصف فصل الصيف ثم يقصر طول النهار بسرعة بعد ذلك) فإن عملية التبصيل تتوقف قبل اكتمالها، وتتجه النباتات نحو تكوين أنصال أوراق من جديد؛ مما يجعل الأبصال الناتجة ذات رقاب سميكة (Thick Necks أو Scallions). وتفيد زيادة كثافة الزراعة في تجنب هذه الحالة، حيث تستمر

النباتات فى الاتجاه نحو نضج الأصيل على الرغم من تعرضها لنقص مستمر فى طول الفترة الضوئية (عن Brewster ١٩٩٤).

ويزيد عدد الأيام ذى الفترة الضوئية القصيرة - التى تلزم لوقف التبصيل واتجاه النباتات إلى إنتاج الأوراق الخضراء - يزيد عددها بمدى تقدم عملية التبصيل قبل بداية قصر الفترة الضوئية، ولكن يمكن حدوث التأثير للفترة الضوئية القصيرة حتى بعد وصول النبات إلى مرحلة تدلى الأوراق.

ويستدل مما تقدم بيانه أن الإنتهاء من عملية تكوين البصلة يتطلب استمرار تعرض النبات لفترة ضوئية أطول من الفترة الحرجة للصنف. وتكون الاستجابة كمية؛ بمعنى أن التبصيل يكون أسرع حدوثًا كلما ازداد طول الفترة الضوئية.

وحتى تحت ظروف الفترات الضوئية التى يحدث معها تبصيل بطئ، فإن منبه التبصيل Bulbing Stimulus يتجمع ببطء حتى يصل إلى المستوى الذى يلزم لبدء التبصيل. كما أن حساسية النباتات لمنبه التبصيل تزداد بزيادتها فى النمو، أو فى العمر، وقد يقل طول الفترة الضوئية الحرجة التى تلزم للتبصيل. كذلك يغير النمو النباتى - والمنافسة التى تنشأ عنه - البيئة النباتية بطريقة محفزة للتبصيل. ويفسر ذلك كله استمرار اتجاه النباتات للتبصيل فى بعض الزراعات على الرغم من تناقص الفترة الضوئية.

وتقسم أصناف البصل حسب احتياجاتها من الفترة الضوئية لتكوين الأصيل إلى المجموعات التالية:

١ - أصناف تحتاج إلى نهار طوله ١٢ ساعة على الأقل، مثل يلوبيرمودا، وهوايت كريول، ورد كريول، وأكسيل، وتكساس جرانو، وكريستال واكس.

٢ - أصناف تحتاج إلى نهار طوله ١٣ ساعة على الأقل، ومن أمثلتها: كريستال جرانو، وسان واكين.

٣ - أصناف تحتاج إلى نهار طوله ١٤ ساعة على الأقل، ومن أمثلتها: سويت سبانث، وإيتاليان رد، وأوستراليان براون، ويلو جلوب دانفرز، ويلو فلات دتث.

٤ - أصناف تحتاج إلى نهار طوله ١٥ ساعة على الأقل، مثل الأصناف التى تنتشر زراعتها فى المناطق الشمالية صيفًا.

وجدير بالذكر أن الفترة الضوئية الحرجة لتكوين الأبصال تتراوح من ١١ ساعة و ١٠ دقائق إلى ١١ ساعة و ٥٦ دقيقة في البصل الصعيدى، ومن ١٢ ساعة و ٢٥ دقيقة إلى ١٣ ساعة و ١٣ دقيقة في البصل البحيرى. ولا تنجح زراعة أصناف المجموعتين الثالثة والرابعة السالفة الذكر في مصر، وذلك نظراً لأن الفترة الضوئية السائدة خلال فترة تكوين الأبصال تكون أقل من احتياجات هذه الأصناف (عن مرسى وآخرين ١٩٧٣).

وتعتبر الأوراق الصغيرة النامية العضو النباتى الذى يستقبل تأثير الفترة الضوئية الطويلة المحفزة للإزهار.

وقد توصل Mettananda & Fordham (١٩٩٧) من دراستهما إلى صلاحية مجموعة من الأصناف للزراعة فى المناطق الاستوائية نظراً لقصر احتياجاتها من الفترة الضوئية، وهى:

١ - أصناف مبكرة جداً: تتضمن إيرلى لوكيربرون Early Lockyer Brown (المصدر: Yates بأستراليا)، وسوبركس Superex (المصدر: Takii باليابان)، وأجريفوندروز Agrifound Rose (المصدر: المؤسسة الوطنية لأبحاث وتطوير البساتين National Horticultural Research and Development Foundation بالهند).

٢ - أصناف متوسطة التبرير: تتضمن جاليل Galil، و H489 (المصدر: Hazera بإسرائيل)، وأجريفوند لايت رد Agrifound Light Red (المصدر: المؤسسة الوطنية لأبحاث وتطوير البساتين بالهند)، ورد كريول سى ٥ Red Creole C5 (المصدر: Royal Sluis بهولندا)، وإتش ٢٢٦ H-226 (المصدر: المؤسسة الوطنية لأبحاث وتطوير البساتين بالهند).

تأثير شدة الإضاءة

مع أن الفترة الضوئية هى العامل الأساسى المحدد لتكوين الأبصال، إلا أن شدة الإضاءة قد تحل محل الفترة الضوئية فى نطاق محدود، فقد تعوض الإضاءة القوية النقص فى طول الفترة الضوئية، كما قد تعوض الفترة الضوئية الطويلة الانخفاض فى شدة الإضاءة، ولكن ذلك يتم فى نطاق محدود، حيث لا يمكن أن تتكون الأبصال إذا نقصت الفترة الضوئية كثيراً عن الفترة الحرجة مهما ازدادت شدة الإضاءة. كذلك يؤدى نقص شدة الإضاءة إلى تأخير تكوين الأبصال. ويبدو أن عملية البناء الضوئى تسهم بشكل مباشر فى عملية التآقت الضوئى، إلى جانب تأثيرها غير المباشر من خلال المواد الغذائية المصنعة. فلقد تبين من

دراسات Wright & Sobeih (١٩٨٦) أن المواد الغذائية المصنعة أثناء أو قبل التعرض للفترة المهيئة للإزهار مباشرة تعتبر أهم من المواد الغذائية المخزنة بالنسبة لتكوين الأبصال. وقد لزم ٦ أسابيع فقط لتكوين الأبصال عندما تعرضت النباتات لفترة ضوئية طويلة وإضاءة قوية، بينما احتاج الأمر إلى ١٧ أسبوعاً لتكوين نفس الحجم من الأبصال عندما تعرضت النباتات لفترة ضوئية طويلة مع إضاءة ضعيفة.

وعند توفر الفترة الضوئية المناسبة لتكوين الأبصال، فإن تأثير شدة الإضاءة على التبصيل يكون على النحو المبين في جدول (٢-٦).

جدول (٢-٦): تأثير شدة الإضاءة على التبصيل في ثلاثة أصناف من البصل^(١) (عن Grogan & Kedar ١٩٩٠).

عدد الأيام حتى زيادة نسبة التبصيل Bulbing Ratio عن ٢٠			شدة الإضاءة
Riverside	Early Grano	Beit Alpha	(قدم - شمعة)
٢٧	٢١	٢١	٣٠٠٠
٩٨	٤٩	٣٥	٢٥٠
لم تتكون أبصال	لم تتكون أبصال	لم تتكون أبصال	١٠٠

أ - استعملت لمبات فلورسنتية ٤٠ واط وأخرى تنجستون ٧٥ واط للحصول على شدة الإضاءة المطلوبة لمدة ١٦ ساعة يومياً.

كذلك وجد أن تكوين الأوراق الحرشفية الجافة يحتاج إلى فترة ضوئية طويلة، بينما ازداد عددها إذا اقترنت الفترة الضوئية الطويلة بإضاءة قوية.

تأثير درجة الحرارة

كان Thompson & Smith عام ١٩٣٨ أول من درس تأثير درجة الحرارة على تكوين الأبصال في البصل. وقد وجد أنه على الرغم من أن البصل يتأثر أساساً بطول الفترة الضوئية عند تكوين الأبصال، إلا أن الحرارة المرتفعة نسبياً كانت ضرورية أيضاً، إذ لم تتكون في النهار الطويل عندما كانت درجة الحرارة أقل من ١٥,٥°م. وقد تراوح المجال الحراري المناسب من ١٥,٥-٢٦,٦°م، وكانت أفضل درجة حرارة من ٢١,١-٢٦,٦°م (عن Pringer ١٩٦٢).

هذا .. ويؤدى الانخفاض فى درجة الحرارة إلى تأخير تكوين الأبصال، وقد يصل التأخير إلى ٣ أو ٤ أسابيع. ويستفاد من هذه الظاهرة فى إنتاج الأصناف التى يلزمها نهار قصير لتكوين الأبصال فى مناطق ذات نهار طويل، وذلك بزراعتها على التلال المرتفعة حيث تكون درجة الحرارة منخفضة نسبياً، وفى هذه الظروف تكون النباتات نمواً خضرياً جيداً قبل أن تتجه نحو تكوين الأبصال. أما إذا كانت درجة الحرارة مرتفعة، فإنها تتجه نحو تكوين الأبصال فى وقت مبكر قبل أن تكون نمواً خضرياً؛ وبذا تتكون أبصال صغيرة (Wiles ١٩٩٤). ومن ناحية أخرى .. فإن الارتفاع الشديد فى درجة الحرارة إلى ٤٠°م يمنع تكوين الأبصال، وهو ما يحدث فى المناطق الاستوائية.

ويمكن القول أنه كلما ارتفعت درجة الحرارة كلما أسرعت النباتات بالتبصيل فى الفترات الضوئية المهيئة لذلك. كذلك تقل الفترة الضوئية الحرجة التى تلزم للتبصيل مع ارتفاع درجة الحرارة، ولكن يوجد حد أدنى للنقص فى الفترة الضوئية لا يمكن أن تكون النباتات بعده أبصالاً أيًا كان الارتفاع فى درجة الحرارة. ولدرجة حرارة الليل تأثير مماثل للتأثير الذى تحدثه درجة حرارة النهار فى هذا الشأن، ولكن بدرجة أقل من تأثير حرارة النهار المرتفعة.

وقد وجد Lancaster وآخرون (١٩٩٦) أن قطر البصلة عند بداية التبصيل يرتبط بمدى التراكم الحرارى قبل ذلك، وأمكنهم التنبؤ بالحجم النهائى للبصلة من حجم البصلة عند بداية التبصيل وعدد الأوراق التى تكونت بعد ذلك. كما أمكن التنبؤ بموعد نضج البصلة من عدد الأوراق التى تتكون بعد بداية التبصيل.

ولقد وضع الباحثون معادلات لحساب معدل التبصيل Rate of Bulbing (وهو مقلوب عدد الأيام التى تلزم لبدء تكوين أوراق البصلة Bulb Scales بعد نقلها إلى الفترة الضوئية التى يُراد اختبارها) فى اليوم. وتختلف هذه المعادلات باختلاف الصنف، وتتوقف على درجة الحرارة، كما يلى (عن Brewster ١٩٩٤):

- فى الصنف كيب ول Keep Well:

$$\text{Rate of Bulbing} = -0.079 + 0.0043 \times \text{photoperiod} + 0.0027 \times \text{temp.}$$

- فى الصنف هيتون Hyton:

$$\text{Rate of Bulbing} = -0.066 + 0.0032 \times \text{photoperiod} + 0.0018 \times \text{temp.}$$

علماً بأن: الفترة الضوئية photoperiod بالساعة، والحرارة temp. بالمئوى.

تأثير عمر النبات

وجد أن سرعة تكوين الأبصال تزداد بزيادة عمر النبات. وقد تبين من دراسات Sobeih & Wright (١٩٨٦) أن النباتات لا تكون أبصلاً قبل أن تتكون بها أربع أوراق خضرية، كما تبين لهما عند إزالة أوراق من نباتات تختلف في العمر أن عمر النبات وليس المسطح الورقي هو العامل المؤثر على استجابة النبات للفترة الضوئية الطويلة.

كذلك فإن الفترة الضوئية التي تلزم لتكوين الأبصال تقل مع زيادة عمر النبات، وهى علاقة مستقلة عن حجم النمو النباتي أو دليل المساحة الورقية. ويعنى ذلك أن الفترة الضوئية الحرجة التي تلزم لتكوين الأبصال تقل كلما تقدم النبات في العمر.

تأثير حجم النمو النباتي

على الرغم من أن نباتات البصل يمكنها أن تبدأ في تكوين الأبصال وهى فى مرحلة نمو الورقة الحقيقية الأولى، وذلك إذا كانت الفترة الضوئية أعلى بكثير من الفترة الحرجة للصنف، إلا أنه يوجد فى معظم الحالات حد أدنى للنمو النباتي الذى يمكن أن يبدأ معه تكوين الأبصال عند توفر الظروف المناسبة من فترة ضوئية ودرجة حرارة. وكلما ازداد حجم النبات عند بداية تكوين الأبصال، ازداد حجم البصلة المتكونة؛ فالنباتات النامية من بصيلات كبيرة تبدأ فى تكوين الأبصال مبكراً عن النباتات النامية من بصيلات أصغر. وبصفة عامة .. نجد أن النباتات الناتجة من زراعة بصيلات تكون أسرع فى تكوين الأبصال من تلك التى تنتج من زراعة شتلات، وهذه بدورها تكون أسرع فى تكوين الأبصال من تلك التى تنتج من الزراعة بالبذور مباشرة.

وعند كفاية الفترة الضوئية، فإن جميع العوامل التى تؤدى إلى نقص النمو الخضري أو الإضرار به - مثل الإصابات المرضية والحشرية، وأضرار البرد، وضعف الكثافة النباتية، وأضرار مبيدات الحشائش، وعدم كفاية التسميد، ونقص الرطوبة الأرضية - تؤدى جميعها إلى تأخير التبصيل، وربما تؤدى إلى عدم حدوث التبصيل أو عدم اكتماله فى ظروف الفترات الضوئية التى لا تزيد عن الفترة الحرجة للصنف.

تأثير التسميد الآزوتى

عندما يكون طول النهار أقل قليلاً من الفترة الضوئية الحرجة اللازمة لتكوين الأبصال، فإن

نقص عنصر النيتروجين يعوض النقص في الفترة الضوئية، وتتجه النباتات نحو تكوين الأنبصال، إلا أن المحصول يكون منخفضاً. وعلى الجانب الآخر .. فإن وفرة التسميد الآزوتى بدرجة أكبر من حاجة النباتات تؤدي إلى تأخير تكوين الأنبصال.

وقد تبين أن تأثير زيادة النيتروجين ذو وجهين: فمن ناحية .. تزداد سرعة التبصيل بزيادة النيتروجين، ولكن زيادته تؤدي - من الناحية الأخرى - إلى تأخير تكوين أوراق البصلة؛ مما يؤدي إلى تأخير النضج في جميع الفترات الضوئية (عن Brewster ١٩٩٠).

تأثير درجة حرارة تخزين بصيلات التقاوى

إذا كان إكثار البصل بواسطة البصيلات، فإن تخزينها على حرارة ٢٨-٣٠°م لعدة أشهر قبل زراعتها يؤدي إلى تأخير تكوينها للأنبصال وتأخير نضجها بنحو شهر عن نظيراتها التي سبق تخزينها في حرارة ٢٠°م أو أقل من ذلك. وفي الحالة الأولى .. يسمح موسم النمو الطويل بمزيد من النمو الورقي؛ وبالتالي زيادة المحصول. ويحدث نفس التأثير في كل من الشالوت Shallots والبصل المتضاعف multiplier onion عند إكثارهما بالبصيلات (عن Brewster ١٩٩٤).

الأساس الفسيولوجي للتبصيل

دور الأوراق في الاستجابة للفترة الضوئية المهيئة للإزهار

أوضحت عديد من الدراسات أن أنصال أوراق البصل هي التي تستجيب للفترة الضوئية المحفزة للتبصيل، وهي التي يتكون فيها العامل المحفز لدى تعرضها للفترة الضوئية المهيئة لذلك. وتقل حساسية الأوراق للاستجابة للفترة الضوئية مع زيادتها في العمر.

وعند تعرض النباتات لفترة ضوئية محفزة بقوة للتبصيل فإن البادرات التي يوجد بها ورقة واحدة يمكن أن تكون أبصالاً. فمثلاً .. عرضت بادرات تراوحت في نموها - عند بداية المعاملة - من مجرد ظهور الورقة الفلقية إلى تكوينها لأربع أوراق حقيقية، وذلك لفترة ضوئية مقدارها ٢٤ ساعة لمدة ٨ أيام ثم لمدة ١٠ أيام أخرى في فترة ضوئية مقدارها ٨ ساعات. وقد اتجهت النباتات في جميع مراحل نموها إلى التبصيل، وكانت نسبة التبصيل فيها حوالي ٢,٥% أيضاً كان عدد الأوراق التي كانت تحملها عند بداية المعاملة.

وعند تساوى المساحة الورقية فإن النباتات الأكبر عمراً تكون أكثر استجابة للفترة الضوئية المهيمنة للإزهار.

الموجات الضوئية المؤثرة فى الإزهار

أوضحت الدراسات التى استعملت فيها إضاءة صناعية أن انخفاض نسبة الأشعة الحمراء (التي تكون بطول موجة قدره ٦٦٠ نانومتراً nm) إلى الأشعة تحت الحمراء (٧٣٠ نانومتراً) يؤدي إلى زيادة سرعة التبصيل. ويحدث ذلك سواء استعملت الإضاءة الصناعية طوال فترة الإضاءة، أم لفترة إضافية مكتملة للإضاءة الطبيعية. ويتوقف الحد الأدنى للفترة الضوئية اللازمة للتبصيل على تلك النسبة؛ فكلما نقصت نسبة الأشعة الحمراء إلى الأشعة تحت الحمراء كلما انخفض الحد الأدنى للفترة الضوئية التى تلزم للتبصيل. وتجدر الإشارة إلى أن لمبات التنجستون تعطى ضوءاً ثقل فيه نسبة الأشعة الحمراء: الأشعة تحت الحمراء عن اللمبات الفلورسنتية (النيون)؛ ولذا .. فإن لمبات التنجستون تكون أكثر كفاءة فى إحداث التبصيل.

هذا .. وتحفز الأشعة تحت الحمراء التبصيل، كما يفعل الضوء الأزرق التأثير ذاته، ولكن بفاعلية أقل من الأشعة تحت الحمراء. وعلى العكس من ذلك فإن الضوء الأحمر يمنع التبصيل، ويمكنه وقف التأثير المحفز الذى ينشأ عن سبق تعرض النباتات للأشعة تحت الحمراء أو للضوء الأزرق. كما أن خلط الضوء الأحمر بالضوء الأزرق يثبط التأثير المحفز للتبصيل الذى يحدثه الضوء الأزرق. أما خلط الضوء الأزرق مع الأشعة تحت الحمراء فإنه يسرع التبصيل بشدة.

وعلى الرغم من زيادة سرعة التبصيل - بصورة عامة - مع انخفاض نسبة الأشعة الحمراء إلى الأشعة تحت الحمراء، إلا أن بعض الدراسات تفيد بوجود نسبة مثالية من الأشعة الحمراء إلى الأشعة تحت الحمراء محفزة لتبصيل، يؤدي الانخفاض فى النسبة عنها إلى تقليل التأثير المحفز للأشعة تحت الحمراء على التبصيل (عن Brewster ١٩٩٠).

ومما يؤكد الدور الذى تلعبه الأشعة الحمراء وصبغة الفيتوكروم فى اتجاه البصل نحو تكوين الأبصال أن قطع الفترة الضوئية الطويلة المهيمنة لتكوين الأبصال لمدة ٣ ساعات بمعاملات ضوئية تختلف فى طول موجاتها أظهر أن أكثر الموجات الضوئية فاعلية فى

عملية التبصيل كانت هي التي تبلغ طول موجتها ٧١٤ نانومتراً، وهي تقع في منطقة الأشعة تحت الحمراء بعد الضوء الأحمر المرئي مباشرة. ويمكن إكاس التأثير المحفز للأشعة تحت الحمراء على تكوين الأبصال بتعريض النباتات للضوء الأحمر بعد تعريضها للأشعة تحت الحمراء مباشرة. وأكثر معاملات الأشعة تحت الحمراء تأثيراً هي التي تأتي في منتصف الفترة الضوئية (عن Brewster ١٩٩٤).

تداخل التنافس بين النباتات مع أطوال الموجات الضوئية في التأثير على التبصيل

تتكون الأبصال مبكراً في الزراعات الكثيفة التي ترتبط بزيادة دليل المساحة الورقية LAI، كما أن أي عامل آخر يعمل على زيادة دليل المساحة الورقية - مثل الزراعة المبكرة، أو استعمال الأسمدة البادئة - يؤدي كذلك إلى إسراع نضج الأبصال.

وعموماً .. فإن زيادة التنافس - حتى ولو من الحشائش - تؤدي إلى سرعة تكوين الأبصال، كما يحدث نفس التأثير عند تعرض نباتات البصل للتظليل من نباتات مجاورة، حتى ولو حدث ذلك من نباتات البصل المجاورة. وترتبط بذلك انخفاض نسبة الأشعة الحمراء (٦٦٠ نانومتراً) إلى الأشعة تحت الحمراء (٧٣٠ نانومتراً) في الضوء تحت النموات الخضرية الكثيفة، مقارنة بالنسبة في ضوء النهار المباشر. وقد ثبت من دراسات حجات النمو أن انخفاض نسبة الأشعة الحمراء إلى الأشعة تحت الحمراء يؤدي إلى سرعة التبصيل، وذلك عند ثبات الفترة الضوئية ودرجة الحرارة التي تتعرض لها النباتات.

ومن المعروف أن نسبة الأشعة الحمراء إلى الأشعة تحت الحمراء تؤثر في عديد من مراحل النمو والتطور النباتية، مثل إنبات البذور، واستطالة السيقان وغيرها.

وتنخفض هذه النسبة عند مرور الضوء خلال النموات الخضرية، لأن الأوراق تمتص الموجات الضوئية للأشعة الحمراء أكبر من امتصاصها للأشعة تحت الحمراء. ولذا .. تعد هذه النسبة دليلاً حساساً على وجود الأوراق في النباتات المجاورة. وفي الطبيعة تستجيب صبغة الفيتوكروم phytochrome pigment لأي اختلافات في النسبة بين الأشعة الحمراء والأشعة تحت الحمراء. وقد لعب ذلك دوراً كبيراً في الماضي في المحافظة على نباتات البصل من الاندثار؛ حيث تتجه سريعاً نحو تكوين الأبصال لدى تعرضها للمنافسة والتظليل من النباتات المجاورة لها.

تغيرات السكريات المصاحبة للتبصيل

عند نقل نباتات البصل من ظروف غير مهينة للتبصيل إلى ظروف مهينة له يلاحظ حدوث زيادة في تركيز السكريات المختزلة، والسكريوز، والفروكتان fructan في نسيج الساق الكاذبة (sheath أو pseudostem) في خلال ٥-١٠ أيام من تغير الظروف. كذلك يزداد تركيز السكريات المختزلة في أنصال الأوراق، ويقل في الوقت ذاته نشاط إنزيم soluble acid invertase وهو الذى يعمل على تحويل السكريوز إلى السكريات المختزلة: الجلوكوز والفراكتوز. وتحدث هذه التغيرات قبل حدوث أى تبصيل ملحوظ.

التغيرات الهرمونية المصاحبة للتبصيل

يستدل من عديد من الدراسات أن التبصيل يتأثر بهرمونات معينة تنتقل في النباتات وتبقى مؤثرة فيه. وهذا المنبه للتبصيل ينتقل من الأوراق إلى الساق الكاذبة. ويمكن لهذا المنبه أن يبقى في الأبصال المخزنة ويحفز التبصيل المبكر لدى زراعتها. وتشارك جميع مجموعات منظمات النمو في عملية التبصيل، ولكن لا يعرف أيها يسبب التبصيل، وأيها ينتج عنه.

وقد وجد Nojiri وآخرون (١٩٩٣) تغيرات نوعية وكمية في محتوى نباتات البصل من مختلف الجبريلينات عند تكوين الأبصال؛ فمثلاً.. كان مستوى الجبريلينات في النباتات النامية تحت ظروف النهار الطويل، والتي بدأت في تكوين أبصالها - أعلى - غالباً - عن مستوى نظيراتها في النباتات النامية تحت ظروف النهار القصير التي لم تكون أبصالاً. هذا .. إلا أن مستوى مختلف الجبريلينات لم يكن - دائماً - مرتبط إيجابياً بالتبصيل.

وقد وجد أن معاملة النباتات بمركب مثبط لتمثيل الجبريلين - يأخذ الرمز الكودى S-3307 - يحفز التبصيل في الفترات الضوئية غير المهينة لتكوين الأبصال (عن Brewster ١٩٩٤).

وأدت معاملة البصل بحامض الجبريليك تحت ظروف الفترات الضوئية الطويلة إلى منع التبصيل، وزيادة طول أنصال الأوراق.

وقد ازداد تركيز مركبات شبيهة بالسيتوكينينات في أنصال أوراق نباتات البصل في الفترات الضوئية الطويلة واستمر هذا التأثير لمدة ٢٩ يوماً ثم انخفض تركيز السيتوكينينات كما في الفترات الضوئية القصيرة. وتؤدي معاملة النباتات بمحلول الكاينتين إلى إسرار التبصيل.

ولوحظ ارتفاع فى إنتاج النباتات للإيثيلين فى المراحل المبكرة للتبصيل. ووجد Levy & Kedar (١٩٧٠) أن معاملة نباتات البصل مرة واحدة ، أو عدة مرات بالإيثيفون Ethephon بتركيز ٥٠٠، أو ١٠٠٠، أو ٥٠٠٠، أو ١٠٠٠٠ جزء فى المليون أدت إلى تكبير إنتاج الأبصال، وزيادة سرعة التبصيل فى فترات ضوئية أقل من الفترات الحرجة لتكوين الأبصال فى جميع الأصناف التى درست، سواء أكانت مبكرة، أم متوسطة، أم متأخرة النضج. وكانت أكثر التركيزات فاعلية هى ٥٠٠٠ و ١٠٠٠٠ جزء فى المليون، ولكنها أحدثت أيضاً نقصاً فى نمو الأوراق وفى حجم البصلة. وقد كان تكرار رش الأوراق بمنظم النمو ضرورياً لاستمرار زيادة البصلة فى الحجم تحت ظروف النهار القصير.

وقد حفزت المعاملة بالإيثيفون تكوين الأبصال فى البصل فى كل من الفترات الضوئية المهيئة للتبصيل والفترات غير المهيئة له. وأدت المعاملة بنترات الفضة - وهى مضادة للإيثيلين - بتركيز ٢٥٠ جزءاً فى المليون إلى تأخير تكوين الأبصال فى الظروف المهيئة لتكوينها، وإلى التبصيل فى الظروف الأقل تحفيزاً لذلك (Sobeih & Wright ١٩٨٧).

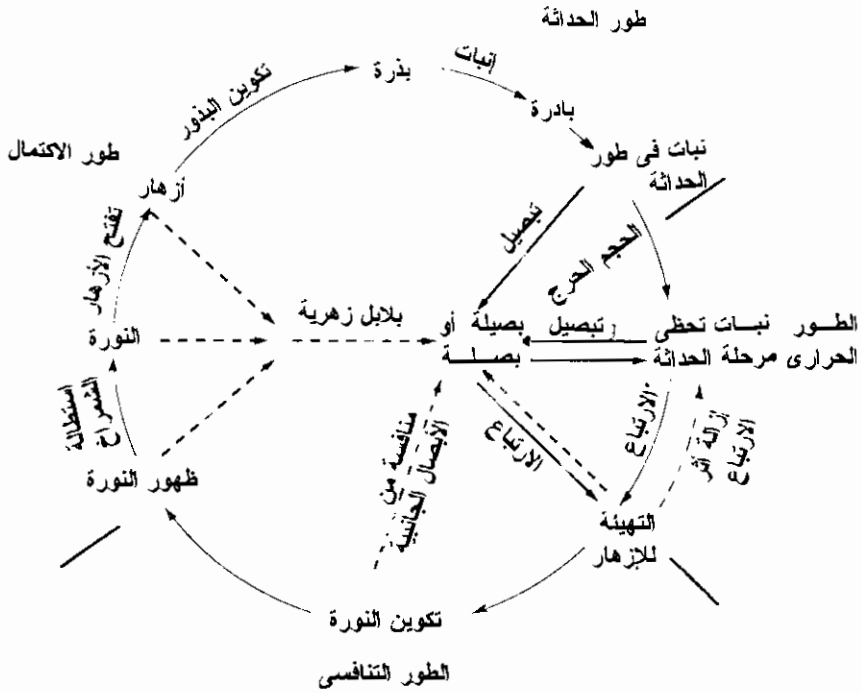
هذا إلا أن المعاملة بالإيثيفون لم تتبعها زيادة فى نمو الساق الكاذبة على خلاف ما يحدث عند التبصيل الطبيعى، ويعنى ذلك أن تكوين الأبصال فى النباتات المعاملة بالإيثيلين لا يتم بصورة طبيعية.

الإزهار والإزهار المبكر

يهتم كل من منتج البصل ومنتج بذور البصل بظاهرة الإزهار flowering، فعند إنتاج البذور يلزم تهيئة الظروف التى تشجع على الإزهار لزيادة محصول البذور. أما عند إنتاج محصول الأبصال، فإنه يلزم تجنب كافة الظروف التى تشجع النباتات على الإزهار، وذلك لأن النباتات التى تتجه نحو الإزهار قبل أن تكون أبصالاً تجارية تفقد قيمتها الاقتصادية. ويطلق على هذه الظاهرة اسم الإزهار المبكر premature seeding.

مراحل النمو والتطور المتعلقة بالإزهار

تقسم دورة حياة نبات البصل - من حيث إزهاره - إلى أربعة أطوار، هى: طور الحداثه Juvenile Phase، والطور الحرارى Thermal Phase، والطور التنافسى Competition Phase، وطور الاكتمال Completion Phase (شكل ٦-٥).



شكل (٥-٦) : مراحل النمو في البصل من البذرة إلى البذرة (عن Brewster ١٩٩٤).

الاحتياجات الحرارية لمختلف مراحل النمو والتطور المتعلقة بالإزهار

يظهر في جدول (٦-٣) ملخصاً شاملاً للاحتياجات الحرارية لمختلف مراحل النمو والتطور المتعلقة بازهار البصل، والعوامل الهامة الأخرى المؤثرة فيها.

لا يمكن دفع النباتات إلى الإزهار أثناء طور الحداثة Juvenile Phase؛ حيث يجب أن تصل إلى وزن معين أو تكون عددًا معينًا من الأوراق قبل أن تدخل في الطور الحراري Thermal Phase الذي يمكن أن تستجيب فيه لمعاملة الارتباج. وبعد تكوين مبادئ النورة - داخل البصلة - فباتها يمكن أن يقضى عليها وتكون وتختفي في الظروف التي تحفز تكوين الأبصال، ويعرف ذلك بالطور التنافسي Competition Phase بسبب المنافسة الظاهرة بين تكوين النورة وتكوين البصلة. وتكون النورة حساسة لحالة التنافس هذه قبل ظهورها خارج البصلة أو الساق الكاذبة، ولكن يتغير الوضع بمجرد ظهورها، حيث تستمر في النمو ويبدأ طور الاكتمال Completion Phase الذي تناسبه الحرارة العالية أكثر من الطورين السابقين له.

جدول (٣-٦): الاحتياجات الحرارية والعوامل الهامة الأخرى المؤثرة في مختلف مراحل نمو وتطور نبات البصل المتعلقة بالإزهار (يراجع شكل ٥-٦ للعلاقات بين مختلف مراحل النمو).

مرحلة النمو	الحرارة (°م)		عوامل هامة أخرى
	المتلى	المدى المناسب	
طور الحداثة			
إنبات البذور	٢٥	٣٧-٣٧	الماء والأكسجين
ظهور البادرات	٢٥-٢٠	٢٨-١٣	الماء والأكسجين
النمو الخضري	٢٥-٢٠	٣٥-١٠	الضوء، والماء، والعناصر المغذية، وفترة ضوئية أقصر من الفترة التي تلزم للتبصيل
الطور الحرارى			
الارتباع	١٢-٧	١٧-٢	قلة النيتروجين، وزيادة المركبات الكربوهيدراتية الذائبة فى النباتات النامي، والفترة الضوئية الطويلة
الطور التنافسى			
تكوين النورة فى البصلة أو النبات	١٧-١٥	١٨-١٠	مستوى عادى من النيتروجين (٣-٣,٥٪) فى النبات النامي، والفترة الضوئية الطويلة
طور الاكتمال			
نمو الحامل النورى	٣٠-٢٥	٤٠-١٥	
تفتح الأزهار	٣٠-٢٥	٣٥-١٥	تفتح الأزهار فى ضوء النهار
التلقيح	٢٧	٤٣-١٥	رطوبة نسبية أقل من ٧٠٪ تحفز انتشار حبوب اللقاح
تكوين البذور	٣٠-٢٥	٤٣-١٥	تموت البذور فى حرارة ٥٠ م
أطوار ارتدادية			
إلغاء الارتباع	٣١-٢٨	٣٥-٢١	
تدهور النورة داخل البصلة	٣٠-٢٥	؟	فترة ضوئية طويلة وحرارة عالية
تكوين البلائل فى النورة	٣١	؟	
تكوين تراكيب ورقية فى الشمراخ الزهرى أو فى النورة	؟	؟	فترة ضوئية قصيرة أثناء تكوين النورة

الارتباع

يعتبر البصل من الخضروات التي تلزمها معاملة الارتباع Vernalization حتى تزهّر، إذ يجب تخزين الأنبال المعدة لاستخدامها كتقاوي - في حقول إنتاج البنزور - في درجة حرارة تتراوح بين ٥ و ١٠م لكي تنتهي للإزهار، كما يجب أن تتعرض نباتات البصل النامية في الحقل لدرجة حرارة منخفضة نسبياً بعد أن تبدأ في تكوين الأنبال حتى تنتهي للإزهار. أما نمو الشماريخ الزهرية، وتكوين النورات فإنه يحدث عند ارتفاع درجة الحرارة فيما بعد. وليس للفترة الضوئية أي دور في تهيئة نباتات البصل للإزهار، إلا أن الفترة الضوئية تسرع معدل استطالة الشماريخ النورية. ويظهر هذا التأثير بوضوح عندما تكون درجة الحرارة منخفضة نسبياً وقت نمو الحوامل النورية.

وقد كان Thompson & Smith عام ١٩٣٨ أول من أشار إلى أهمية درجة الحرارة المنخفضة في إزهار البصل، فقد وجدوا أن نباتات البصل لاتزهر إذا كانت نامية في درجة حرارة مرتفعة ثابتة مقدارها ٢١،١-٢٦،٦م، وذلك بغض النظر عما إذا كانت الفترة الضوئية قصيرة (٩-١٢ ساعة)، أم طويلة (١٥ ساعة)، بينما أزهرت النباتات عندما كانت نامية في درجة حرارة منخفضة ثابتة مقدارها ١٠-١٥،٥م حتى ولو صاحب ذلك فترة ضوئية قصيرة ٩-١٢ ساعة). وقد توصل Heath بعد ذلك (في عام ١٩٤٣) إلى أن درجة الحرارة المنخفضة هي التي تهيئ نباتات البصل للإزهار، وإلى أن الفترة الضوئية الطويلة هي التي تساعد فقط على سرعة نمو الحوامل النورية (عن Thompson & Kelly ١٩٥٧)، وتجر الإشارة إلى أن الأصناف التي أنتجت في المناطق الاستوائية لاحتاج إلى معاملة الارتباع لكي تنتهي للإزهار، ومنها: أحد الأصناف النيجيرية، وبعض الأصناف المحلية في السودان (عن George ١٩٨٥).

تتراوح درجة الحرارة المثلى للارتباع بين ٨ و ١٢م، ولكن يختلف المدى المناسب للارتباع باختلاف الأصناف؛ فيصل - مثلاً - في بعض الأصناف المزروعة في المناطق الاستوائية بغرب أفريقيا إلى ١٥-٢١م، بينما ينخفض في بعض السلالات التي تزرع في شمال روسيا إلى ٣-٤م. وعموماً .. فإن سرعة التهيئة للإزهار تنخفض كثيراً - في معظم أصناف المناطق المعتدلة - في حرارة ٦م.

كذلك تختلف الفترة التي تلزم للارتباع باختلاف الأصناف، وهي تتراوح بين ٢٠ و ٤٠ يوماً على حرارة ٩م لتهيئة ٥٠% من النباتات للإزهار.

ويؤدي تعريض الأبصال - التي سبقت تهيئتها للإزهار - لحرارة ٢٨-٣١م إلى عكس تأثير الارتباع، ويتوقف طول فترة التعرض لحرارة ٢٨-٣١م الذي يكفى لإحداث هذا التأثير على مدى التقدم الحادث في التهيئة للإزهار. فمثلاً.. وجد أن التهيئة للإزهار كانت أسرع في الأبصال التي خزنت على حرارة ٩-١٣م قبل زراعتها عما في تلك التي خزنت على ٣-٥م، كما كانت أسرع في الأبصال الكبيرة عما في الأبصال الصغيرة. وعندما كانت فترة التخزين الكلية ٨ شهور، فإنه تعين لأجل التخلص من أثر الارتباع تخزين الأبصال خلال الشهور الخمسة الأخيرة من تلك الفترة على حرارة ٢٨م عندما كانت الشهور الثلاثة الأولى على ٩-١٣م، بينما لم يلزم للتخلص من أثر الارتباع سوى شهرين على حرارة ٢٨م عندما كان التخزين خلال الشهور الستة السابقة على ٣-٥م. كما كانت فترة التخزين على ٢٨م التي تلزم للتخلص من أثر الارتباع في الأبصال التي يبلغ وزنها ١٥ جم أقل من تلك التي يبلغ وزنها ١٠٨ جرامات.

وبعد تكوين مبادئ النورة داخل البصلة - استجابة لعملية الارتباع - فإن معدل نمو واستطالة الحامل النورى يعتمد على درجة الحرارة قبل بزوغه من البصلة، وعلى درجة الحرارة والفترة الضوئية معاً بعد ذلك. وأنسب الظروف لاستطالة الحامل النورى هى حرارة ١٠-١٥م وفترة ضوئية طويلة. وينمو - عادة - برعمًا خضريًا جانبيًا إلى جانب النورة، ويكون نموه في الحرارة العالية (٢٠م أو أعلى من ذلك) والفترة الضوئية الطويلة أسرع من نمو النورة؛ الأمر الذى يؤدي إلى انتفاخ البرعم الإبطى ليكون أوراقًا بصلية، بينما ينوى النمو النورى الصغير، وتلك هى المرحلة التي تعرف باسم الطور التنافسى Competition Phase (عن Brewster ١٩٩٤).

العوامل المؤثرة في الإزهار المبكر

درجة الحرارة التي خزنت عليها البصيلات التي استعملت كتقاوى أوضح Boswell منذ عام ١٩٢٣ أن تخزين البصيلات المعدة لاستخدامها كتقاوى في حرارة ١٠م يؤدي إلى اتجاد نسبة كبيرة من النباتات نحو الإزهار المبكر بالمقارنة بالتخزين في درجة الصفر المئوى، كما توصل Thompson & Smith كذلك إلى نتائج مماثلة، فعندما قاما بتخزين التقاوى (البصيلات) في حرارة ١-١٠م، أو صفر م، أو ٤،٤م، أو ١٠م، أو ١٥،٥-٢١،١م كانت أعلى نسبة من الإزهار المبكر في الحقول المستخدم في زراعتها بصيلا سبق تخزينها في حرارة ٤،٤م، ثم تلك التي سبق تخزينها في ١٠م، ثم ١-١٠م أو صفر م، ثم معاملة

التخزين في حرارة ١٥,٥-٢١,١ م. وكانت أنسب درجة حرارة لتخزين البصيلات المعدة لاستعمالها كتناور هي الصفر المئوي، وذلك لأنها احتفظت بجودتها بصورة جيدة، بينما لم تنتج عنها سوى نسبة ضئيلة من الإزهار المبكر.

ويؤدي تخزين الأبصال والبصيلات على حرارة ٢٨-٣٠ م قبل زراعتها إلى منع تكوينها لمبادئ الأزهار، وكذلك إلى منع تكوين مبادئ الأزهار في موسم النمو الثاني، وتقليل إزهارها بشدة. كما أن تخزين الأبصال التي تهيأت للإزهار على هذه الدرجة يمكن أن يؤدي إلى التحول من النمو الزهري الميرسيمي إلى النمو الخضري من جديد، ويتوقف طول فترة الحرارة المرتفعة التي تلزم لحدوث هذا التحول على مدى التقدم الذي حدث في النمو الزهري، حيث تزداد الفترة اللازمة بزيادة التقدم في النمو الزهري. وتتكشم مبادئ الأزهار المتكونة في الأبصال لدى تخزينها في حرارة ٢١-٢٧ م، ويلي ذلك ذبولها واكتسابها لونًا بنيًا، كما أسلفنا.

ويمكن القول أن تخزين البصيلات في حرارة مرتفعة يؤدي إلى ضعف تكوين مبادئ الأزهار وتحفيز التبصيل بعد الزراعة عندما تكون الفترة الضوئية مناسبة لذلك.

درجة الحرارة والفترة الضوئية خلال موسم النمو

يتأثر تكوين مبادئ النورات في بادرات البصل بكل من درجة الحرارة، والفترة الضوئية السائدتين خلال موسم النمو، بالإضافة إلى شدة الإضاءة، والتسميد الآزوتي. فتزيد سرعة تكوين مبادئ النورات بزيادة طول الفترة الضوئية، ولكن انخفاض مستوى التسميد الآزوتي يمكن أن يحل محل الفترة الضوئية لإحداث هذا التأثير. كما أن تعرض البادرات لإضاءة ضعيفة قبل تعرضها للحرارة المنخفضة (الأمر الذي يكون مصاحبًا بانخفاض في مستوى المركبات الكربوهيدراتية الذاتية) يبطئ سرعة تكوين مبادئ النورات، ويزيد من العدد الحرج من الأوراق التي يلزم لتخطي مرحلة الحداثة.

وبمجرد تكوين مبادئ النورات في البادرات، فإن نموها يكون سريعًا في حرارة ٦-١٢ م، ويزداد سرعة في الفترات الضوئية الطويلة مع هذه الحرارة المنخفضة، وكذلك في المستويات المرتفعة من النيتروجين عما في المستويات المنخفضة.

وقد وجد أن الظروف المثلى لنمو الشمرخ الزهري في الأصناف ذات النهار المتوسط الطول هي حرارة ١٢-١٦ م، وفترة ضوئية ١٦-١٧ ساعة. وتختلف الظروف التي تلزم لتنشيط نمو

الشمراخ الزهري باختلاف الأصناف؛ فمثلاً .. يثبط نمو الحامل النوري فى أصناف النهار القصير فى نهار أقصر مما يلزم لإحداث تأثير مماثل فى الأصناف الطويلة النهار (عن Brewster ١٩٩٤).

وعندما تكون درجة الحرارة عالية بالقدر الذى يحفز تكوين الأبصال، فإن الفترة الضوئية الطويلة تثبط نمو الشمراخ الزهري. وعلى العكس من ذلك .. نجد عندما تكون الحرارة منخفضة بالقدر الذى يمنع أو يؤخر تكوين الأبصال، فإن الفترة الضوئية تسرع نمو الشمراخ الزهري ومعدل استتالته. فمثلاً .. وجد أن زيادة طول النهار حتى ١٥ ساعة فى حرارة ١٠-١٦ م أدى إلى جعل طول الشمراخ الزهري ضعف طول العادى.

ويتأثر الإزهار فى البصل اليابانى الأخضر بكل من الحرارة المنخفضة والفترة الضوئية؛ فنتهى النباتات للإزهار بفعل معاملة الارتباع على حرارة ٥ م، بينما تتخفّض سرعة التهيئة للإزهار بزيادة طول الفترة الضوئية، التى تزيد - كذلك - عدد الأوراق التى يلزم تكوينها لكى تتخطى النباتات مرحلة الحداثة. هذا .. إلا أن التأثير المثبط للفترة الضوئية الطويلة (حتى ٢٤ ساعة) يمكن التغلب عليه بزيادة فترة التعرض للحرارة المنخفضة (حتى ٦٠ يوماً) (Yamasaki & Miura ١٩٩٥).

حجم البصيلات المستخدمة كتقاوى

تعطى البصيلات الكبيرة دائماً نسبة أعلى من حالات الإزهار المبكر؛ لذلك ينصح بعدم استعمال البصيلات التى يزيد قطرها عن ٢,٥ سم كتقاوى. ويفضل ألا يزيد قطر البصيلة عن ٢ سم.

حجم الشتلات

توصل Hawthorn منذ عام ١٩٣٨ إلى أن شتلات البصل الكبيرة الحجم تميل إلى إعطاء نسبة أعلى من النباتات التى تتجه نحو الإزهار المبكر عن الشتلات الصغيرة أو المتوسطة الحجم. وقد تأيّد ذلك بأبحاث Davis & Jones عام ١٩٤٤، والمبينة فى جدول (٦-٤).

حجم النمو النباتى

تعمل جميع العوامل التى تشجع على النمو السريع للنباتات قبل حلول الجو البارد على زيادة نسبة الإزهار المبكر، وذلك بسبب أن نباتات البصل تمر بفترة حداثّة لا تستجيب خلالها للحرارة

المنخفضة. ولكي يكون التعرض للحرارة المنخفضة مؤثراً في تهيئة النباتات للإزهار، فلا بد أن يحدث ذلك بعد أن تكون النباتات قد بدأت في تكوين الأبرص. وكقاعدة عامة .. نجد أن النباتات التي يقل قطرها عن ٧ مم، والبصيلات التي يقل قطرها عن ١,٣ سم ليست حساسة للمعاملات الحرارية التي تؤدي إلى الإزهار. وتزداد هذه الحساسية بزيادة حجم النبات أو البصلة عن ذلك.

جدول (٤-٦): تأثير قطر الشتلة بالمليمتر عند قاعدة النبات على نسبة الإزهار المبكر في صنف البصل جرانو (Grano) عن (Jones & Mann ١٩٦٣).

النسبة المئوية للنباتات المزهرة	قطر الشتلة بالمليمتر عند قاعدة النبات
صفر	أقل من ٣,١
١,٤	٦,٣-٣,١
٣٦,٠	٩,٣-٦,٣
٧٣,٤	١٢,٥-٩,٣
٨٥,٢	١٥,٦-١٢,٥
٨٨,٢	١٨,٨-١٥,٦
٩٧,٢	٢١,٩-١٨,٨
١٠٠,٠	٢٥,٠-٢١,٩

وقد وجد - على سبيل المثال - أن نباتات البصل صنف أيلزا كريج Ailsa Craig لا تستجيب لمعاملة الارتباع قبل تكوين مالا يقل عن ١٢-١٣ ورقة، ويتراوح الرقم في مختلف الأصناف بين ١٠ و ١٤ ورقة يمكن أن تظهر بعدها مبادئ الأزهار استجابة لمعاملة الحرارة المنخفضة (عن Rabinowitch ١٩٩٠)، ولكن ينخفض الرقم إلى سبع أوراق فقط - بما في ذلك الورقة الفلجية - في بعض الأصناف، مثل Rijnsburger. ويتراوح الوزن الجاف للنباتات التي يمكنها الاستجابة لمعاملة الارتباع - عادة - بين ٠,٠٦ و ٠,٤٥ جم/نبات. وبالمقارنة فإن الأبرص التي يبلغ وزنها الطازج ٥٠ جراماً يمكن دفعها إلى الإزهار بنسبة ٥٠٪ بتعرضها لحرارة ٩°م لمدة ٢٠-٣٠ يوماً، بينما تحتاج البصيلات التي يبلغ وزنها ٥ جرامات إلى أكثر من ٨٠ يوماً. وتستجيب البصيلات - غالباً - لمعاملة الارتباع إذا قل وزنها الطازج عن ٤ جرامات، وهو ما يمثل حوالي ٠,٤-٠,٥ جم وزناً جافاً. ويعنى ذلك أن الحد الأدنى للوزن الجاف الذي تحدث عنده الاستجابة للارتباع عند الزراعة بالبصيلات يزيد عما في حالة الزراعة بالبذور (عن Brewster ١٩٩٤).

وعندما يتوقع زيادة نسبة الإزهار المبكر في الأصناف الحساسة لذلك (وذلك ببلوغ النباتات أحجاماً كبيرة قبل حلول الجو البارد) فإنه يمكن تقليل أضرار الإزهار وتأخير حدوثه بتقطيع جذور النباتات في مرحلة نمو الورقة الخامسة إلى السابعة (معاملة الـ undercutting). تؤدي هذه المعاملة إلى زيادة عدد أيام التعرض للحرارة المنخفضة التي تلزم لتهيئة النباتات للإزهار، وإلى نقص نسبة النباتات التي تتجه إلى الإزهار. وعلى الرغم من أن هذه المعاملة أدت إلى نقص الوزن الجاف للنباتات بنحو ٣٠٪، ونقص الوزن الطازج للأبصال، إلا أنها أدت - من خلال تأثيرها على الإزهار - إلى زيادة المحصول الصالح للتسويق (Sander & Cure ١٩٩٦).

مستوى التسميد الآزوتي

يؤدي التسميد بمستويات منخفضة من النيتروجين إلى تحفيز تكوين مبادئ الأزهار، وخاصة في الظروف الأقل تهيئة للإزهار والمتمثلة في الفترة الضوئية القصيرة ودرجات حرارة المنخفضة نسبياً. كذلك يؤدي نقص النيتروجين إلى جعل النباتات أكثر استجابة لمعاملة الارتباع. وقد واكب هذه التأثيرات لنقص النيتروجين زيادة في نسبة الكربون إلى النيتروجين في النبات.

ونظراً لأن مستوى التسميد الآزوتي يعتبر من العوامل القليلة جداً التي يمكن التحكم فيها تحت الظروف الحقلية؛ لذا .. يمكن الاستفادة من هذه الحقيقة في التحكم في الإزهار، سواء أكان ذلك لأجل تثبيطه، أم الإسراع به (عن Rabinowitch ١٩٩٠).

عروة الزراعة ودرجات الحرارة السائدة

يتداخل عامل الزراعة مع كثير من العوامل المؤثرة في الإزهار المبكر، والتي أسلفنا بياتها، وخاصة درجة الحرارة، وحجم النمو النباتي. فنجد - مثلاً - أن نسبة الإزهار المبكر تزداد في الزراعات الشتوية عما في الزراعات الصيفية، وذلك لأن نباتات الزراعات الصيفية لا تتعرض لدرجات الحرارة المنخفضة بالقدر الذي يكفي لتهيئتها للإزهار، كما أن تعرضها للحرارة المنخفضة يكون في المراحل المبكرة من نموها، وهي مازالت في مرحلة الحداثة. ولهذا السبب تزداد ظاهرة الإزهار المبكر في الوجه القبلي عنها في الوجه البحري، حيث تتعرض نباتات الزراعات الشتوية في الوجه القبلي لدرجات الحرارة المنخفضة في المراحل المتأخرة من نموها. كما تزداد نسبة الإزهار المبكر في الزراعات الصيفية عندما يكون الربيع طويلاً وبارداً عما لو

كان قصيراً ودافئاً ، وعندما تكون النباتات مسمدة جيداً، ففي هذه الظروف تنمو النباتات بصورة جيدة قبل حلول الجو البارد، وتصبح أكثر حساسية لمعاملة الارتباج. وعلى العكس من ذلك يندر أن يحدث إزهار مبكر عندما يكون الخريف بارداً والربيع دافئاً.

ونجد كذلك أن جميع العوامل التي تزيد من تعرض النباتات لدرجات الحرارة المنخفضة تؤدي إلى زيادة نسبة الإزهار المبكر. ومن أمثلة هذه العوامل ما يلي:

أ - الزراعة على الريشة الشمالية للخطوط، حيث تتعرض النباتات للأشعة الشمسية بدرجة أقل، وللجواء البارد بدرجة أكبر.

ب - الزراعة في الأراضي الثقيلة، وذلك لأنها لا تدفأ بسرعة لاحتفاظها بقدر كبير من الرطوبة.

ج - الزراعة في الأراضي الرديئة الصرف لنفس السبب السابق.

الأصناف

توجد اختلافات وراثية بين أصناف البصل في ميلها نحو الإزهار المبكر. ويمكن تقسيم الأصناف إلى مجموعتين كما يلي :

أ - أصناف بطيئة في اتجاهها نحو الإزهار المبكر، ومن أمثلتها: إيرلى جرانو ، وتكساس إيرلى جرانو، وسان واكين، وإيتاليان رد.

ب - أصناف سريعة في اتجاهها نحو الإزهار المبكر، ومن أمثلتها: سويت سبانش، وهوايت سويت سبانش، وجرانكس، وكريستال واكس، ويلوبرمودا، وإكسل، وهوايت جرانكس، وهوايت كريول، ورد كريول (عن Jones وآخرين ١٩٥٧).

وينصح دائماً بزراعة الأصناف السريعة الإزهار متأخراً حتى تكون النباتات صغيرة عندما تتعرض للحرارة المنخفضة فلا تتأثر بها.

معاملات منظمات النمو

تؤدي معاملة نباتات البصل بحامض الجبريلليك إلى إسراع الاتجاه نحو الإزهار، وإلى زيادة نسبة النباتات المزهرة؛ حدث ذلك عند حقن أوراق بادرات البصل الصغيرة

بالجبريللين بتركيز ٢٠-٥٠٠ جزءاً في المليون، أو نفع الأبدال قبل زراعتها في محلول بتركيز ٥٠٠ جزءاً في المليون، أو رش النباتات بتركيز ١٠٠٠ جزء في المليون. وقد عزى تأثير الجبريللين إلى دوره في تحفيز تكوين مبادئ الأزهار، وربما إلى تحفيزه للنمو الخضري؛ مما يؤدي إلى تكوين نباتات كبيرة تكون أكثر استجابة لمعاملة الارتباع.

كذلك تؤدي معاملة البصل - الذائبة سبق ارتباعه - في بداية موسم نمود الثاني (عند بداية نمو الشمراخ الزهري أو قبل ذلك مباشرة) بحامض الجبريلليك بتركيز ٥٠-١٥٠ جزءاً في المليون إلى تقليل الوقت اللازم لظهور ٨٠٪ من الحوامل النورية بمقدار النصف، وكذلك إلى زيادة معدل استطالتها. أما النباتات التي لم يسبق تعريضها لمعاملة الارتباع، فإن معاملتها بحامض الجبريلليك لم يكن لها تأثير مماثل. ويعنى ذلك أن حامض الجبريلليك يقتصر تأثيره على استطالة الشماريخ التي تكون مبادئها قد تكونت بفعل معاملة البرودة، ولكنه لا يحل محل تلك المعاملة في تهيئة النباتات للإزهار.

وبينما تؤدي المعاملة بالجبريللين إلى زيادة النمو الخضري وجعل النباتات أكثر استجابة لمعاملة الارتباع، فإن المعاملة بتركيزات عالية من الإيثيفون (٢٥٠٠ جزءاً في المليون) تضعف النمو الخضري، وتجعل النباتات غير قادرة على الاستجابة للمعاملة بحامض الجبريلليك بتركيز ١٠٠٠ جزء في المليون، وأقل استجابة لمعاملة البرودة (عن Rabinowutch ١٩٩٠).

وقد تمكن Izquierdo & Corgan (١٩٨٠) من خفض نسبة النباتات التي تتجه نحو الإزهار المبكر في نيوميكسيكو، وذلك بمعاملة نباتات الزراعة الخريفية في أواخر الشتاء بالإيثيفون بتركيز ٥٠٠٠ جزء في المليون. وأدت هذه المعاملة إلى تقليل نمو الأوراق أيضاً، كما ارتبطت فاعلية المعاملة جوهرياً بقطر البصلة؛ فكان تثبيط الإزهار المبكر أعلى ما يمكن عندما تراوح قطر البصلة وقت إجراء المعاملة من ٩،٠-١،٦ سم، بينما لم تؤد المعاملة إلى زيادة نسبة المحصول الصالح للتسويق إلا عندما كانت نسبة الإزهار المبكر مرتفعة أصلاً في النباتات معاملة المقارنة (الكنترول). أما عندما كانت نسبة الإزهار المبكر منخفضة بطبيعتها في الكنترول، فقد أدت المعاملة بالإيثيفون إلى نقص المحصول نتيجة لتناقصها حجم البصلة.

تأثير تكوين الأبصال والإزهار بالتفاعل بين الحرارة والفترة الضوئية (مثال)

نقدم - فيما يلي - كمثال - التأثير المشترك لكل من درجة الحرارة والفترة الضوئية في تكوين الأبصال، والتهيئة للإزهار، والحنطة في أصناف البصل التي يكفيها نهار قصير نسبياً

(١٢ ساعة)، والتي يلزمها نهار متوسط الطول (١٣-١٤ ساعة)، والتي تحتاج إلى نهار طويل (١٤-١٥ ساعة) لتكوين الأبصال عند زراعتها على مدار العام في مدينة ديفز بكاليفورنيا بالولايات المتحدة (عن Yamaguchi ١٩٨٣):

تقع مدينة ديفز على خط عرض ٣٨ درجة شمالاً، وتكون درجة الحرارة والفترة الضوئية فيها على مدار العام كما يلي:

الشهر	متوسط درجة الحرارة (م)	طول النهار في أول الشهر (بالساعة والدقيقة)
سبتمبر	٢١	١٣,٢٢
أكتوبر	١٧	١٢,١٦
نوفمبر	١٢	١٠,٥١
ديسمبر	٨	١٠,٠٤
يناير	٨	٩,٥٥
فبراير	١٠	١٠,٣٧
مارس	١٢	١١,٤٠
أبريل	١٤	١٣,٠٠
مايو	١٨	١٤,١١
يونية	٢٠	١٥,٠٤
يوليو	٢٣	١٥,٠٩
أغسطس	٢٣	١٤,٣٢

يكون سلوك مختلف الأصناف - عند زراعتها على مدار العام - كما يلي :

١ - الأصناف التي يكفيها نهار قصير نسبياً (١٢ ساعة) لتكوين الأبصال:

أ - إذا أنبتت بذورها خلال الفترة من أول أبريل إلى أول مايو، فإن بادراتها تتعرض لنهار لا يقل طوله عن ١٣ ساعة، وتنتج بسرعة نحو تكوين الأبصال وهي صغيرة، فتتكون نتيجة لذلك بصيلات صغيرة الحجم.

ب - إذا أنبتت بذورها في أول شهر أكتوبر، فإن بادراتها تنمو خلال فصل الخريف في

درجات حرارة معتدلة، وتتعرض لفترة ضوئية تقل عن ١٢ ساعة؛ لذا نجد أن النمو النباتي يكون سريعاً، حيث تتخطى النباتات مرحلة الحداثّة قبل أن تحل برودة الشتاء. ويعقب ذلك تعرض هذه النباتات لمتوسط شهري لدرجة الحرارة يقل عن ١٠م° خلال الفترة من ديسمبر إلى يناير. وذلك يؤدي إلى ارتباع النباتات، وتكون مبادئ الأزهار بها، ثم تستطيل شماريخها الزهرية عند ارتفاع درجة الحرارة في شهر أبريل.

ج - إذا أنبتت بذورها خلال الفترة من أول شهر نوفمبر إلى أول فبراير، فإن بادراتها لاستجيب لدرجات الحرارة المنخفضة التي تتعرض لها خلال تلك الفترة، والتي يقل متوسطها الشهري عن ١٠م°، لأنها تكون في مرحلة الحداثّة؛ لذا .. نجد أن هذه النباتات لا تنهي للإزهار، وتستمر في النمو الخضري إلى أن تبدأ في تكوين الأبصال عندما تتعرض لفترة ضوئية طولها ١٢ ساعة أو أكثر .. ويكون ذلك في النصف الثاني من شهر مارس.

هذا .. ويعتمد حجم الأبصال المتكونة على موعد إنبات البذور المؤثر على مدى النمو الذي تصل إليه النباتات عند بداية تكوين الأبصال، حيث يزداد النمو مع التبكير في الزراعة، ويزيد بالتالي حجم الأبصال المتكونة.

د - إذا أنبتت بذورها في أول شهر مارس، فإن بادراتها تتعرض لفترة ضوئية مناسبة لتكوين الأبصال، وهي في مرحلة مبكرة من النمو، وتتكون نتيجة لذلك بصيالات صغيرة الحجم.

٢ - الأصناف التي يلزمها نهار متوسط الطول (١٣-١٤ ساعة) لتكوين الأبصال :

أ - إذا أنبتت بذورها في الفترة من أول شهر مايو إلى أول أغسطس، فإن بادراتها تتعرض لنهار يزيد طوله عن ١٤ ساعة، وتنتج بسرعة نحو تكوين الأبصال وهي صغيرة، فتتكون نتيجة لذلك بصيالات صغيرة الحجم.

ب - إذا أنبتت بذورها خلال الفترة من أول شهر سبتمبر إلى أول أكتوبر، فإن بادراتها تنمو خلال فصل الخريف في درجات حرارة معتدلة، وتتعرض لفترة ضوئية تقل عن ١٣ ساعة؛ ولذا .. نجد أن النمو النباتي يكون سريعاً بحيث تتخطى النباتات مرحلة الحداثّة قبل أن تحل برودة الشتاء .. ويعقب ذلك تعرض هذه النباتات لمتوسط شهري لدرجة الحرارة يقل عن ١٠م° خلال الفترة من ديسمبر إلى يناير. ويؤدي ذلك إلى ارتباع هذه النباتات، وتتكون بها مبادئ الأزهار، ثم تستطيل شماريخها الزهرية عند ارتفاع درجة الحرارة في شهر أبريل .

ج - إذا أنبتت بذورها خلال الفترة من أول شهر نوفمبر إلى أول مارس، فإن بادراتها لا تستجيب لدرجات الحرارة المنخفضة التي تتعرض لها خلال تلك الفترة (خاصة خلال الفترة من أول ديسمبر إلى أول فبراير، حيث يقل معدل درجة الحرارة الشهرى عن 10°م)، وذلك لأنها تكون في مرحلة الحداثة. وعلى هذا .. نجد أن هذه النباتات لا تنهياً للإزهار، وتستمر في النمو الخضري إلى أن تبدأ في تكوين الأبصال، وذلك عندما تتعرض لفترة ضوئية طولها $13\frac{1}{2}$ ساعة أو أكثر .. ويكون ذلك في بداية شهر مايو. هذا .. ويعتمد حجم الأبصال المتكونة على موعد إنبات البذور، والذي يؤثر على مدى النمو الذي تصل إليه النباتات عند بداية تكوين الأبصال، حيث يزداد مع التبريد في الزراعة، ويزيد بالتالي حجم الأبصال المتكونة.

د - إذا أنبتت بذورها في أول شهر أبريل، فإن نباتاتها تتعرض لفترة ضوئية مناسبة لتكوين الأبصال في بداية شهر مايو، فتتجه نحو تكوين الأبصال، وهي صغيرة الحجم نسبياً، فتتكون نتيجة لذلك أبصال متوسطة الحجم.

٣ - الأصناف التي تحتاج إلى نهار طويل ($14-15$ ساعة) لتكوين الأبصال:

أ - إذا أنبتت بذورها خلال الفترة من أول شهر يونيو إلى أول يوليو، فإن بادراتها تتعرض لنهار طوله ١٥ ساعة، وتتجه بسرعة نحو تكوين الأبصال وهي صغيرة، فتتكون نتيجة لذلك بصيلات صغيرة الحجم.

ب - إذا أنبتت بذورها خلال الفترة من أول شهر أغسطس إلى أول أكتوبر، فإن بادراتها تنمو خلال فصل الخريف في درجات حرارة معتدلة، وتتعرض لفترة ضوئية تقل عن $14\frac{1}{2}$ ساعة؛ ولذا .. فإن النمو النباتي يكون سريعاً، بحيث تتخطى النباتات مرحلة الحداثة قبل أن تحل برودة الشتاء. ويعقب ذلك تعرض هذه النباتات لمتوسط شهرى لدرجة الحرارة يقل عن 10°م خلال الفترة من ديسمبر إلى يناير. ويؤدي ذلك إلى ارتباج هذه النباتات، وتتكون بها مبادئ الأزهار، ثم تستطيل شماريخها الزهرية عند ارتفاع درجة الحرارة في شهر أبريل.

ج - إذا أنبتت بذورها خلال الفترة من أول شهر نوفمبر إلى أول أبريل، فإن بادراتها لا تستجيب لدرجات الحرارة المنخفضة التي تتعرض لها خلال تلك الفترة (خاصة خلال الفترة من أول ديسمبر إلى أول فبراير، حيث يقل معدل درجة الحرارة الشهرى عن 10°م)، وذلك لأنها تكون في مرحلة الحداثة؛ لذا .. فإن هذه النباتات لا تنهياً للإزهار، وتستمر في النمو الخضري إلى أن تبدأ في تكوين الأبصال، وذلك عندما تتعرض لفترة ضوئية طولها $14\frac{1}{2}$ ساعة أو أكثر،

ويكون ذلك في بداية شهر مايو، كما تكون الأبصال المتكونة متوسطة إلى كبيرة الحجم حسب الموعد الذى نبتت فيه البذور، حيث تعطى الزراعات المتأخرة أبصالاً متوسطة الحجم.

د - إذا أنبتت بذورها في أول شهر مايو، فإن نباتاتها تتعرض لفترة ضوئية مناسبة لتكوين الأبصال في بداية شهر يونيو، فتنتج نحو تكوين الأبصال وهي مازالت صغيرة الحجم نسبياً، فتتكون نتيجة لذلك أبصال متوسطة الحجم.

سكون الأبصال

مدة السكون ومظاهرة

أوضحت دراسات Abdallah & Mann (١٩٦٣) أن أبصال البصل تمر بفترة سكون قصيرة تفقد فيها الأبصال القدرة على تكوين بادئات أوراق جديدة. ففي صنف البصل إكسيل Excel استمر تكوين بادئات الأوراق خلال كل مراحل النمو النباتي في الحقل، وحتى قبل أن تتدلى أوراق النباتات لأسفل بنحو ٢٠ يوماً، ثم دخلت النباتات بعد ذلك في مرحلة سكون توقف خلالها تكوين بادئات أوراق جديدة، واستمرت هذه المرحلة حتى بعد الحصاد بفترة لم تتعد أسبوعين، وتلت ذلك استعادة النباتات لمقدرتها على تكوين بادئات أوراق جديدة، وانتهاء حالة السكون. وقد تكونت بادئات الأوراق في صنف إكسيل بمعدل ورقة واحدة أسبوعياً أثناء فترة النمو الحقلية حتى بداية مرحلة السكون. أما بعد انتهاء حالة السكون، فقد تكونت بادئات الأوراق في المخازن بمعدل ورقة واحدة جديدة كل أسبوعين في درجة حرارة ١٥م، وكل ٤ أسابيع في درجة حرارة صفر أو ٣٠م.

مما تقدم يستدل على أن السكون في البصل يبدأ قبل الحصاد بنحو ٢٠ يوماً، ويستمر إلى ما بعد الحصاد بمدة أقصاها أسبوعين، وأن حالة السكون تتميز بعدم مقدرة النبات على تكوين بادئات أوراق جديدة، إلا أن خلايا القمة النامية لساق نبات البصل تستمر في الانقسام أثناء فترة السكون.

وتجدر الإشارة إلى أن التزريع الذى يحدث أثناء التخزين (والذى يكون أسرع فى درجة حرارة ١٥م عما في درجة حرارة صفر أو ٣٠م) لا يرجع إلى بزوغ الأوراق التى تكونت بادئاتها أثناء التخزين، وإنما يرجع إلى استطالة الأوراق التى تكونت بادئاتها قبل الحصاد.

وقد أوضحت دراسات Abdallah & Mann (١٩٦٣) - كذلك - أن أوراق النباتات كانت خضراء وقائمة عندما توقف تكوين مبادئ أوراق جديدة قبل الحصاد بنحو ٢٠ يوماً، وأن تكوين

مبادئ الجذور الجديدة توقف فى الوقت ذاته تقريباً. وقد بدأ تكوين مبادئ الأوراق الجديدة داخل الأنبصال أثناء تخزينها وذلك بعد الحصاد بنحو أسبوعين . وقد استمر الانقسام الخلوى فى القمة النامية حتى وقت الحصاد، ثم تناقص بعد المعالجة، ليبقى عند مستوى منخفض خلال التخزين. وتكونت النموات الجديدة داخل البصلة بسبب استطالة الخلايا المتواجدة فى الأوراق البرعمية التى تكونت فى المراحل الأخيرة من تكوين البصلة، أى أنها لم تعتمد على الانقسام الخلوى فى القمة النامية.

وتتلاشى حالة السكون - تدريجياً - أثناء تخزين الأنبصال إلى أن تنتهى مع بداية تكوين نموات جديدة داخلية بعد نحو أسبوعين إلى سبعة أسابيع بعد الحصاد، حسب الصنف. ويكون النمو الداخلى بطئاً جداً - عادة - حيث يستغرق عدة شهور قبل ظهوره خارج البصلة فيما يعرف بالتزريع.

كذلك يتوقف التجذير فى الأنبصال الساكنة. وإذا زرعت الأنبصال فى بيئة رطبة فإن بروز الجذور يستغرق ما بين أسبوع واحد إلى عدة أسابيع بعد الحصاد حسب الصنف. ويلى التجذير حدوث التزريع الداخلى، فالخارجى (Andallah & Mann ١٩٦٣).

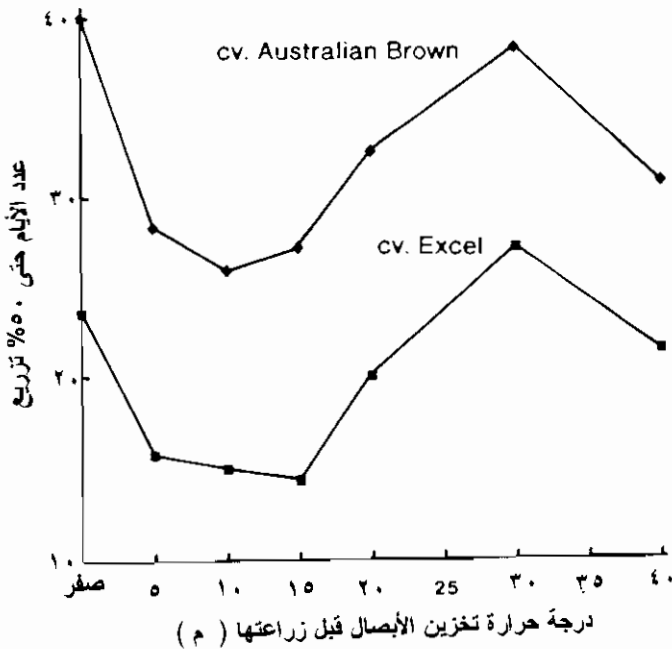
وعموماً .. فإن حالة السكون فى البصل (وكذلك فى الثوم) تتميز بأنها ذات طبيعة كمية، ولا تنتهى فجأة فى وقت معين، وإنما تختفى تدريجياً، ويكون انتهاءها أسرع فى درجات الحرارة المعتدلة (١٥-٢٠م) مقارنة بدرجات الحرارة المنخفضة (الصفر المئوى)، أو المرتفعة (٣٠م). وأياً كانت درجة الحرارة التى تخزن عليها الأنبصال، فإن المدة التى تلزم لحين إنباتها - من بعد زراعتها - تقل بزيادة فترة التخزين.

تأثير درجة حرارة التخزين على السكون

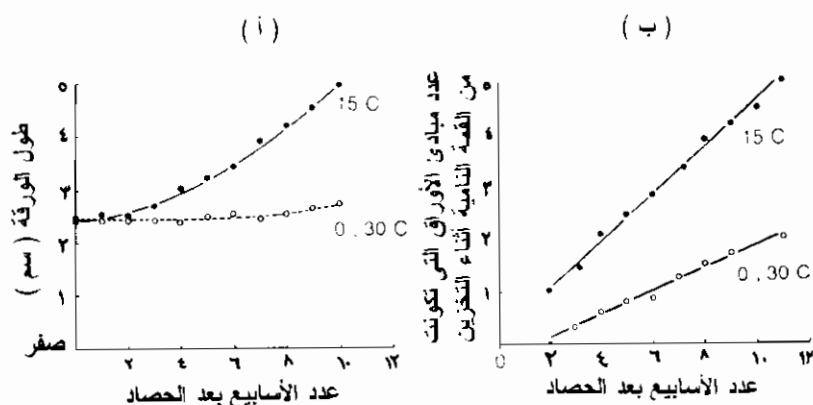
قام Abdalla & Mann (١٩٦٣) بتخزين أنبصال صنفين من البصل، هما: إكسيل Excel، وهو لا يتحمل التخزين كثيراً، وأوسترالين براون Australian Brown، وهو يتحمل التخزين لفترة طويلة على حرارة ثابتة مقدارها صفر، و ٥، و ١٠، و ١٥، و ٢٠، و ٣٠، و ٤٠م. وبعد التخزين لفترة صفر، و ٢، و ٤، و ٨، و ١٦ أسبوعاً قاما بزرعة عينات منها فى بيت موس مبلل على حرارة ١٥م، ثم قاما بحساب الوقت اللازم لتزريع ٥٠% من الأنبصال بوضوح. وتبين من النتائج (شكل ٦-٦) أن التزريع فى كلا الصنفين كان أسرع فى الأنبصال التى خزنت على حرارة ١٠-١٥م، وكان أبطأ فى الحرارة الأقل والحرارة الأعلى من ذلك. وكان معدل استطالة النموات الجديدة داخل البصلة ومعدل تكوين مبادئ الأوراق الجديدة أسرع كثيراً عندما خزنت الأنبصال على ١٥م عما لو كان تخزينها على

النصف المئوي أو ٣٠ م (شكل ٦-٧). وقد تأكدت هذه النتائج في دراسات لاحقة؛ ففي دراسة على ١٠ أصناف كان تزييع الأنبال التي خزنت على ٥ أو ٣٠ م أبطأ - وهي في المخازن - عما لو كان تخزينها على درجات حرارة متوسطة. وقد تراوح المدى المناسب للتزييع - في مختلف الأصناف - بين ١٠ و ٢٠ م (عن Brewster ١٩٩٤).

كذلك تبين أن تعريض الأنبال لحرارة ٣٠-٣٥ م لمدة ٣ أسابيع بعد حصادها مباشرة أدى إلى سرعة تزييعها عندما خزنت بعد ذلك في مخازن جافة على ١٥ م، وكذلك ازدادت سرعة تجذيرها وتزييعها عندما زرعت في بيت موس مبلل على ١٥ م (Miedema ١٩٩٤ أ). وقد أحدثت حرارة ٢٥ م تأثيرات مماثلة على الأنبال التي لم تكن كاملة النضج عند الحصاد. ويعنى ذلك أن تعريض الأنبال للحرارة المرتفعة أثناء علاجها - بعد الحصاد - قد يؤدي إلى تقصير فترة تخزينها (عن Brewster ١٩٩٤ - صفحة ١٥١). إلا أن تعريض الأنبال إلى حرارة تزيد عن ٢٥ م بصورة دائمة أدى إلى تثبيط التجذير والتزييع بشدة (Miedema ١٩٩٤ أ).



شكل (٦-٦): عدد الأيام حتى ٥٠% تزييع بأنبال سبق تخزينها لمدة أربعة أسابيع على درجات الحرارة المبينة في الشكل، وذلك بعد زراعتها في بيت موس مبلل على ١٥ م.



شكل (٦-٧): أ- تأثير حرارة تخزين الأبصال على استطالة النموات الجديدة في الصنف إكسيل.
ب- تكوين مبادئ الأوراق الجديدة في أبصال الصنف إكسيل المخزنة على حرارة ثابتة.

هذا .. ويكون تزييع الأبصال أسرع كثيراً إذا زرعت في وسط رطب، وسُمح لها بالتجذير عما لو تركت في مخازن جافة في ظروف مثبّطة للتجذير. وقد أمكن تمييز نوعين من التجذير، تجذير خارجي *outer rooting*، وهو تكوين الجذور على الساق القرصية القديمة للبصلة، وتجذير داخلي *inner rooting*، وهو تكوين الجذور من داخل البصلة قريباً من القمة الخضرية الميرستيمية عند قاعدة النموات الخضرية الجديدة. ويقترن التجذير الداخلي عادة - بالتزييع الداخلي، ولكن يختلف مدى هذا الاقتران باختلاف الأصناف. ويحفز ابتلال قاعدة البصلة التجذير الخارجي، الذي يمكن أن يحدث - كذلك - في المخازن عند ارتفاع الرطوبة النسبية عن ٨٠٪. أما التجذير الداخلي فلا يتأثر بالرطوبة النسبية خارج البصلة إلى أن تخترق الجذور سطح البصلة، حيث يزداد معدل نمو الجذور بعد ذلك في ظروف الرطوبة النسبية العالية أو الابتلال.

وعند تخزين الأبصال في درجات حرارة مختلفة ثم زراعتها في بيئة رطبة على حرارة تتراوح بين ١٠م° و ١٥م°، فإن الجذور يمكن أن تظهر في خلال أيام قليلة، ويكون ظهورها أسرع كثيراً عن ظهور النموات الخضرية الجديدة. وقد تبين لدى مقارنة ١٠ أصناف زرعت في فيرميكوليت مبلل على ١٠م° أن الوقت الذي مرّ حتى تجذير ٥٠٪ من النباتات تراوح بين ٨ أيام و ٦٣ يوماً حسب الصنف، كما وجدت اختلافات كبيرة بين

الأبصال فى الصنف الواحد. هذا إلا أن التجذير كان أسرع ما يمكن - فى جميع الأصناف - فى حرارة ١٠م، وبطبياً جداً فى حرارة ٣٠م؛ أى أن الاستجابة للحرارة كانت متماثلة فى حالتى التجذير والتزريع (Brewster ١٩٩٤).

عندما خزنت أبصال ١٠ أصناف من البصل فى درجات حرارة مختلفة ثم زرعت فى بيت موس مبلى على ١٠م، فإن الجذور الجديدة ظهرت خلال عدة أيام، وكان ظهورها أسرع من التزريع. وتراوحت الفترة التى انقضت حتى تجذير ٥٠٪ من الأبصال بين ٨ و ٦٣ يوماً حسب الصنف، بينما تراوحت الفترة التى انقضت حتى تزريع ٥٠٪ من الأبصال بين ٤٩ و ١٥٦ يوماً (وبالمقارنة .. تراوحت الفترة التى انقضت حتى تزريع ٥٠٪ من أبصال الأصناف ذاتها فى مخازن جافة على حرارة ١٠م بين ١٤٩ و ٣١٠ يوماً). وقد تراوحت درجة الحرارة المثلى للتزريع فى المخازن الجافة - فى هذه الدراسة - بين ١٠ و ٢٥م - حسب الصنف - وللتجذير على فير ميكوليت مرطّب بين ١٠ و ١٥م، وكانت الدرجة المثلى للتجذير واستطالة النموات الجديدة فى الأبصال غير الساكنة ٢٥م (Miedema ١٩٩٤).

يتضح مما تقدم بيانه أن انتهاء فترة الراحة فى الأبصال يحدث بصورة تدريجية، ويكون سريعاً فى حرارة ١٥م، ويتأخر بانخفاض درجة الحرارة، أى يتوقف طول فترة الراحة على درجة الحرارة. أما حالة السكون التى تطرأ على الأبصال فى الحرارة العالية فإنها تختلف فى طبيعتها من حالة الراحة التى تستمر فى الحرارة المنخفضة؛ فهى تحدث فى الحرارة المرتفعة (٢٥-٣٥م)، وتستمر لفترة أطول فى الحرارة الأعلى (٣٠-٣٥م) (Komochi ١٩٩٠).

وعلى خلاف الخروج من طور الراحة - الذى يكون أسرع فى الحرارة المعتدلة (١٥م) مما فى الحرارة المنخفضة (الصفر المئوى)، أو المرتفعة (٣٠م) - فإن معدل النمو - بعد انتهائهم طور الراحة - يتناسب طردياً مع درجة الحرارة وذلك فى المدى بين صفر، و ٢٥م.

تأثير تقطيع الأبصال على السكون

يؤدى تقطيع الأبصال إلى تحفيز تزريعها، ويزداد التأثير عند قطع الأبصال عرضياً مما فى حالة قطعها قطعين رأسيين متعامدين. وقد تبين أن القطع فى حد ذاته ليس هو العامل المؤثر، ولكنه يزيد من حركة الهواء - ومن ثم الأكسجين - حول القمة النامية والبراعم الأخرى الجانبية بالبصلة؛ الأمر الذى يحفز نموها. ويتحرك الهواء بحرية أكبر ليصل إلى

القمم النامية داخل البصلة فى القطع الأفقى عنه فى القطع الرأسى. ويحدث نفس التأثير فى الأبصال ذات الرقاب السمكية التى تكون أسرع تزيغاً، وهى التى تكون رقابها غير مندمجة وينفذ من خلالها الهواء بسهولة إلى داخل البصلة (عن Komochi ١٩٩٠).

كذلك فإن تجريح الساق القرصية يسرع تزيغ الأبصال.

وقد وجد Yoo & Pike (١٩٩٥) أن تقطيع الأبصال عرضياً مع إزالة الجزء المقطوع أدى إلى تحفيز التزيغ على فيرميكوليت مبلل فى حرارة ١٥°م، و ٢٥°م، وأن إزالة ٣/٤ البصلة كان أفضل من إزالة نصفها، ولكن معاملة التقطيع لم تكن مؤثرة على التزيغ فى حرارة ٣٠°م، حيث كان ضعيفاً للغاية وكان التجذير نشيطاً عند زراعة الأبصال على ١٥°م، بينما كان ضعيفاً للغاية على حرارة ٣٠°م. وبينما لم تؤثر معاملة تقطيع الأبصال على التجذير فى حرارة ٣٠°م، فإن العلاقة كانت عكسية بين مقدار الجزء العرضى المزال من البصلة (٥٠٪ أو ٧٥٪) والتجذير. وقد اقترح الباحثان - بناء على تلك النتائج - أن للبصل ميكانيكية للسكون تنشط فى ٣٠°م.

المظاهر الفسيولوجية لسكون الأبصال

التغيرات فى معدل التنفس

وجد أن معدل تنفس الأبصال يظل منخفضاً وثابتاً لفترة معينة بعد جفاف النموات الخضرية والحصاد، ويبدو أن هذه الفترة تواكب فترة الراحة فى الأبصال، وقد استمرت لمدة حوالى ١٠٠ يوم على حرارة ٥°م، وأكثر من ١٥٠ يوم على الصفر المئوى، ولكنها لم تدم إلا لعشرة أيام على حرارة ١٥°م، ثم بدأ بعد ذلك معدل التنفس فى الارتفاع. أما فى حرارة ٢٥°م فإن معدل التنفس انخفض سريعاً بعد بداية التخزين، ثم ظل ثابتاً لفترة، ثم ارتفع بعد ذلك، وتراوحت فترة ثبات معدل التنفس بين ١٠ أيام و ٢٥ يوماً. ويعتقد أن الانخفاض الأولى فى معدل التنفس مرده إلى سكون تسببه الحرارة العالية.

تمثيل مانعات التبرعم

وجد أن معاملة النموات الخضرية للبصل بالمركبات التى تؤدى إلى جفافه - وهى التى تعرف باسم المجففات desiccants - تؤدى إلى سرعة تزيغ البصل بعد الحصاد، وأن إزالة النموات الخضرية كلية أحدث تزيغاً أكثر. وقد أدى ذلك إلى افتراض وجود مانعات للتبرعم

Sprout Inhibitors، يتم تصنيعها فى الأوراق، وتنتقل أولاً بأول إلى الأبصال حتى تصل إلى تركيز معين فيها فى مرحلة معينة من تطورها، يؤدى إلى دخولها فى حالة سكون، ومع تحلل هذه المركبات فيما بعد تنتهى حالة السكون ويحدث التبرعم إذا توفرت الظروف البيئية المناسبة له.

التغيرات الهرمونية (الداخلية)

لوحظت زيادة فى المركبات المنشطة للنمو - مثل الأوكسينات والجبريلينات - فى الساق القرصية للبصلة أثناء نموها، ثم انخفض تواجدها تدريجياً مع اقتراب النضج. ووصلت هذه المركبات إلى أدنى مستوى لها خلال فترة الراحة، ولكنها ظلت دائماً متواجدة. وأعقب بداية تكون النموات الداخلية فى البصلة زيادة بسيطة فى مستوى هذه المركبات. أما المركبات المثبطة للنمو فإنها تواجدت فى البصلة من بداية تكوينها حتى تزييعها، ولم ينخفض تركيزها حتى بعد التزريع، ولم ترتبط بحالة السكون.

وفى دراسة أخرى وجد أن نشاط السيبتوكينينات، والجبريلينات، والأوكسينات فى القمم النامية مع جزء من الساق كان منخفضاً للغاية خلال فترة السكون، بينما كان تركيز مثبطات النمو عالياً. وحدثت زيادة كبيرة فى نشاط السيبتوكينينات فى بداية مرحلة استطالة النموات الجديدة، تبعثها زيادة فى نشاط الجبريلينات، ثم فى نشاط الأوكسينات، بينما اختفى نشاط مثبطات النمو.

ويبدو أن سكون الأبصال فى البصل يعتمد على توفر حالة من التوازن بين منشطات النمو ومثبطات النمو، وتتوفر أدلة قوية على اشتراك مثبطات النمو فى حالة التوازن تلك. وإلى الآن لم يمكن التعرف إلا على مثبط نمو واحد فى أبصال البصل، وهو حامض الأبسيسيك، ولكن نشاط هذا الحامض لم يشكل سوى ١٠-٢٠٪ من النشاط المثبط فى مستخلص الأبصال؛ مما يدل على وجود مثبطات نمو أخرى من حامض الأبسيسيك فى إحداث حالة السكون.

فى دراسة خزنتم فيها الأبصال على حرارة ٥-٩°م وجد أن مستوى المركبات المثبطة للنمو كان منخفضاً خلال الشهر الأول بعد الحصاد ثم انخفض تدريجياً إلى مستوى منخفض بعد خمسة شهور عند بداية التزريع. وعند التزريع ظهرت زيادة كبيرة فى مستوى السيبتوكينينات وظل مستواها مرتفعاً حتى نهاية فترة التخزين. وأعطيت الزيادة فى الستوكينين زيادات فى مستوى

كل من الجبريللين والأوكسين. ولم يتأثر التزريع فى الأبصال التى حققت بالأوكسينات، أو بالجبريلينات أثناء تخزينها، ثم وضعت فى حرارة ٢٠م. ويعنى ذلك أن بداية التزريع واستمراره يتطلب توفر مستوى منخفض من مثبطات النمو ومستوى مرتفع من السيبتوكينين. وتؤكد ذلك معاملات البراعم المعزولة من الأبصال الساكنة بمنظمات النمو، والتى لم تتأثر فيها استئالة البراعم بالأوكسينات أو الجبريلينات، بينما تبيّنت بحامض الأبسيسيك، وحفّزت للنمو بالمعاملة بالكينتين (عن Miedema & Kamminga ١٩٩٤).

وفى دراسة حول دور السيبتوكينينات فى سكون أبصال البصل قام Miedema & Kamminga (١٩٩٤) بتخزين أبصال البصل - بعد حصادها بأربعة أسابيع - على ٥، أو ١٥، أو ٣٠م لمدة ١٨ أسبوعاً. وقد وجد أن سكون الجذور تلتشى تدريجياً أثناء التخزين، ولكن ازدادت سرعة ذلك التلتشى على حرارة ٣٠م، وظهر التزريع بعد التجذير. وقد ظل مستوى نشاط السيبتوكينين منخفضاً خلال الأسابيع الستة الأولى من التخزين على جميع درجات الحرارة. وفى معاملتى التخزين على حرارة صفر، و ١٥م وجد ارتفاع مفاجئ فى نشاط السيبتوكينين بعد ١٢ أسبوعاً من التخزين أعقبه ارتفاع آخر بعد ١٨ أسبوعاً. أما عند التخزين على حرارة ٣٠م فلم يرتفع نشاط السيبتوكينين إلا بقدر يسير خال فترة التخزين. وقد أدى حقن الأبصال التى خزنت على حرارة ٢٥م لمدة ٢٨ أسبوعاً بالبنزيل أدنين Benzyladenine إلى تحفيز تزريعها بشدة. ويستدل من ذلك أن تثبيط تزريع الأبصال فى درجات الحرارة العالية يكون مرده إلى انخفاض مستوى السيبتوكينينات الداخلية فى هذه الظروف.

وجد Miedema (١٩٩٤ ب) أن بزوغ النموات الجديدة من الأبصال (التزريع) المزروعة فى فيرميكوليت مرطب حدث بعد تجذيرها بنحو أسبوعين. وأدت إزالة الجذور إلى تأخير التزريع بنحو أسبوعين إلى ثمانية أسابيع حسب الصنف، علماً بأن تصنيع السيبتوكينينات يتم فى القمة الميرستيمية للجذور. وعندما كانت الزراعة فى مزرعة مائية أمكن التغلب على التأثير السلبى لإزالة الجذور على التزريع بإضافة البنزيل أدنين Benzyladenine إلى الماء بتركيز ١٠ ميكرومول/لتر. ويستدل من ذلك على أن السيبتوكينين هو العامل المحدد لنمو البراعم الخضرية فى الأبصال، وأن المجموع الجذرى هو الذى يقوم بتوفيره. ولكن لم تكن إضافة البنزيل أدنين إلى الماء فى المزرعة المائية كافية للتغلب على التأثير السلبى لإزالة الجذور على التزريع فى أصناف أخرى، حيث تطلب

الأمر كذلك تجريح الساق القرصية. كما أن مجرد تجريح الساق القرصية بالأبصال التى أزيلت جذورها أدى إلى تحفيز التزريع دونما إضافة للبنزىل أدنى؛ مما يوحى بوجود عامل آخر - إلى جانب السيتوكينين - يؤثر على تزريع الأبصال.

وعموماً .. فإن الظروف التى تساعد على تجذير الأبصال يمكن أن تؤدى - من خلال زيادة تمثيل السيتوكينينات - إلى سرعة تزريعها كذلك.

تأثير معاملات منظمات النمو

بالنسبة لدور الأوكسينات، والجبريلينات، والسيتوكينينات فى كسر حالة السكون فإن نتائج الدراسات التى أجريت فى هذا الشأن تفيد بأن دور الأوكسينات التى تعامل بها الأبصال يقتصر على إسراع التزريع بعد انتهاء فترة السكون بالفعل، ولكنها لا تكسر حالة السكون؛ الأمر الذى يتمشى مع ما هو معروف عن دور الأوكسينات فى أنواع نباتية أخرى. كذلك لم يعرف أى تأثير لمعاملة بالجبريلين فى كسر حالة السكون. أما السيتوكينينات فإنها تلعب دوراً رئيسياً سواء فى انتهاء حالة السكون بصورة طبيعية (السيتوكينينات الطبيعية فى النبات)، أم فى إنهاء (كسر) حالة السكون بمعاملة الأبصال بها.

تغيرات أخرى وأخرى

لوحظ كذلك حدوث تغير فى نسب مختلف البولى أمينات Polyamines فى الأبصال أثناء سكونها (Matejko & Dahlhelm ١٩٩١).

هذا .. ولمزيد من التفاصيل عن فسيولوجيا البصل من كافة جوانب الموضوع .. يراجع Rabinowitch & Brewster (١٩٩٠).