الفصل السادس

النمو والتطور

مراحل النمو الخضرى 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 – بزوغ الجذير	١٠–١٥
٣ – مراحل تكوين العقدة Loop أو الركبة Knee (وعددها ٣ مراحل)	١٥–٣٠
٤ – مرحلة العلم Flag stage	٣٠–٤٠
٥ – مرحلة نمو الورقة الحقيقية الأولى إلى الثانية	٤٠–٥٠
٦ – مرحلة نمو الورقة الحقيقية الثالثة إلى الرابعة	٥٠–٦٠
٧ – مرحلة تكوين أبصال ظاهرة	٧٠–٩٠
٨ – بداية مرحلة النضج	١٣٠–١٦٠
٩ – اكتمال مرحلة النضج	١٥٠–١٨٠

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

إنبات البذور

تأثير العوامل السابقة للحصاد على حيوية البذور

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

وتعطى البذور التى أنتجتها نباتات كانت نامية فى حرارة يزيد متوسطها عن ١٨°م نسبة أعلى من الإنبات وبادرات أكبر حجمًا، 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 ١٨°م 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 الكمى 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).

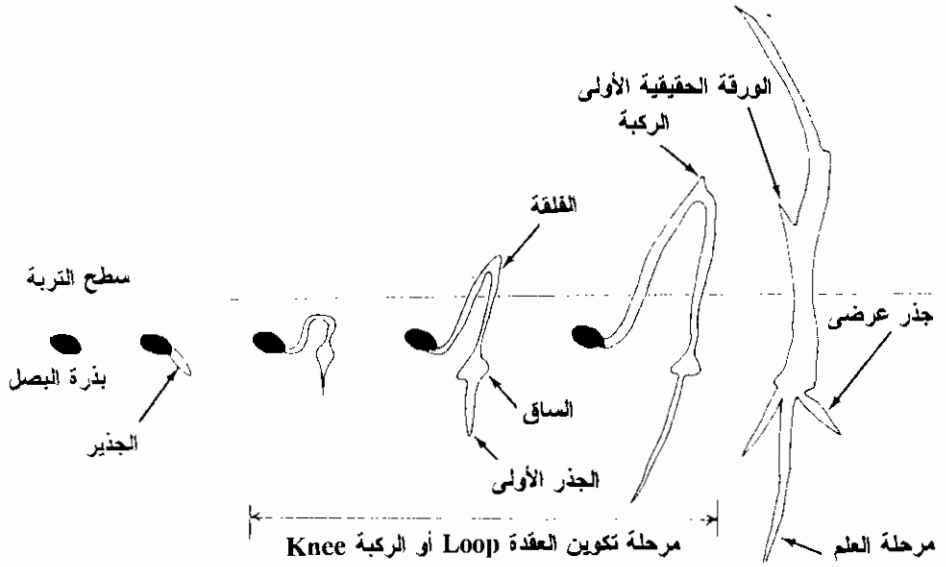
يدل الثابت ٤,٩٠٦ فى المعادلة الأولى على القدرة النظرية المحتملة للبذور على التخزين، وهو أقل مما فى المحاصيل الأخرى التى درست. وأما الثابت ٠,٤٨٦ فى المعادلة الثانية فإنه أعلى مما فى المحاصيل الأخرى؛ وهو ما يعنى اختلاف البذور فى حيويتها وفى سرعة فقدها لحيويتها مع الوقت. ويتساوى الثابت ٠,١٠٧ فى المعادلة الأولى مع الثابت المماثل الذى وجد فى محاصيل أخرى غير البصل، ولكن نظرًا لأن بذور البصل لاتحتفظ 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 لاتفقد 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 وضوحًا 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 للبذور

يتأثر إنبات بذور البصل بكل من درجة حرارة التربة ومحتواها الرطوبى، وحدث أسرع إنبات - بمتوسط تراوح بين ٦ و ١١ يومًا - 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 عاليًا (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 بذور البصل يلزمها ٢١٩ يوما حراريًا day-degrees أعلى من درجة حرارة أساس مقدارها ١,٤°م لكى تصل إلى المرحلة التى تكون فيها فلقات ٥٠٪ من البذور مستقيمة (أى أنبتت وتخطت مرحلة التواء الفلقة على شكل ركبة Knee إلى انفراجها فى خط مستقيم). وتحسب الأيام الحرارية بجمع عدد الساعات التى تمر وتكون فيها درجة الحرارة أعلى من ١,٤°م مضروبًا فى عدد درجات الحرارة الأعلى من ١,٤°م فى كل ساعة منها. وعلى الرغم من تساوى البصل مع عديد من خضروات المواسم الباردة الأخرى - كالصيلبيات - فى درجة حرارة الأساس تلك، إلا أنه يلزمه عدد أكبر من الأيام الحرارية لاستكمال إنباته عنها؛ فهو يحتاج - مثلا - إلى ضعف عدد الأيام الحرارية التى 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 للنموات الهوائية بالجرام.

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

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

مقلوب الفترة حتى ٥٠٪ إنبات = -٠,٠١ + ٠,٠٠٧١٣ × (متوسط درجة حرارة الهواء °م).

وتتسق هذه المعادلة مع الحاجة إلى ١٤٠ يومًا حراريًّا فى حرارة أعلى من ١,٤°م لاستكمال ٥٠٪ إنبات، ولكن الإنبات هنا يحسب بمجرد بزوغ البادرة من التربة.

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

حدود تحمل بادرات البصل لحرارة التجمد

تتجمد بذور البصل النابتة إذا تعرضت لحرارة -٦,٥°م، ويرجع ذلك غالبًا إلى تكوين البللورات الثلجية داخل خلايا الجذير الذى يكون بطول حوالى ٠,٥ سم. وإذا وضعت البذور النابتة فى ماء مقطر بعد تعريضها لحرارة -٦,٥°م تزداد قدرة الماء على التوصيل الكهربائى؛ مما يدل على حدوث تسرب أيونى من خلال الأغشية. وعلى الرغم من أن وضع البذور المتشربة بالماء فى ماء مقطر بعد تعريضها لحرارة -٦,٥°م لايؤدى إلى زيادة درجة التوصيل الكهربائى للماء المقطر، إلا أن زيادة فترة التعرض لهذه الدرجة المنخفضة لمدة أربعة أيام يؤدى إلى نقص حيويتها (عن Brewster ١٩٩٠).

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

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

النمو الخضرى

سرعة نمو البصل مقارنة بالمحاصيل الأخرى

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

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

كذلك وجد Tei وآخرون (١٩٩٦) انخفاضًا فى معدل النمو النسبى للبصل - فى 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 فى الاستفادة من الضوء الذى يستقبله. وعلى الرغم من ذلك، فإن البصل ينتج كمية ضخمة من المادة الجافة؛ بسبب تجانس توزيع الإشعاع الشمسى على النموات الخضرية، وتوقف النمو الورقى مبكرًا، وانخفاض معدل التنفس فى الأبصال.

طريقة حساب مساحة الورقة

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

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

حيث إن:

A = مساحة الورقة.

L = طول الورقة .

C_{25} = محيط الورقة على مسافة ٢٥٪ من قاعدتها.

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

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

المتغير[أ]	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٪ (C_{25})، و ٥٠٪ (C_{50})، و ٧٥٪ (C_{75}) من قاعدتها.

ب - NS، و ** = غير جوهرية، وجوهرية جدًا عند مستوى احتمال ≤ ٠,٠١ على التوالى.

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

تأثير ملوحة التربة

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

تعمق جذور البصل فيها. ويبلغ أعلى ضغط انتفاخى Turger Pressure (TP) فى أوراق البصل ٠,٤ ميجال باسكال MPa، وهى قيمة منخفضة مقارنة بالأنواع المحصولية الأخرى، والتى قد يصل فيها الـ TP إلى ١,٠ ميجا باسكال. وتقل درجة توصيل ثغور البصل بسرعة مع انخفاض الـ TP فى الأوراق من ٠,١٥ إلى ٠,٠٥، علمًا بأن سرعة انخفاض توصيل الثغور فى البصل تبلغ ثلاثة أضعاف سرعة انخفاضها فى محصول مثل الفاصوليا فى نفس المدى من الـ TP. ولذا .. تنخفض معدلات النتح والبناء الضوئى بشدة مع هذا الانخفاض فى الـ TP. كذلك ينخفض معدل نمو الأوراق خطيًّا 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 مايحدث فى محاصيل أخرى – ويحدث نقص ملموس فى معدل البناء الضوئى، ومعدل نمو الأوراق، وبالتالى فى معدل نمو المحصول. وقد وجد أن النمو يقل بمقدار ٥٠٪ بزيادة الضغط الأسموزى للمحلول الملحى (محلول كلوريد الصوديوم) فى بيئة نمو الجذور 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 لوغاريتميًّا – تقريبًا – فى مدى حرارى يتراوح بين ١٠ و ١٩°م، ويصل إلى أعلى مستوى له فى حرارة ٢٣–٢٧°م، ثم ينخفض ثانية عند ٣١°م. كذلك تزداد الكفاءة التمثيلية Net Assimilation Rate ونسبه المساحة الورقية Leaf Area Ratio بين ١٠ و ١٩°م، ويسهم ذلك فى ازدياد معدل النمو النسبى. وفى درجات الحرارة الأعلى من ذلك يستمر دليل المساحة الورقية Leaf Area Index فى الازدياد حتى ٢٧°م، بينما تنخفض الكفاءة التمثيلية.

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

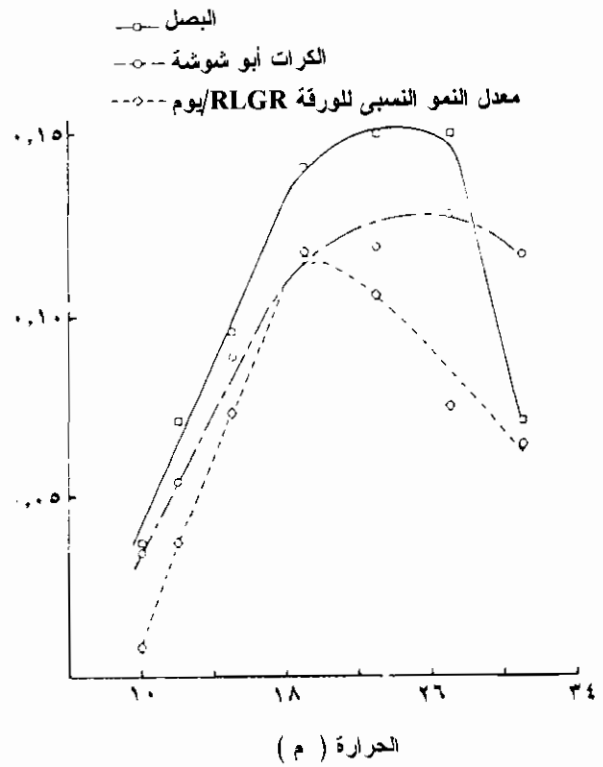
ويعتمد معدل نمو أوراق البصل كثيرًا على درجة الحرارة، ويوضح شكل (٦–٢) تلك العلاقة فى البصل، والكرات أبو شوشة، والبصل الأخضر اليابانى. يتبين من الشكل ازدياد معدل النمو

النسبى للورقة Relative Leaf Growth Rate (اختصارا: RLGR) خطيًا فى مدى حرارى يتراوح بين ٦ و ٢٠°م، ويمكن التعبير عن ذلك بالمعادلة التالية:

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

حيث إن RLGR هى معدل النمو النسبى للورقة على أساس يومى، و T هى الحرارة بالدرجة المئوية، و ٦ تمثل درجة حرارة الأساس التى يتوقف عندها أو دونها نمو الورقة.

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



شكل (٦-٢): العلاقة بين معدل النمو النسبى للورقة (RLGR) ودرجة الحرارة فى كل من البصل، والكرات أبو شوشة، والبصل اليابانى فى مرحلة نمو البادرات تحت ظروف إضاءة شدتها ٦٠٠ ميكرومول umol/سم٢/ثانية، ولمدة ١٢ ساعة يوميًا.

فإذا علمنا أن فلقة البصل الممتدة (المستقيمة) تبلغ مساحتها (كما تقدر لأحد جانبيها المسطحين) ٠,٥سم٢، فإن المساحة الورقية لنبات من البصل نما لفترة بعد إنباته يمكن التنبؤ بها من المعادلة التالية:

لوغاريتم المساحة الورقية للأساس e = لوغاريتم ٠,٠٥ للأساس e + ٠,٠١٠٨ x DD

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

تأثير شدة الإشعاع الشمسى

وجد أن معدل النمو النسبى 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 ثانى أكسيد الكربون

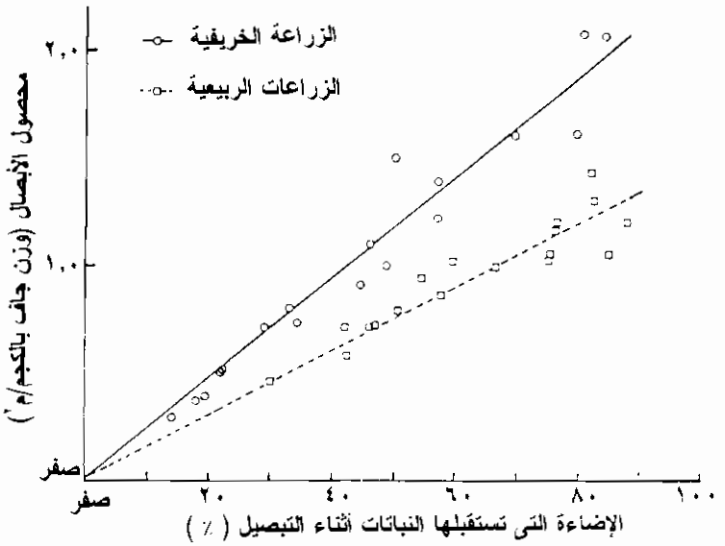
وجد أن نباتات البصل كانت أكثر قدرة على الاستفادة من الأشعة الشمسية الساقطة عليها عندما زيد تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون (داخل أنفاق بلاستيكية حقلية زرع فيها البصل) من ٣٧٤ إلى ٥٣٢ جزءًا فى المليون، وذلك حتى بداية التبصيل، ولكن هذا التأثير لزيادة تركيز الغاز تلاشى فى مراحل النمو التالية. وقد ترتب على زيادة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

تأثير دليل المساحة الورقية

يتوقف المحصول المنتج – بشدة – على نسبة الإشعاع الشمسى الذى تستقبله النموات الخضرية عند تكوين الأبصال (شكل ٦–٣). ويبين شكل (٦–٤) العلاقة بين دليل المساحة الورقية Leaf Area Index (اختصارًا: LAI) – وهى المساحة الورقية لكل وحدة مساحة من

الحقل - ونسبة الإشعاع الشمسى الذى تستقبله النموات الخضرية (I%)، وعبر عن هذه العلاقة بالمعادلة التالية:

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

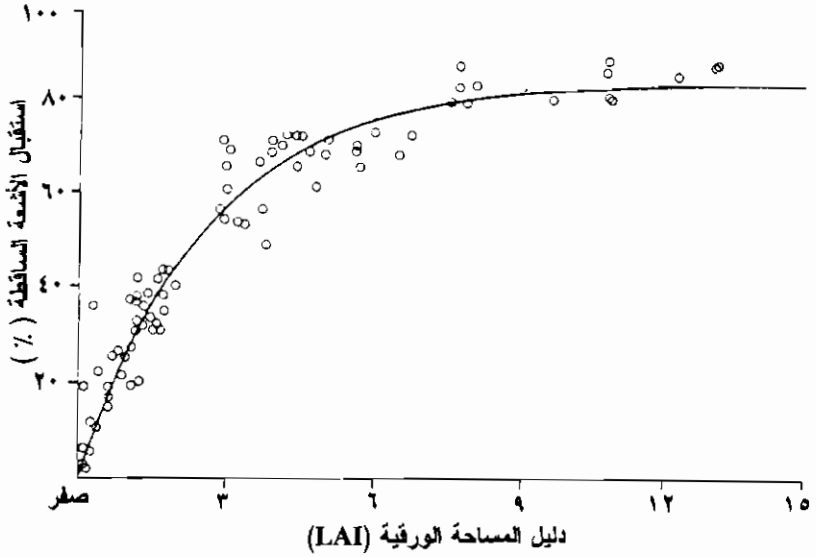


شكل (٦-٣): العلاقة بين نسبة الإشعاع الشمسى الذى تستقبله نباتات البصل - فى مرحلة تكوين الأبصال - والمحصول - معبرًا عنه بالوزن الجاف للأبصال - وذلك تحت ظروف توفر الرطوبة الأرضية والتسميد الجيد فى الزراعتين الخريفية والربيعية فى ولـيزبورن **Wellesbourne** بالمملكة المتحدة (عن Brewster ١٩٩٤).

وباستعمال هذه المعادلة يمكننا حساب دليل المساحة الورقية الذى يلزم لتحقيق معدل استقبال عالٍ للإشعاع الشمسى. فمثلاً .. يتطلب استقبال ٦٠٪ من الأشعة الساقطة دليلاً للمساحة الورقية قدره ٣,٢. وإذا افترضنا أن نمو النباتات يستمر لوغارتيميًّا تقريبًا إلى حين الوصول إلى دليل المساحة الورقية المطلوب، فإنه يمكننا حساب الوقت الحرارى thermal time - على صورة أيام حرارية متجمعة بين ٦ و ٢٠°م - الذى 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 يومًا حراريًّا للوصول إلى مرحلة دليل مساحة ورقية مقدارها ٣,٢ فى كثافة نباتية مقدارها ٦٠ نباتًا/م٢.



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

تكوين الأبصال

طريقة تكوين الأبصال

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

البراعم الجانبية

يتوقف عدد البراعم الجانبية المتكونة فى البصلة على الصنف والظروف البيئية. فلا تتكون أى براعم جانبية فى أصناف البصل المستعملة فى إنتاج حلقات البصل المقلية، أو قد يتكون برعم أو برعمان فقط، بينما قد تتكون عدة براعم فى الأصناف الأخرى. ولا تعرف جميع العوامل البيئية التى تشجع على تكوين البراعم الجانبية، إلا أنها تتكون عادة

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

ونادرًا ما تعطى البراعم الجانبية أية نموات خضرية خلال نفس موسم النمو الذى تكونت فيه، ولكنها يمكن أن تنبت أثناء التخزين، كما أنها تنتج شماريخ زهرية فى موسم النمو التالى.

ويعتبر تكوين براعم جانبية أمرًا مفيدًا ومطلوبًا عند استعمال هذه الأبصال كتقاو فى 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 ميكرونًا حسب الصنف وموقع الجزء المقيس من البصلة، حيث يقل السمك عند أقصى قطر للبصلة.

ويحدث أثناء التخزين تغير بسيط فى شكل البصلة بسبب تكون الجذور داخليًا قرب القمة النامية، وما يعقب ذلك من استطالة بالأوراق الداخلية. وتؤدى هذه التغيرات إلى تعرض الأوراق الحرشفية لشدٍّ ملموس فى هذه المنطقة من قاعدة البصلة؛ الأمر الذى يؤدى - غالبًا - إلى تشقق الحراشيف. ويكون التشقق عمودى غالبًا، ويبدأ فى قاعدة الورقة الحرشفية، ثم يمتد إلى أعلى تدريجيًا، وقد تُفْقد هذه الحراشيف عند تداول البصل بعد ذلك. وتقل فرصة تشقق الحراشيف وفقدها فى 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. ونظرًا لأن البصلة والساق الكاذبة نادرًا 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 ٢,٠ فإن ذلك يؤخذ دليلاً قويًا على بداية التبصيل Onset of Bulbing. هذا .. علمًا بأن نسبة التبصيل فى مراحل النمو السابقة للتبصيل تكون - غالبًا - حوالى ١,٢.

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

وتعرف الأوراق التى تكون فيها النسبة الورقية واحدًا صحيحًا أو أقل بأنها أوراق البصلة Bulb Scales.

وتتكون الأنسجة الخازنة فى الأبصال الناضجة من أورق 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 مقسومًا على الوزن الجاف لأنصال الأوراق للاستدلال بها على الحكم على درجة التبصيل. وتقطع أنصال الأوراق من الساق الكاذبة عند نقطة اتصال النصل بالغمد (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 منتصبًا. ويحدد موعد النضج بوصول ٨٠٪ من النباتات إلى هذه المرحلة وتدلى 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 بالمعادلة التالية (عن Brewster ١٩٩٠).

Duration of Bulb Growth = 104.8 - 0.245 HI% - 2.714 T

حيث إن:

HI = دليل الحصاد Harvest Index.

T = درجة الحرارة بالمئوى.

ويعنى ذلك أن انخفاض درجة الحرارة أثناء نمو الأبصال يؤدى إلى زيادة فترة نمو البصلة، وأن العلاقة تكون عكسية بين تلك الفترة ودليل 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 تُرك البصل بدون حصاد لمدة أسبوعين بعد رقاد أنصال الأوراق .

ومقارنة بالمحاصيل الأخرى كالحبوب .. يعد البصل قليل الكفاءة فى استقبال الضوء، ومتوسطًا فى تحويل الإشعاع إلى مادة جافة، وجيدًا فى دليل الحصاد. وتؤدى زيادة فترة نمو الأبصال مع ارتفاع دليل الحصاد إلى زيادة المحصول، ولكن العلاقة عكسية بين دليل الحصاد وطول فترة نمو الأبصال.

العوامل المؤثرة فى تكوين الأبصال

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

تأثير الفترة الضوئية

يعتبر البصل من نباتات النهار الطويل بالنسبة لتكوين الأبصال، فقد اكتشف Garner & Allard عام ١٩٢٠ أن نباتات البصل لا تبدأ فى تكوين الأبصال إلا بعد أن تتعرض لفترة ضوئية لاتقل عن حد ميعن، ثم أوضح Magruder & Allard عام ١٩٣٧ أن الفترة الضوئية الحرجة لتكوين الأبصال تتراوح من ١٢ ساعة فى الأصناف المبكرة إلى ١٥ ساعة فى الأصناف المتأخرة. وقد وجد بعد ذلك أن الفترة الضوئية الحرجة لتكوين الأبصال تختلف من ١١ إلى ١٦ ساعة فى 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، فهى لاتكون أبصالاً إذا زاد طول الليل عن حد معين، بينما تكون بعض الأصناف أقدر من غيرها على تكوين الأبصال فى النهار القصير نسبيًا.

وإذا لم تتعرض نباتات البصل للحد الأدنى من الفترة الضوئية الحرجة، فإنها تستمر فى النمو الخضرى دون أن تكوّن أبصالا، ويستفاد من هذه الظاهرة فى إنتاج البصل الأخضر بزراعة الأصناف التى تحتاج إلى نهار طويل لتكوين الأبصال فى مناطق لا تتوفر فيها احتياجاتها من الفترة الضوئية. وعلى العكس من ذلك .. نجد أن تعريض نباتات البصل – فى وقت مبكر من نموها – لفترة ضوئية أطول من الفترة الحرجة اللازمة لتكوين الأبصال يدفعها إلى تكوين الأبصال مبكرًا قبل أن تكون النباتات مجموعًا خضريًا قويًا، ويؤدى ذلك إلى تكوين أبصال صغيرة. ويستفاد من ذلك فى إنتاج بصيلات التخليل، حيث تزرع الأصناف التى يمكنها تكوين الأبصال فى النهار القصير نسبيًا – فى مناطق ذات نهار أطول من الاحتياجات الضوئية لهذه الأصناف. وقد أمكن ملاحظة تكوين الأبصال فى نباتات الصنف رد كريول، وهى فى مرحلة الورقة الحقيقية الأولى، وذلك عندما كانت النباتات نامية فى أنسب الظروف لتكوين الأبصال. وعلى الرغم من أن الأبصال التى تكونت كانت فى حجم بذرة البازلاء، إلا أنها نضجت بصورة طبيعية، وكان لها طور سكون عادى، كالأبصال الكبيرة.

ومن الناحية الأكاديمية، فإن البصل يتجه نحو تكوين الأبصال بعد تعرضه لفترة ضوئية تزيد عن الفترة الحرجة التى تلزم لتهيئة النبات لتكوين الأبصال حسب احتياجات الصنف، إلا أن النباتات قد تعاود النمو الورقى 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 فى الأصناف التى لاتحتاج إلى فترة ضوئية طويلة لتكوين الأبصال) وذلك قبل أن تعاود النباتات تكوين أنصال الأوراق من جديد (Wiles ١٩٩٤). وإذا حدث ذلك فى زراعات البصل التجارية (كما فى الزراعات الربيعية فى الدول الأوروبية حيث تبدأ النباتات فى 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 فى تجنب هذه الحالة، حيث تستمر

النباتات فى الاتجاه نحو نضج الأبصال 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 قِصر 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 الأبصال 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 سبانش، وإيتاليان رد، وأوستراليان براون، ويلو جلوب دانفرز، ويلو فلات دتش.

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 فى البصل الصعيدى، ومن ١٢ ساعة و ٢٥ دقيقة إلى ١٣ ساعة و ١٣ دقيقة فى البصل البحيرى. ولا تنجح زراعة أصناف المجموعتين الثالثة والرابعة السالفة الذكر فى مصر، وذلك نظرًا 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 نظرًا لقصر احتياجاتها من الفترة الضوئية، وهى:

١ - أصناف مبكرة جدًا: 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 التبكير: تتضمن جاليل Galil، و H489 (المصدر: Hazera بإسرائيل)، وأجريفوند لايت رد Agrifound Light Red (المصدر: المؤسسة الوطنية لأبحاث وتطوير البساتين بالهند)، ورد كريول سى٥ 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 لايمكن أن تتكون الأبصال إذا نقصت الفترة الضوئية كثيرًا 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 التأقت الضوئى، إلى جانب تأثيرها غير المباشر من خلال المواد الغذائية المُصنعة. فلقد تبيّن 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 لزمت ٦ أسابيع فقط لتكوين الأبصال عندما تعرضت النباتات لفترة ضوئية طويلة وإضاءة قوية، بينما احتاج الأمر إلى ١٧ أسبوعًا 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 فى جدول (٦-٢).

جدول (٦-٢): تأثير شدة الإضاءة على التبصيل فى ثلاثة أصناف من البصل[أ] (عن Grogan & Kedar ١٩٩٠).

شدة الإضاءة	عدد الأيام حتى زيادة نسبة التبصيل Bulbing Ratio عن ٢,٠		
(قدم - شمعة)	Beit Alpha	Early Grano	Riverside
٣٠٠٠	٢١	٢١	٢٧
٢٥٠	٣٥	٤٩	٩٨
١٠٠	لم تتكون أبصال	لم تتكون أبصال	لم تتكون أبصال

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

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 درسا تأثير درجة الحرارة على تكوين الأبصال فى البصل. وقد وجدا أنه على الرغم من أن البصل يتأثر أساسًا بطول الفترة الضوئية عند تكوين الأبصال، إلا أن الحرارة المرتفعة نسبيًا كانت ضرورية أيضًا، إذ لم تتكون فى النهار الطويل عندما كانت درجة الحرارة أقل من ١٥,٥°م. وقد تراوح المجال الحرارى 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 نسبيًا، ففى هذه الظروف تكوّن النباتات نموًا خضريًا جيدًا قبل أن تتجه نحو تكوين الأبصال. أما إذا كانت درجة الحرارة مرتفعة، فإنها تتجه نحو تكوين الأبصال فى وقت مبكر قبل أن تكوّن نموًا خضريًا؛ وبذا تتكون أبصال صغيرة (Wiles ١٩٩٤). ومن ناحية أخرى .. فإن الإرتفاع 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 حدّ أدنى للنقص فى الفترة الضوئية لايمكن أن تكوّن 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:

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

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

تأثير عمر النبات

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

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

تأثير حجم النمو النباتى

على الرغم من أن نباتات البصل يمكنها أن تبدأ فى 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 النباتى 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 مبكرًا 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 الخضرى أو الإضرار به – مثل الإصابات المرضية والحشرية، وأضرار البَرَدْ، 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 لاتزيد 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 فى الفترة الضوئية، وتتجه النباتات نحو تكوين الأبصال، إلا أن المحصول يكون منخفضًا. وعلى الجانب الآخر .. فإن وفرة التسميد الآزوتى بدرجة أكبر من حاجة النباتات تؤدى إلى تأخير تكوين الأبصال.

وقد تبين أن تأثير زيادة النيتروجين ذو وجهين: فمن ناحية .. تزداد سرعة التبصيل بزيادة النيتروجين، ولكن زيادته تؤدى – من الناحية الأخرى – إلى تأخير تكوين أوراق البصلة؛ مما يؤدى إلى تأخير النضج فى 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 يؤدى إلى تأخير تكوينها للأبصال وتأخير نضجها بنحو شهر عن نظيراتها التى سبق تخزينها فى حرارة ٢٠°م أو أقل من ذلك. وفى الحالة الأولى .. يسمح موسم النمو الطويل بمزيد من النمو الورقى؛ وبالتالى زيادة المحصول. ويحدث نفس التأثير فى كل من الشالوت Shallots والبصل المتضاعف multiplier onion عند إكثارهما بالبصيلات (عن Brewster ١٩٩٤).

الأساس الفسيولوجى للتبصيل

دور الأوراق فى الاستجابة للفترة الضوئية المهيئة للإزهار

أوضحت عديد من الدراسات أن أنصال أوراق البصل هى التى تستجيب للفترة الضوئية المحفزة للتبصيل، وهى التى يتكون فيها العامل المحفز لدى تعرضها للفترة الضوئية المهيئة لذلك. وتقل حساسية الأوراق للاستجابة للفترة الضوئية مع زيادتها فى العمر.

وعند تعرض النباتات لفترة ضوئية محفزة بقوة للتبصيل فإن البادرات التى يوجد بها ورقة واحدة يمكن أن تكوّن أبصالاً. فمثلاً .. عرضت بادرات تراوحت فى 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 فى فترة ضوئية مقدارها ٨ ساعات. وقد اتجهت النباتات فى جميع مراحل نموها إلى التبصيل، وكانت نسبة التبصيل فيها حوالى ٢,٥ أيًا كان عدد الأوراق التى كانت تحملها عند بداية المعاملة.

وعند تساوى المساحة الورقية فإن النباتات الأكبر عمرًا تكون أكثر استجابة للفترة الضوئية المهيئة للإزهار.

الموجات الضوئية المؤثرة فى الإزهار

أوضحت الدراسات التى استعملت فيها إضاءة صناعية أن انخفاض نسبة الأشعة الحمراء (التى تكون بطول موجة قدره ٦٦٠ نانومترًا nm) إلى الأشعة تحت الحمراء (٧٣٠ نانو مترًا) يؤدى إلى زيادة سرعة التبصيل. ويحدث ذلك سواء أستعملت الإضاءة الصناعية طوال فترة الإضاءة، أم لفترة إضافية مكملة 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 ضوءًا تقل 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، يؤدى 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 المهيئة لتكوين الأبصال لمدة ٣ ساعات بمعاملات ضوئية تختلف فى طول مواجاتها أظهر أن أكثر الموجات الضوئية فاعلية فى

عملية التبصيل كانت هى التى تبلغ طول موجتها ٧١٤ نانومترًا، وهى تقع فى منطقة الأشعة تحت الحمراء بعد الضوء الأحمر المرئى مباشرة. ويمكن إعكاس التأثير المحفز للأشعة تحت الحمراء على تكوين الأبصال بتعريض النباتات للضوء الأحمر بعد تعريضها للأشعة تحت الحمراء مباشرة. وأكثر معاملات الأشعة تحت الحمراء تأثيرًا هى التى تأتى فى منتصف الفترة الضوئية (عن Brewster ١٩٩٤).

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

تتكون الأبصال مبكرًا فى الزراعات الكثيفة التى ترتبط بزيادة دليل المساحة الورقية LAI، كما أن أى عامل آخر يعمل على زيادة دليل المساحة الورقية – مثل الزراعة المبكرة، أو استعمال الأسمدة البادئة – يؤدى كذلك إلى إسراع نضج الأبصال.

وعمومًا .. فإن زيادة التنافس – حتى ولو من الحشائش – تؤدى 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 نانومترًا) إلى الأشعة تحت الحمراء (٧٣٠ نانومترًا) فى الضوء تحت النموات الخضرية الكثيفة، مقارنة بالنسبة فى ضوء النهار المباشر. وقد ثبت من دراسات حجرات النمو أن انخفاض نسبة الأشعة الحمراء إلى الأشعة تحت الحمراء يؤدى إلى سرعة التبصيل، وذلك عند ثبات الفترة الضوئية ودرجة الحرارة التى تتعرض لها النباتات.

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

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 حسَّاسًا على وجود الأوراق فى النباتات المجاورة. وفى الطبيعة تستجيب صبغة الفيتوكروم phytochrome pigment لأى اختلافات فى النسبة بين الأشعة الحمراء والأشعة تحت الحمراء. وقد لعب ذلك دورًا كبيرًا فى الماضى فى المحافظة على نباتات البصل من الاندثار؛ حيث تتجه سريعًا نحو تكوين الأبصال لدى تعرضها للمنافسة والتظليل من النباتات المجاورة لها.

تغيرات السكريات المصاحبة للتبصيل

عند نقل نباتات البصل من ظروف غير مهيئة للتبصيل إلى ظروف مهيئة له يلاحظ حدوث زيادة فى تركيز السكريات المختزلة، والسكروز، والفروكتان fructan فى نسيج الساق الكاذبة (sheath أو pseudostem) فى خلال ٥-١٠ أيام من تغير الظروف. كذلك يزداد تركيز السكريات المختزلة فى أنصال الأوراق، ويقل فى الوقت ذاته نشاط إنزيم soluble acid invertase وهو الذى يعمل على تحويل السكروز 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 فى النباتات وتبقى مؤثرة فيه. وهذا المنبه للتبصيل ينتقل من الأوراق إلى الساق الكاذبة. ويمكن لهذا المنبه أن يبقى فى الأبصال المخزنة ويحفز التبصيل المبكر لدى زراعتها. وتشارك جميع مجموعات منظمات النمو فى عملية التبصيل، ولكن لايعرف أيها يسبب التبصيل، وأيها ينتج عنه.

وقد وجد Nojiri وآخرون (١٩٩٣) تغيرات نوعية وكمية فى محتوى نباتات البصل من مختلف الجبريللينات عند تكوين الأبصال؛ فمثلاً.. كان مستوى الجبريللينات فى النباتات النامية تحت ظروف النهار الطويل، والتى بدأت فى تكوين أبصالها - أعلى - غالبًا - عن مستوى نظيراتها فى النباتات النامية تحت ظروف النهار القصير التى لم تكوّن أبصالاً. هذا .. إلا أن مستوى مختلف الجبريللينات لم يكن - دائمًا - مرتبط إيجابيًا بالتبصيل.

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

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

وقد ازداد تركيز مركبات شبيهة بالسيتوكينينات فى أنصال أوراق نباتات البصل فى الفترات الضوئية الطويلة واستمر هذا التأثير لمدة ٢٩ يومًا ثم انخفض تركيز السيتوكينينات كما فى الفترات الضوئية القصيرة. وتؤدى معاملة النباتات بمحلول الكاينتين إلى إسراع 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 تبكير 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 أيضًا نقصًا فى نمو الأوراق وفى حجم البصلة. وقد كان تكرار رش الأوراق بمنظم النمو ضروريًّا 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 جزءًا فى المليون إلى تأخير تكوين الأبصال فى الظروف المهيئة لتكوينها، وإلى التبصيل فى الظروف الأقل تحفيزًا لذلك (Sobeih & Wright ١٩٨٧).

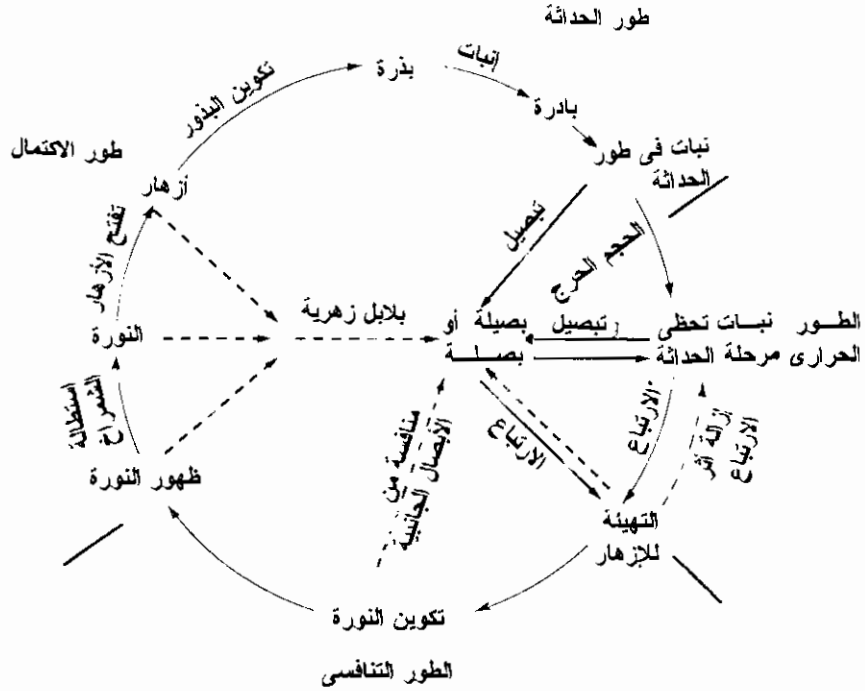
هذا إلا أن المعاملة بالإيثيفون لم تتبعها زيادة فى نمو الساق الكاذبة على خلاف ما يحدث عند التبصيل الطبيعى، ويعنى ذلك أن تكوين الأبصال فى النباتات المعاملة بالإيثيلين لايتم بصورة طبيعية.

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 الحداثة Juvenile Phase، والطور الحرارى Thermal Phase، والطور التنافسى Competition Phase، وطور الاكتمال Completion Phase (شكل ٦-٥).



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

الاحتياجات الحرارية لمختلف مراحل النمو والتطور المتعلقة بالإزهار

يظهر فى جدول (٦-٣) ملخصًا شاملا للاحتياجات الحرارية لمختلف مراحل النمو والتطور المتعلقة بإزهار البصل، والعوامل الهامة الأخرى المؤثرة فيها.

لايمكن دفع النباتات إلى الإزهار أثناء طور الحداثة Juvenile Phase؛ حيث يجب أن تصل إلى وزن معين أو تكوّن عددًا معينًا من الأوراق قبل أن تدخل فى الطور الحرارى Thermal Phase الذى يمكن أن تستجيب فيه لمعاملة الارتباع. وبعد تكوين مبادئ النورة - داخل البصلة - فإنها يمكن أن يُقضى عليها وتنوى وتختفى فى الظروف التى تحفز تكوين الأبصال، ويعرف ذلك بالطور التنافسى 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 فى النمو ويبدأ طور الاكتمال Completion Phase الذى تناسبه الحرارة العالية أكثر من الطورين السابقين له.

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

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

الارتباع

يعتبر البصل من الخضروات التى تلزمها معاملة الارتباع Vernalization حتى تزهر، إذ يجب تخزين الأبصال المعدة لاستخدامها كتقاو - فى حقول إنتاج البذور - فى درجة حرارة تتراوح بين ٥ و ١٠°م لكى تتهيأ للإزهار، كما يجب أن تتعرض نباتات البصل النامية فى الحقل لدرجة حرارة منخفضة نسبيًا بعد أن تبدأ فى تكوين الأبصال حتى تتهيأ للإزهار. أما نمو الشماريخ الزهرية، وتكوين النورات فإنه يحدث عند ارتفاع درجة الحرارة فيما بعد. وليس للفترة الضوئية أى دور فى تهيئة نباتات البصل للإزهار، إلا أن الفترة الضوئية تسرع معدل استطالة الشماريخ النورية. ويظهر هذا التأثير بوضوح عندما تكون درجة الحرارة منخفضة نسبيًا وقت نمو الحوامل النورية.

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

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

كذلك تختلف الفترة التى تلزم للارتباع باختلاف الأصناف، وهى تتراوح بين ٢٠ و ٤٠ يومًا على حرارة ٩°م لتهيئة ٥٠٪ من النباتات للإزهار.

ويؤدى تعريض الأبصال - التى سبقت تهيئتها للإزهار - لحرارة ٢٨-٣١°م إلى عكس تأثير الارتباع، ويتوقف طول فترة التعرض لحرارة ٢٨-٣١°م الذى يكفى لإحداث هذا التأثير على مدى التقدم الحادث فى التهيئة للإزهار. فمثلاً .. وجد أن التهيئة للإزهار كانت أسرع فى الأبصال التى خزنت على حرارة ٩-١٣°م قبل زراعتها عما فى تلك التى خزنت على ٣-٥°م، كما كانت أسرع فى الأبصال الكبيرة عما فى 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 ٢٨°م عندما كانت الشهور الثلاثة الأولى على ٩-١٣°م، بينما لم يلزم للتخلص من أثر الارتباع سوى شهرين على حرارة ٢٨°م عندما كان التخزين خلال الشهور الستة السابقة على ٣-٥°م. كما كانت فترة التخزين على ٢٨°م التى تلزم للتخلص من أثر الارتباع فى الأبصال التى يبلغ وزنها ١٥ جم أقل من تلك التى 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 معًا بعد ذلك. وأنسب الظروف لاستطالة الحامل النورى هى حرارة ١٠-١٥°م وفترة ضوئية طويلة. وينمو - عادة - برعمًا خضريًّا جانبيًّا إلى جانب النورة، ويكون نموه فى الحرارة العالية (٢٠°م أو أعلى من ذلك) والفترة الضوئية الطويلة أسرع من نمو النورة؛ الأمر الذى يؤدى إلى انتفاخ البرعم الإبطى ليكوّن أوراقًا بصلية، بينما يذوى النمو النورى الصغير، وتلك هى المرحلة التى تعرف باسم الطور التنافسى Competition Phase (عن Brewster ١٩٩٤).

العوامل المؤثرة فى الإزهار المبكر

درجة الحرارة التى خزنت عليها البصيلات التى استعملت كتقاوٍ

أوضح Boswell منذ عام ١٩٢٣ أن تخزين البصيلات المعدة لاستخدامها كتقاوٍ فى حرارة ١٠°م يؤدى إلى اتجاه نسبة كبيرة من النباتات نحو الإزهار المبكر بالمقارنة بالتخزين فى درجة الصفر المئوى، كما توصل Thompson & Smith كذلك إلى نتائج مماثلة، فعندما قاما بتخزين التقاوى (البصيلات) فى حرارة -١,١°م، أو صفر °م، أو ٤,٤°م، أو ١٠°م، أو ١٥,٥-٢١,١°م كانت أعلى نسبة من الإزهار المبكر فى الحقول المستخدم فى زراعتها بصيلات سبق تخزينها فى حرارة ٤,٤°م، ثم تلك التى سبق تخزينها فى ١٠°م، ثم -١,١°م أو صفر °م، ثم معاملة

التخزين فى حرارة ١٥,٥-٢١,١°م. وكانت أنسب درجة حرارة لتخزين البصيلات المعدة لاستعمالها كتقاو هى الصفر المئوى، وذلك لأنها احتفظت بجودتها بصورة جيدة، بينما لم تنتج عنها سوى نسبة ضئيلة من الإزهار المبكر.

ويؤدى تخزين الأبصال والبصيلات على حرارة ٢٨-٣٠°م قبل زراعتها إلى منع تكوينها لمبادئ الأزهار، وكذلك إلى منع تكوين مبادئ الأزهار فى موسم النمو الثانى، وتقليل إزهارها بشدة. كما أن تخزين الأبصال التى تهيأت للإزهار على هذه الدرجة يمكن أن يؤدى إلى التحول من النمو الزهرى الميرستيمى إلى النمو الخضرى من جديد، ويتوقف طول فترة الحرارة المرتفعة التى تلزم لحدوث هذا التحول على مدى التقدم الذى حدث فى النمو الزهرى، حيث تزداد الفترة اللازمة بزيادة التقدم فى النمو الزهرى. وتنكمش مبادئ الأزهار المتكونة فى الأبصال لدى تخزينها فى حرارة ٢١-٢٧°م، ويلى ذلك ذبولها واكتسابها لونًا بنيًّا، كما أسلفنا.

ويمكن القول أن تخزين البصيلات فى حرارة مرتفعة يؤدى 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 فى بادرات البصل بكل من درجة الحرارة، والفترة الضوئية السائدتين خلال موسم النمو، بالإضافة إلى شدة الإضاءة، والتسميد الآزوتى. فتزيد سرعة تكوين مبادئ النورات بزيادة طول الفترة الضوئية، ولكن انخفاض مستوى التسميد الآزوتى يمكن أن يحل محل الفترة الضوئية لإحداث هذا التأثير. كما أن تعرض البادرات لإضاءة ضعيفة قبل تعرضها للحرارة المنخفضة (الأمر الذى يكون مصاحبًا بانخفاض فى مستوى المركبات الكربوهيدراتية الذائبة) يبطئ سرعة تكوين مبادئ النورات، ويزيد من العدد الحرج من الأوراق الى يلزم لتخطى مرحلة الحداثة.

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

وقد وجد أن الظروف المثلى لنمو الشمراخ الزهرى فى الأصناف ذات النهار المتوسط الطول هى حرارة ١٢-١٦°م، وفترة ضوئية ١٦-١٧ ساعة. وتختلف الظروف التى تلزم لتثبيط نمو

الشمراخ الزهرى باختلاف الأصناف؛ فمثلاً .. يثبط نمو الحامل النورى 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 الزهرى. وعلى العكس من ذلك .. نجد عندما تكون الحرارة منخفضة بالقدر الذى يمنع أو يؤخر تكوين الأبصال، فإن الفترة الضوئية تسرع نمو الشمراخ الزهرى ومعدل استطالته. فمثلاً .. وجد أن زيادة طول النهار حتى ١٥ ساعة فى حرارة ١٠-١٦°م أدى إلى جعل طول الشمراخ الزهرى ضعف طوله العادى.

ويتأثر الإزهار فى البصل اليابانى الأخضر بكل من الحرارة المنخفضة والفترة الضوئية؛ فتتهيأ النباتات للإزهار بفعل معاملة الارتباع على حرارة ٥°م، بينما تنخفض 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 يومًا) (Yamasaki & Miura ١٩٩٥).

حجم البصيلات المستخدمة كتقاوٍ

تعطى البصيلات الكبيرة دائمًا نسبة أعلى من حالات الإزهار المبكر؛ لذلك ينصح بعدم استعمال البصيلات التى يزيد قطرها عن ٢,٥ سم كتقاو. 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 حداثة لا تستجيب خلالها للحرارة

المنخفضة. ولكى يكون التعرض للحرارة المنخفضة مؤثرًا فى تهيئة النباتات للإزهار، فلابد أن يحدث ذلك بعد أن تكون النباتات قد بدأت فى تكوين الأبصال. وكقاعدة عامة .. نجد أن النباتات التى يقل قطرها عن ٧ مم، والبصيلات التى يقل قطرها عن ١,٣ سم ليست حساسة للمعاملات الحرارية التى تؤدى إلى الإزهار. وتزداد هذه الحساسية بزيادة حجم النبات أو البصيلة عن ذلك.

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

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

وقد وجد - على سبيل المثال - أن نباتات البصل صنف أيلزا كريج Ailsa Craig لاتستجيب لمعاملة الارتباع قبل تكوين مالايقل عن ١٢-١٣ ورقة، ويتراوح الرقم فى 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 فى ذلك الورقة الفلقية - فى بعض الأصناف، مثل Rijnsburger. ويتراوح الوزن الجاف للنباتات التى يمكنها الاستجابة لمعاملة الارتباع - عادة - بين ٠,٠٦ و ٠,٤٥ جم/نبات. وبالمقارنة فإن الأبصال التى يبلغ وزنها الطازج ٥٠ جرامًا يمكن دفعها إلى الإزهار بنسبة ٥٠٪ بتعريضها لحرارة ٩°م لمدة ٢٠-٣٠ يومًا، بينما تحتاج البصيلات التى يبلغ وزنها ٥ جرامات إلى أكثر من ٨٠ يومًا. وتستجيب البصيلات - غالبًا - لمعاملة الاتباع إذا قل وزنها الطازج عن ٤ جرامات، وهو ما يمثل حوالى ٠,٤-٠,٥ جم وزنًا جافًا. ويعنى ذلك أن الحد الأدنى للوزن الجاف الذى تحدث عنده الاستجابة للارتباع عند الزراعة بالبصيلات يزيد عما فى حالة الزراعة بالبذور (عن Brewster ١٩٩٤).

وعندما يُتوقع زيادة نسبة الإزهار المبكر فى الأصناف الحساسة لذلك (وذلك ببلوغ النباتات أحجامًا كبيرة قبل حلول الجو البارد) فإنه يمكن تقليل أضرار الإزهار وتأخير حدوثه بتقطيع جذور النباتات فى مرحلة نمو الورقة الخامسة إلى السابعة (معاملة الـ undercutting). تؤدى هذه المعاملة إلى زيادة عدد أيام التعرض للحرارة المنخفضة التى تلزم لتهيئة النباتات للإزهار ، وإلى نقص نسبة النباتات التى 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 الآزوتى

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

ونظرًا لأن مستوى التسميد الآزوتى يعتبر من العوامل القليلة جدًا التى يمكن التحكم فيها تحت الظروف الحقلية؛ لذا .. يمكن الاستفادة من هذه الحقيقة فى التحكم فى 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 فى الإزهار المبكر ، والتى أسلفنا بيانها، وخاصة درجة الحرارة، وحجم النمو النباتى. فنجد - مثلاً - أن نسبة الإزهار المبكر تزداد فى الزراعات الشتوية عما فى الزراعات الصيفية، وذلك لأن نباتات الزراعات الصيفية لا تتعرض لدرجات الحرارة المنخفضة بالقدر الذى يكفى لتهيئتها للإزهار، كما أن تعرضها للحرارة المنخفضة يكون فى المراحل المبكرة من نموها، وهى مازالت فى مرحلة الحداثة. ولهذا السبب تزداد ظاهرة الإزهار المبكر فى الوجه القبلى عنها فى الوجه البحرى، حيث تتعرض نباتات الزراعات الشتوية فى الوجه القبلى لدرجات الحرارة المنخفضة فى المراحل المتأخرة من نموها. كما تزداد نسبة الإزهار المبكر فى الزراعات الصيفية عندما يكون الربيع طويلاً وباردًا عما لو

كان قصيرًا ودافئـًا ، وعندما تكون النباتات مسمدة جيدًا، ففى هذه الظـروف تنمـو النباتـات بصورة جيدة قبل حلول الجو البارد، وتصبح أكثر حساسية لمعاملة الارتباع. وعلى العكس مـن ذلك يندر أن يحدث إزهار مبكر عندما يكون الخريف باردًا والربيع دافئـًا.

ونجد كذلك أن جميع العوامل التى تزيد من تعرض النباتات لدرجات الحرارة المنخفضة تؤدى إلى زيادة نسبة الإزهار المبكر. ومن أمثلة هذه العوامل ما يلى:

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

ب – الزراعة فى الأراضى الثقيلة، وذلك لأنها لا تدفـأ بسـرعة لاحتفاظها بقـدر كبير من الرطوبة.

جـ – الزراعة فى الأراضى الرديئة الصرف لنفس السبب السابق.

الأصناف

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

أ – أصناف بطيئة فى اتجاها نحو الإزهار المبكر، ومـن أمثلتـها: إيرلـى جرانـو ، وتكساس إيرلى جرانو، وسان واكين، وإيتاليان رد.

ب – أصناف سريعة فى اتجاها نحو الإزهار المبكر، ومن أمثلتها: سـويت سـبانش، وهوايت سويت سبانش، وجرانكس، وكريستال واكس، ويلوبرمـودا، وإكسـل، وهوايـت جرانكس، وهوايت كريول، ورد كريول (عن Jones وآخرين ١٩٥٧).

وينصح دائمًا بزراعة الأصناف السريعة الإزهار متأخرًا حتى تكون النباتات صغيرة عندمـا تتعرض للحرارة المنخفضة فلا تتأثر بها.

معاملات منظمات النمو

تؤدى معاملة نباتات البصل بحامض الجبريلليك إلى إسراع الاتجاه نحو الإزهار، وإلـى زيادة نسبة النباتات المزهرة؛ حدث ذلك عنـد حقـن أوراق بـادرات البصـل الصغـيرة

بالجبريللين بتركيز ٢٠-٥٠٠ جزءًا فى المليون، أو نقع الأبصال قبل زراعتها فى محلول بتركيز ٥٠٠ جزءًا فى المليون، أو رش النباتات بتركيز ١٠٠٠ جزء فى المليون. وقد عزى تأثير الجبريللين إلى دوره فى تحفيز تكوين مبادئ الأزهار، وربما إلى تحفيزه للنمو الخضرى؛ مما يؤدى إلى تكوين نباتات كبيرة تكون أكثر استجابة لمعاملة الارتباع.

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

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

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

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

نقدم - فيما يلى - كمثال - التأثير المشترك لكل من درجة الحرارة والفترة الضوئية فى تكوين الأبصال، والتهيئة للإزهار، والحنبطة فى أصناف البصل التى يكفيها نهار قصير نسبيًا

(١٢ ساعة)، والتى يلزمها نهار متوسط الطول (١٣/٠-١٤ ساعة)، والتى تحتاج إلى نهار طويل (/ ١٤-١٥ ساعة) لتكوين الأبصال عند زراعتها على مدار العام فى 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 يلى:

الشهر	متوسط درجة الحرارة (°م)	طول النهار فى أول الشهر (بالساعة والدقيقة)
سبتمبر	٢١	١٣,٢٢
أكتوبر	١٧	١٢,٠٦
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 يلى :

١ - الأصناف التى يكفيها نهار قصير نسبيًا (١٢ ساعة) لتكوين الأبصال:

أ - إذا أنبتت بذورها خلال الفترة من أول أبريل إلى أول مايو، فإن بادراتها تتعرض لنهار لايقل طوله عن ١٣ ساعة، وتتجه بسرعة نحو تكوين الأبصال وهى صغيرة، فتتكوّن نتيجة لذلك بصيلات صغيرة الحجم.

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

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

جـ - إذا أنبتت بذورها خلال الفترة من أول شهر نوفمبر إلى أول فبراير، فإن بادراتها لاتستجيب لدرجات الحرارة المنخفضة التى تتعرض لها خلال تلك الفترة، والتى يقل متوسطها الشهرى عن ١٠°م، لأنها تكون فى مرحلة الحداثة؛ لذا .. نجد أن هذه النباتات لا تتهيأ للإزهار، وتستمر فى النمو الخضرى إلى أن تبدأ فى تكوين الأبصال عندما تتعرض لفترة ضوئية طولها ١٢ ساعة أو أكثر .. ويكون ذلك فى النصف الثانى من شهر مارس.

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

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

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

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

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

جـ – إذا أنبتت بذورها خلال الفترة من أول شهر نوفمبر إلى أول مارس، فإن بادراتها لاتستجيب لدرجات الحرارة المنخفضة التى تتعرض لها خلال تلك الفترة (خاصة خلال الفترة من أول ديسمبر إلى أول فبراير، حيث يقل معدل درجة الحرارة الشهرى عن ١٠°م)، وذلك لأنها تكون فى مرحلة الحداثة. وعلى هذا .. نجد أن هذه النباتات لا تتهيأ للإزهار، وتستمر فى النمو الخضرى إلى أن تبدأ فى تكوين الأبصال، وذلك عندما تتعرض لفترة ضوئية طولها ١٣ ١/٢ ساعة أو أكثر .. ويكون ذلك فى بداية شهر مايو. هذا .. ويعتمد حجم الأبصال المتكونة على موعد إنبات البذور، والذى يؤثر على مدى النمو الذى تصل إليه النباتات عند بداية تكوين الأبصال، حيث يزداد مع التبكير فى الزراعة، ويزيد بالتالى حجم الأبصال المتكونة.

د – إذا أنبتت بذورها فى أول شهر أبريل، فإن نباتاتها تتعرض لفترة ضوئية مناسبة لتكوين الأبصال فى بداية شهر مايو، فتتجه نحو تكوين الأبصال، وهى صغيرة الحجم نسبيًا، فتتكون نتيجة لذلك أبصال متوسطة الحجم.

٣ – الأصناف التى تحتاج إلى نهار طويل (١٤ ١/٢–١٥ 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 وهى 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 فى درجات حرارة معتدلة، وتتعرض لفترة ضوئية تقل عن ١٤ ١/٢ ساعة؛ ولذا .. فإن النمو النباتى يكون سريعًا، بحيث تتخطى النباتات مرحلة الحداثة قبل أن تحل برودة الشتاء. ويعقب ذلك تعرض هذه النباتات لمتوسط شهرى لدرجة الحرارة يقل عن ١٠°م خلال الفترة من ديسمبر إلى يناير. ويؤدى ذلك إلى ارتباع هذه النباتات، وتتكون بها مبادئ الأزهار، ثم تستطيل شماريخها الزهرية عند ارتفاع درجة الحرارة فى شهر أبريل.

جـ – إذا أنبتت بذورها خلال الفترة من أول شهر نوفمبر إلى أول أبريل، فإن بادراتها لاتستجيب لدرجات الحرارة المنخفضة التى تتعرض لها خلال تلك الفترة (خاصة خلال الفترة من أول ديسمبر إلى أول فبراير، حيث يقل معدل درجة الحرارة الشهرى عن ١٠°م)، وذلك لأنها تكون فى مرحلة الحداثة؛ لذا .. فإن هذه النباتات لا تتهيأ للإزهار، وتستمر فى النمو الخضرى إلى أن تبدأ فى تكوين الأبصال، وذلك عندما تتعرض لفترة ضوئية طولها ١٤ ١/٢ ساعة أو أكثر،

ويكون ذلك فى 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 فى أول شهر مايو، فإن نباتاتها تتعرض لفترة ضوئية مناسبة لتكوين الأبصال فى بداية شهر يونيو، فتتجه نحو تكوين الأبصال وهى مازالت صغيرة الحجم نسبيًا، 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. ففى صنف البصل إكسيل Excel استمر تكوين بادئات الأوراق خلال كل مراحل النمو النباتى فى الحقل، وحتى قبل أن تتدلى أوراق النباتات لأسفل بنحو ٢٠ يومًا، ثم دخلت النباتات بعد ذلك فى 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 فى صنف إكسيل بمعدل ورقة واحدة أسبوعيًا أثناء فترة النمو الحقلى حتى بداية مرحلة السكون. أما بعد انتهاء حالة السكون، فقد تكونت بادئات الأوراق فى المخازن بمعدل ورقة واحدة جديدة كل أسبوعين فى درجة حرارة ١٥°م، وكل ٤ أسابيع فى درجة حرارة صفر أو ٣٠ °م.

مما تقدم يستدل على أن السكون فى البصل يبدأ قبل الحصاد بنحو ٢٠ يومًا، 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 فى الانقسام أثناء فترة السكون.

وتجدر الإشارة إلى أن التزريع الذى يحدث أثناء التخزين (والذى يكون أسرع فى درجة حرارة ١٥°م عمّا فى درجة حرارة صفر أو ٣٠°م) 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 النبات كانت خضراء وقائمة عندما توقف تكوين مبادئ أوراق جديدة قبل الحصاد بنحو ٢٠ يومًا، وأن تكوين

مبادئ الجذور الجديدة توقف فى الوقت ذاته تقريبًا. وقد بدأ تكوين مبادئ الأوراق الجديدة داخل الأبصال 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 – تدريجيًا – أثناء تخزين الأبصال إلى أن تنتهى مع بداية تكوين نموات جديدة داخلية بعد نحو أسبوعين إلى سبعة أسابيع بعد الحصاد، حسب الصنف. ويكون النمو الداخلى بطئ جدًا – عادة – حيث يستغرق عدة شهور قبل ظهوره خارج البصلة فيما يعرف بالتزريع.

كذلك يتوقف التجذير فى الأبصال الساكنة. وإذا زرعت الأبصال 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).

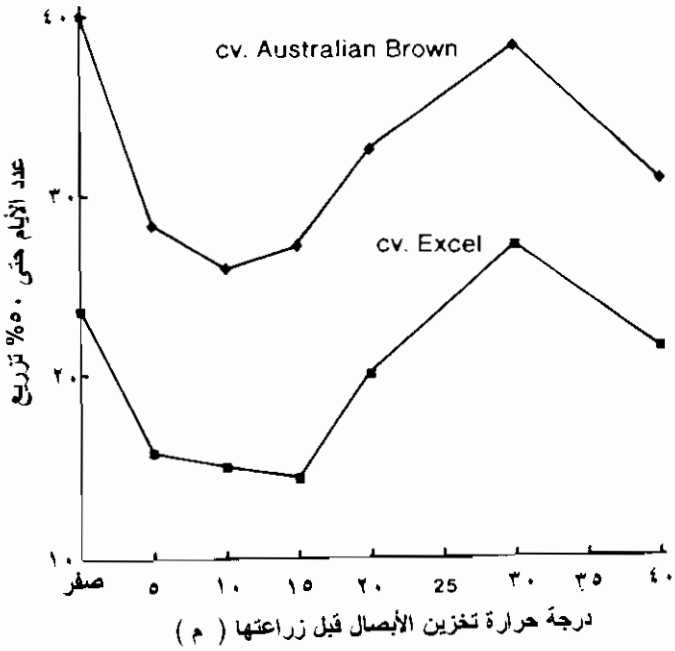
وعمومًا .. فإن حالة السكون فى البصل (وكذلك فى الثوم) تتميز بأنها ذات طبيعة كمية، ولاتنتهى فجأة فى وقت معين، وإنما تختفى تدريجيًا، ويكون انتهاؤها أسرع فى درجات الحرارة المعتدلة (١٥-٢٠°م) مقارنة بدرجات الحارة المنخفضة (الصفر المئوى)، أو المرتفعة (٣٠°م). وأيًا كانت درجة الحرارة التى تخزن عليها الأبصال، فإن المدة التى تلزم لحين إنباتها – من بعد زراعتها – تقل بزيادة فترة التخزين.

تأثير درجة حرارة التخزين على السكون

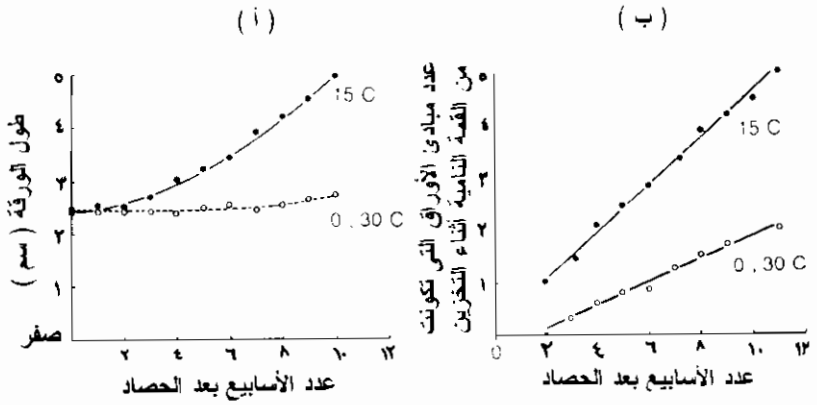
قام Abdalla & Mann (١٩٦٣) بتخزين أبصال صنفين من البصل، هما: إكسيل Excel، وهو لايتحمل التخزين كثيرًا، وأوسترالين براون Australian Brown، وهو يتحمل التخزين لفترة طويلة على حرارة ثابتة مقدارها صفر، و ٥، و ١٠، و ١٥، و٢٠، ٣٠، و٤٠°م. وبعد التخزين لفترة صفر، و ٢، و ٤، و ٨، و ١٦ أسبوعًا قاما بزراعة عينات منها فى بيت موس مبلل على حرارة ١٥°م، ثم قاما بحساب الوقت اللازم لتزريع ٥٠٪ من الأبصال بوضوح. وتبين من النتائج (شكل ٦-٦) أن التزريع فى كلا الصنفين كان أسرع فى الأبصال التى خزنت على حرارة ١٠-١٥°م، وكان أبطأ فى الحرارة الأقل والحرارة الأعلى من ذلك. وكان معدل استطالة النموات الجديدة داخل البصلة ومعدل تكوين مبادئ الأوراق الجديدة أسرع كثيرًا عندما خزنت الأبصال على ١٥°م عما لو كان تخزينها على

الصفر المئوى أو ٣٠°م (شكل ٦-٧). وقد تأكدت هذه النتائج فى دراسات لاحقة؛ ففى دراسة على ١٠ أصناف كان تزريع الأبصال التى خزنت على ٥ أو ٣٠°م أبطأ - وهى فى المخازن - عما لو كان تخزينها على درجات حرارة متوسطة. وقد تراوح المدى المناسب للتزريع - فى مختلف الأصناف - بين ١٠ و٢٠°م (عن Brewster ١٩٩٤).

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



شكل (٦-٦): عدد الأيام حتى ٥٠٪ تزريع بأبصال سبق تخزينها لمدة أربعة أسابيع على درجات الحرارة المبينة فى الشكل، وذلك بعد زراعتها فى بيت موس مبلل على ١٥°م.



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

هذا .. ويكون تزريع الأبصال أسرع كثيرًا إذا زرعت فى وسوط رطب، وسمح لها بالتجذير عما لو تركت فى مخازن جافة فى ظروف مثبطة للتجذير. وقد أمكن تمييز نوعين من التجذير، تجذير خارجى outer rooting، وهو تكوين الجذور على الساق القرصية القديمة للبصلة، وتجذير داخلى inner rooting، وهو تكوين الجذور من داخل البصلة قريبًا من القمة الخضرية الميرستيمية عند قاعدة النموات الخضرية الجديدة. ويقترن التجذير الداخلى عادة - بالتزريع الداخلى، ولكن يختلف مدى هذا الاقتران باختلاف الأصناف. ويحفز ابتلال قاعدة البصلة التجذير الخارجى، الذى يمكن أن يحدث - كذلك - فى المخازن عند ارتفاع الرطوبة النسبية عن ٨٠٪. أما التجذير الداخلى فلا يتأثر بالرطوبة النسبية خارج البصلة إلى أن تخترق الجذور سطح البصلة، حيث يزداد معدل نمو الجذور بعد ذلك فى ظروف الرطوبة النسبية العالية أو الابتلال.

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

الأبصال فى الصنف الواحد. هذا إلا أن التجذير كان أسرع ما يمكن – فى جميع الأصناف – فى حرارة ١٠°م، وبطيئًا جدًا فى حرارة ٣٠°م؛ 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 مبلل على ١٠°م، 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 يومًا حسب الصنف، بينما تراوحت الفترة التى انقضت حتى تزريع ٥٠٪ من الأبصال بين ٤٩ و ١٥٦ يومًا (وبالمقارنة .. تراوحت الفترة التى انقضت حتى تزريع ٥٠٪ من أبصال الأصناف ذاتها فى مخازن جافة على حرارة ١٠°م بين ١٤٩ و ٣١٠ يومًا). وقد تراوحت درجة الحرارة المثلى للتزريع فى المخازن الجافة – فى هذه الدراسة – بين ١٠ و ٢٥°م – حسب الصنف – وللتجذير على فير ميكيوليت مُرَطَّب بين ١٠ و ١٥°م، وكانت الدرجة المثلى للتجذير واستطالة النموات الجديدة فى الأبصال غير الساكنة ٢٥°م (Miedema ١٩٩٤أ).

يتضح مما تقدم بيانه أن انتهاء فترة الراحة فى الأبصال يحدث بصورة تدريجية، ويكون سريعًا فى حرارة ١٥°م، 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 (٢٥–٣٥°م)، وتستمر لفترة أطول فى الحرارة الأعلى (٣٠–٣٥°م) (Komochi ١٩٩٠).

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

تأثير تقطيع الأبصال على السكون

يؤدى تقطيع الأبصال إلى تحفيز تزريعها، ويزداد التأثير عند قطع الأبصال عرضيًا 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 السميكة التى تكون أسرع تزريعًا، وهى التى تكون رقابها غير مندمجة وينفذ من خلالها الهواء بسهولة إلى داخل البصلة (عن Komochi ١٩٩٠).

كذلك فإن تجريح الساق القرصية يسرع تزريع الأبصال.

وقد وجد Yoo & Pike (١٩٩٥) أن تقطيع الأبصال عرضيًّا مع إزالة الجزء المقطوع أدى إلى تحفيز التزريع على فيرميكيوليت مبلل فى حرارة ١٥، و ٢٥°م، وأن إزالة ٣/٤ البصلة كان أفضل من إزالة نصفها، ولكن معاملة التقطيع لم تكن مؤثرة على التزريع فى حرارة ٣٠°م، حيث كان ضعيفًا للغاية وكان التجذير نشيطًا عند زراعة الأبصال على ١٥°م، بينما كان ضعيفًا 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 المُزال 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 يظلّ 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، ولأكثر 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 سريعًا بعد بداية التخزين، ثم ظل ثابتًا لفترة، ثم ارتفع بعد ذلك، وتراوحت فترة ثبات معدل التنفس بين ١٠ أيام و ٢٥ يومًا. 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 desicants - تؤدى إلى سرعة تزريع البصل بعد الحصاد، وأن إزالة النموات الخضرية كلية أحدث تزريعًا أكثر. وقد أدى ذلك إلى افتراض وجود مانعات للتبرعم

Sprout Inhibitors، يتم تصنيعها فى الأوراق، وتنتقل أولا 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 والجبريللينات - فى الساق القرصية للبصلة أثناء نموها، ثم انخفض تواجدها تدريجيًا مع اقتراب النضج. ووصلت هذه المركبات إلى أدنى مستوى لها خلال فترة الراحة، ولكنها ظلت دائما متواجدة. وأعقب بداية تكوّن النموات الداخلية فى البصلة زيادة بسيطة فى مستوى هذه المركبات. أما المركبات المثبطة للنمو فإنها تواجدت فى البصلة من بداية تكوينها حتى تزريعها، ولم ينخفض تركيزها حتى بعد التزريع، ولم ترتبط بحالة السكون.

وفى دراسة أخرى وجد أن نشاط السيتوكينينات، والجبريللينات، والأوكسينات فى القمم النامية مع جزء من الساق كان منخفضاً للغاية خلال فترة السكون، بينما كان تركيز مثبطات النمو عاليًا. وحدثت زيادة كبيرة فى نشاط السيتوكينينات فى بداية مرحلة استطالة النموات الجديدة، تبعتها زيادة فى نشاط الجبريللينات، 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 خزنت فيها الأبصال على حرارة ٥-٩°م وجد أن مستوى المركبات المثبطة للنمو كان منخفضًا خلال الشهر الأول بعد الحصاد ثم انخفض تدريجيًا إلى مستوى منخفض بعد خمسة شهور عند بداية التزريع. وعند التزريع ظهرت زيادة كبيرة فى مستوى السيتوكينينات وظل مستواها مرتفعًا حتى نهاية فترة التخزين. وأعطيت الزيادة فى الستوكينين زيادات فى مستوى

كل من الجبـريلليـن والأوكسين. ولم يتأثر التزريـع فى الأبصـال التى حقنت بالأوكسـينات، أو بالجبريلينات أثناء تخزينها، ثم وضعت فى حرارة ٢٠°م. ويعنـى ذلـك أن بدايـة الـترزيع واستمراره يتطلب توفر مستوى منخفض من مثبطات النمو ومستوى مرتفع من السـيتوكينين. وتؤكد ذلك معاملات البراعم المعزولة من الأبصال الساكنة بمنظمات النمو، والتى لم تتأثر فيـها استطالة البراعم بالأوكسينات أو الجبريلينات، بينما ثـُبطت بحامض الأبسيسيك، وحُفِزت للنمـو بالمعاملة بالكينتين (عن Miedema & Kamminga ١٩٩٤).

وفى دراسة حول دور السيتوكينينات فـى سـكون أبصـال البصـل قـام Miedema & Kamminga (١٩٩٤) بتخزين أبصال البصل – بعد حصادها بأربعة أسابيع – على ٥، أو ١٥، أو ٣٠°م لمدة ١٨ أسبوعًا. وقد وجدا أن سكون الجذور تلاشى تدريجيًا أثناء التخزيـن، ولكـن ازدادت سرعة ذلك التلاشى على حرارة ٣٠°م، وظهر التزريع بعد التجذير. وقد ظـل مسـتوى نشاط السيتوكينين منخفضًا خلال الأسـابيع الستة الأولى من التخزين علـى جميـع درجـات الحرارة. وفى معاملتى التخزين على حرارة صفر، و ١٥°م وجـد ارتفاع مفـاجئ فـى نشـاط السيتوكينين بعد ١٢ أسبوعًا من التخـزيـن أعقبـه ارتفاع آخر بعد ١٨ أسبوعًا. أمـا عنـد التخزين على حرارة ٣٠°م فلم يرتفـع نشاط السـيتوكينين إلاّ بقدر يسير خال فترة التخزيـن. وقد أدى حقن الأبصال التى خزنت على حـرارة ٢٥°م لمـدة ٢٨ أسـبوعًا بـالبنزيل أدنيـن Benzyladenine إلى تحفيز تزريعها بشدة. ويستدل من ذلك أن تثبيط تزريـع الأبصـال فـى درجات الحرارة العالية يكون مرده إلى انخفاض مستوى السـيتوكينينات الداخليـة فـى هـذه الظروف.

وجد Miedema (١٩٩٤ ب) أن بزوغ النموات الجديـدة مـن الأبصـال (الـتزريع) المزروعة فى فيرميكيوليت مرطب حدث بعد تجذيرها بنحو أسبوعين. وأدت إزالة الجـذور إلى تأخير التزريع بنحو أسبوعين إلى ثمانية أسابيع حسب الصنف، علمًـا بـأن تصنيـع السيتوكينينات يتم فى القمة الميرستيمية للجذور. وعندما كانت الزراعة فى مزرعة مائيـة أمكن التغلب على التأثير السلبى لإزالة الجذور علـى الـتزريع بإضافـة البـنزيل أدنيـن Benzyladenine إلى الماء بتركيز ١٠ ميكرو مول/لـتر. ويسـتدل مـن ذلـك علـى أن السيتوكينين هو العامل المحدد لنمو البراعم الخضرية فى الأبصال، وأن المجموع الجـذرى هو الذى يقوم بتوفيره. ولكن لم تكن إضافة البنزيل أدنين إلى الماء فى المزرعة المائيـة 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 للبنزيل أدنين؛ مما يوحى بوجود عامل آخر - إلى جانب السيتوكينين - يؤثر على تزريع الأبصال.

وعمومًا .. 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، والجبريللينات، 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 بالجبريللين فى كسر حالة السكن. أما السيتوكينينات فإنها تلعب دورًا رئيسيًا سواء فى انتهاء حالة السكون بصورة طبيعية (السيتوكينينات الطبيعية فى النبات)، أم فى إنهاء (كسر) حالة السكون بمعاملة الأبصال بها.

تغيرات أخرى داخلية

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).