١٥°م ليلاً، أو ٢٥°م نهارًا مع ٢٠°م ليلاً ازدادت أعداد الأزهار المتكونة فى النهار الطويل (٢٤ ساعة إضاءة) عما فى النهار القصير (٨ ساعات إضاءة). وفى نظام حرارى ٢٠°م نهارًا مع ١٥°م لم تؤثر الفترة الضوئية على تكوين الأزهار (Nishiyama وآخرون ١٩٩٨). وفى حرارة ٣٠°م نهارًا مع ٢٥°م ليلاً توقف الإزهار فى نهار طوله ٨ ساعات. ويستدل من هذه النتائج على أن صنف الفراولة سمر برى يعد طويل النهار كميًّا quantitative long-day فى نظام حرارى ٢٠°م نهارًا مع ١٥°م ليلاً، و ٢٥°م نهارًا مع ٢٠°م ليلاً، ولكنه طويل النهار نوعيًّا qualitative long-day فى نظام حرارى ٣٠°م نهارًا مع ٢٥°م ليلاً (Nishiyama وآخرون ١٩٩٩).

النمو والتطور

السكون

تصل نباتات الفراولة فى المناطق الشديدة البرودة شتاء إلى حالة سكون فى بداية فصل الشتاء، بعدما يقل معدل تكوين مبادئ الأزهار والأوراق إلى مستوى منخفض. وتلك حالة من السكون المفروض على النبات imposed بفعل العوامل البيئية ecodormency. وهذه النباتات يمكنها استعادة نموها إذا ما نقلت إلى بيئة مناسبة لذلك. هذا .. إلا أن نمو هذه النباتات لا يكون قويًّا إلا إذا كانت قد حصلت على احتياجاتها من البرودة؛ مما يعنى وجد سكون حقيقى إضافى داخلى endodormancy.

يزداد تراكم النشا فى جذور الفراولة خلال فصل الخريف (فى المناطق الشديدة البرودة شتاء)، ويتناسب معدل هذا التراكم سلبيًّا مع درجة الحرارة، أى أن تركيز النشا فى الجذور يتحدد بدرجة الحرارة، ومن ثم لا يمكن الاعتداد بهذا العامل كدليل على بداية السكون الداخلى (Miere وآخرون ١٩٩٦).

هذا .. ويستخدم مخزون الجذور من المواد الكربوهيدراتية فى أصناف الفراولة القصيرة النهار – أساسًا – فى تكوين النموات الجديدة من النورات الزهرية والأوراق، ولا يسهم هذا المخزون فى نمو الثمار أو نضجها لأنه يكون قد انخفض إلى مستوى متدن بحلول تلك المرحلة من النمو (Nishizawa & Shishido ١٩٩٨، و Nishizawa وآخرون ١٩٩٨).

النمو الجذرى

وظائف الجذور

نجد فى الأراضى المعقمة ببروميد الميثايل أن نباتات الفراولة تكون مجموعًا جذريًا ليفيًا كثيفًا وكثير التفرع يمكنه التعمق فى التربة إلى ٦٠-٢٤٠سم وأكثر من ذلك، وهو يتكون من الجذور الرئيسية المعمرة وفروعها الرئيسية، مع حزم من الجذور المغذية الدقيقة. تنمو الجذور الرئيسية فى الطول من الميرستيم القمى؛ ومع زيادتها فى القطر، فإن تلك الزيادة تحدث بانقسام كلاً من الميرستيم الوعائى والميرستيم الفلينى. ينتج الميرستيم الوعائى الأنسجة الناقلة (الخشب واللحاء بصفة أساسية)، بينما ينتج الميرستيم الفلينى نسيجًا فلينيًا يتكون من خلايا قاتمة رقيقة الجدر تعرف أحيانًا بالبولى ديرم polyderm.

ومن أهم وظائف الجذور الرئيسية (تعرف كذلك بالجذور الهيكلية structural roots) إلى جانب وظيفتى الدعم والتوصيل، أنها تقوم بتخزين الغذاء المجهز على صورة نشا فى نسيج متخصص بها هو الأشعة البارانشيمية. ويعتمد النمو القوى والإزهار الجيد للفراولة - إلى حد كبير - على هذا المخزون الغذائى.

ومع تفرع التيجان ونموها طوليًا فإنها تستمر فى تكوين جذور جديدة هيكلية فى مواضع أعلى على التاج، وهى جذور قد لا تتصل جيدًا بالتربة فى الأراضى غير المخدومة جيدًا.

وتتميز الجذور المغذية الدقيقة fine feeder roots فى الفراولة بخلوها من كل من الكامبيوم الوعائى والكامبيوم الفلينى، أى أنها تتكون من أنسجة ابتدائية فقط، ولا تزداد فى السمك بعد تكونها. وبناء على ذلك فإن فترة حياة هذه الجذور تتراوح من أيام قليلة إلى أسابيع قليلة، وأثناء بلوغها الشيخوخة وموتها، فإن جذورًا جديدة تحل محلها باستمرار، وغالبًا ما يكون ذلك عند نفس الموقع؛ وهو ما يعنى استمرار قدرة النبات على البحث عند غذائه فى نفس حيز التربة. وعندما تخلو التربة من مسببات الأمراض التى تصيب الجذور فإن تلك الجذور المغذية الدقيقة تتكون بأعداد كبيرة، وتتفرع غالبًا، وتبدو على شكل حزم. ويجب عدم الخلط بين تلك الجذور والشعيرات الجذرية التى يندر أن تكونها الفراولة.

وفى بعض الأحيان – وخاصة بعد بداية الربيع – تدخل الجذور المغذية الدقيقة فى حالة سكون، ثم يبدأ فيها نسيج القشرة فى التحول إلى اللون الأسود، وتبدو حينئذ كسلك رفيع أسود اللون. وعلى الرغم من أن هذه الجذور قد تستعيد نموها الطولى وتكون فروعًا جذرية جديدة، إلا أنها تموت فى نهاية المطاف (عن Wilhelm & Nelson ١٩٨١).

الخصائص الفسيولوجية للنمو الجذرى

يتميز النمو الجذرى بالخصائص الفسيولوجية التالية:

١ – تنمو جذور الفراولة الرئيسية (الهيكلية) والمغذية الدقيقة – وهى الضرورية للنمو والإثمار – تنمو أساسًا أثناء سكون النمو الخضرى وبين دورات الإثمار. وإذا استمر النبات فى الإثمار لفترة طويلة – كما فى الأصناف الدائمة الحمل – فإن مخزون الجذور الهيكلية من الغذاء المجهز قد يصبح مُحَدِّدًا لتكوين الجذور المغذية.

٢ – تعتمد الجذور على هواء التربة لإمدادها بالأكسجين، ولا تتأقلم الجذور الصغيرة المغذية إلا قليلاً على التغيرات الحادة فى محتوى التربة المائى، ومن ثم مدى توفر الأكسجين فيها. ويؤدى استمرار زيادة رطوبة التربة إلى موت الجذور المغذية الدقيقة التى تكونت سابقًا فى ظروف جيدة التهوية. أما إذا ما استمرت الزيادة فى الرطوبة الأرضية لفترة طويلة فإن الجذور الدقيقة المغذية الجديدة التى تتكون فى ظل هذه الظروف تكون متأقلمة على نقص الأكسجين.

٣ – تموت الجذور الدقيقة المغذية فى الأراضى الثقيلة بمعدلات أعلى عما فى الأراضى الخفيفة، وذلك بسبب حالة نقص الأكسجين التى تسود فى التربة الثقيلة، وبسبب زيادة نشاط الكائنات الدقيقة – التى تستهلك الأكسجين – فى تلك الأراضى.

٤ – إذا استمر غدق التربة لفترة تكفى لأن تموت الجذور المغذية الدقيقة، ولكن مع استمرار ظروف جوية معتدلة لا تؤدى إلى زيادة النتح بشدة، فإن النباتات قد تكوّن جذورًا مغذية جديدة، وتعيش، ولا يظهر عليها من أثر سوى تقزم بسيط فى النمو. أما إذا ما تعرضت النباتات بعد موت جذورها المغذية الدقيقة مباشرة لظروف تؤدى إلى زيادة معدل النتح بشدة فإنها قد تموت سريعًا بعد ذلك.

٥ – عند تواجد فطريات الجذور فى التربة فإن نشاطها المرضى يزداد عند زيادة الرطوبة الأرضية (عن Wilhelm & Nelson ١٩٨١).

علاقة النمو الخضرى بالنمو الزهرى

علاقة النمو الزهرى بتكوين المدادات

تستمر أصناف الفراولة المحايدة للفترة الضوئية فى الإزهار والإثمار خلال موسم النمو، ومن ثم فإنها لا تنتج مدادات إلا قليلاً. ويؤدى ذلك المسلك إلى ضعف إنتاجها من نباتات المدادات فى المشاتل مقارنة بالأصناف القصيرة النهار. ويزداد إنتاج نباتات الفراولة للمدادات إذا ما استعملت نباتات زراعة أنسجة مبردة، إلا أن ذلك التأثير المحفز لزراعات الأنسجة يتراجع بعد نحو سنتين.

وتزداد سرعة الاتجاه نحو الإزهار عند الحد من التسميد الآزوتى فى المشاتل (عن Kanahama ١٩٩٤).

علاقة النمو الزهرى بنمو التيجان الجانبية

تتهيأ الزهرة الأولى للتكوين فى الميرستيم القمى للنبات، ثم يتبعها تكون النورة كـ dichasial cyme. أما نورات المستوى الثانى secondary والثالث tertiary فإنها تتكون – إن تهيأت لذلك – فى النموات القمية للتيجان الجانبية التى تتكون أصلاً من الميرستيم الجانبى العلوى.

وقد خلص Tehranifar وآخرون (١٩٩٨) من دراستهم على صنف الفراولة قصير النهار إلسانتا على احتمال وجود تفاعل هام بين عقد الثمار وقوة النمو الخضرى، وأن حصول النباتات على احتياجاتها من البرودة وهى مازالت فى الحقل أكثر كفاءة فى تحفيز النمو الخضرى – ومن ثم النمو الزهرى والثمرى – عن التخزين البارد للشتلات.

تأثير معاملات منظمات النمو على الإزهار

تؤدى معاملة نباتات الفراولة بحامض الجبريلليك إلى نقص الإزهار والمحصول،

ويكون التأثير السلبى متناسبًا مع تركيز الجبريللين إلى أن يتوقف الإزهار كليًا عند المعاملة بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون. ولكن عندما تكون الأزهار قد تهيأت للتكوين من قبل، فإن المعاملة بالجبريللين تؤثر إيجابيًا على نمو وتكوين النورة الزهرية بطريقة مماثلة لتأثير النهار الطويل ومعاملة البرودة.

وكذلك تؤدى المعاملة بحامض الجبريلليك إلى تثبيط الإزهار فى الأصناف المحايدة للفترة الضوئية من *F. vesca*، وهى التى لا يتأثر إزهارها بالعوامل البيئية.

ولا يعرف على وجه التحديد كيفية فعل الجبريللين فى تثبيط الإزهار (عن Avigdori-Avidov ١٩٨٦).

تأثير معاملات منظمات النمو على النمو الخضرى

تفيد المعاملة ببعض منظمات النمو – وخاصة حامض الجبريلليك – فى تحفيز نمو المدادات وإنتاج النباتات الجديدة منها، ويتم ذلك إما بتحفيزها لنمو البراعم الساكنة، وإما بمنعها لتكوين مبادئ الأزهار.

وقد سبق أن أوضحنا فى الفصل الخامس كيفية تحفيز إنتاج المدادات فى المشاتل بالمعاملة بحامض الجبريلليك من واقع دراسات أجريت تحت الظروف المحلية، ونستعرض الآن – تحت هذا الموضوع – مزيدًا من الدراسات التى أجرت فى شتى أنحاء العالم.

معاملات الجبريللين مع إزالة الأزهار

تؤدى المعاملة بالجبريللين إلى زيادة طول النباتات (التيجان)، ونقص عدد النورات الزهرية بكل تاج. فعندما رشت نباتات الفراولة تحت ظروف النهار القصير بالجبريللين بتركيزات صفر، و ١٢,٥، و ٢٥، و ٥٠، و ١٠٠ جزء فى المليون كان متوسط عدد النورات الزهرية المنتجة/تاج. ١,٠، و ٠,٥٨، و ٠,٢٥، صفر، وصفر على التوالى.

وقد أمكن دفع نباتات الفراولة إلى تكوين المدادات برشة واحدة أو رشتان من الجبريللين بتركيز ٥٥٠ جزء فى المليون. وقد تراوحت الزيادة فى تكوين المدادات فى مختلف الدراسات بين ١١١٪، و ١٦٠٠٪. ويزداد تأثير المعاملة بالجبريللين فى تحفيز

إنتاج المدادات عندما تتم إزالة الأزهار المتكونة أولاً بأول؛ الأمر الذى يكون له أهمية خاصة فى الأصناف المحايدة للفترة الضوئية التى يمكنها الإزهار معظم فترات النمو، بينما لا يمكنها تكوين المدادات إلا فى الفترة الضوئية القصيرة (عن Weaver ١٩٧٢).

وأدى رش نباتات الفراولة صنف شاندلر مرتان بالجبريللين (بعد شهرين من الشتل ثم بعد ١٥ يومًا أخرى) بتركيز ٥٠ جزءًا فى المليون فى كل مرة، مع إزالة البراعم الزهرية المتكونة بمجرد ظهورها .. أدى ذلك إلى إنتاج أكبر عدد من المدادات (٥,٥ ونباتات المدادات (١٠,٢/نبات)، والتيجان الجانبية (٩,٣)، بينما أعطى الرش مرة واحدة مع إزالة البراعم الزهرية نصف هذه الأعداد تقريبًا، وتناقصت الأعداد عن ذلك عندما رشت النباتات بالجبريللين مرتان أو مرة واحدة دون إزالة للبراعم الزهرية المتكونة. أما فى معاملة الشاهد التى لم ترش فيها النباتات أو تزال براعمها الزهرية فلم تتكون أى مدادات، وكان متوسط نموها الجانبى ٤,٢ تاجًا/نبات (Duarte & Hermosa ١٩٩٧).

ويماثل حامض الجبريلليك فى تأثيره على النمو الخضرى تأثير النهار الطويل ومعاملة البرودة؛ حيث تؤدى معاملة الجبريللين إلى استطالة عنق الورقة، وزيادة مساحة نصل الورقة، وزيادة إنتاج المدادات، ولكن لا يكون للجبريللين تأثير معاملة البرودة فى كسر السيادة القمية.

المعاملة بالجبريللين مع الستوكينينات

من المعلوم أن معاملة البرودة تؤدى إلى إحداث زيادة جوهرية فى إنتاج نباتات الفراولة من المدادات، إلا أنه تحدث زيادة أكبر فى إنتاج المدادات حينما تعامل النباتات – بالإضافة إلى البرودة – بكل من البنزيل أدين وحامض الجبريلليك. وبينما لم يختلف تأثير الجمع بين البرودة وحامض الجبريلليك على إنتاج المدادات عن معاملة البرودة وحدها، فإن تأثير المعاملة بالبنزيل أدنين منفردًا تساوى مع تأثير معاملة البرودة وحدها. كما كان تكوين التيجان الفرعية مماثلاً – من حيث الاستجابة لمختلف المعاملات – مع تكوين المدادات (Kahangi وآخرون ١٩٩٢).

ووجد Dale وآخرون (١٩٩٦) أن المعاملة بكل من البنزيل أدين benzyladenine

وحامض الجبريلليك مجتمعين – وليس كل على انفراد – أدت إلى زيادة إنتاج المدادات فى الفراولة المحايدة للفترة الضوئية، وكانت الزيادة فى إنتاج المدادات خطية مع الزيادة فى تركيز البنزيل أدنيين حتى تركيز ١٨٠٠ جزء فى المليون. بالمقارنة .. فإن زيادة تركيز حامض الجبريلليك أدت إلى زيادة طول السلاميات، وضعف إنتاج نباتات المدادات. وقد كانت أفضل المعاملات هى الرش بالبنزيل أدنين بتركيز ١٢٠٠ جزء فى المليون مع حامض الجبريلليك بتركيز ٣٠٠ جزء فى المليون. وجدير بالذكر أن الشتلات التى نتجت من المشاتل المعاملة أعطت عند زراعتها فى الحقل الإنتاجى محصولاً أعلى بمقدار ١٠٪ عن محصول الشتلات التى نتجت من مشاتل غير معاملة.

التأثير الفسيولوجى لزيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى الزراعات المحمية

دُرس تأثير زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون على صنف الفراولة إلسانتا Elsanta فى حجرات النمو، وقورنت فى هذه الدراسة تركيزات متزايدة من الغاز من ٣٠٠ إلى ٩٠٠ جزء فى المليون لمدة ٥٠ يومًا بداية من بعد الزراعة بأسبوعين. أدت زيادة تركيز الغاز إلى تحفيز النمو النباتى، بزيادة عدد الأوراق، ونباتات المدادات، ودليل مساحة الورقة، ووحدة كتلة النمو لكل وحدة مساحة ورقية، والطول الكلى للمدادات، وارتفاع النبات، وقطر النمو النباتى، والنمو اليومى الورقى، وكتلة النمو النباتى، هذا إلا أن المساحة الورقية الخاصة specific leaf area، ونسبة المساحة الورقية leaf area ratio نقصتا بزيادة تركيز الغاز. وأدت زيادة تركيز الغاز حتى ٧٥٠ جزء فى المليون إلى إحداث زيادة واضحة فى معدل النمو النسبى والكفاءة التمثيلية. وبزيادة تركيز الغاز عن ٦٠٠ جزء فى المليون ازدادت نسبتا الأوراق والجذور إلى الوزن الكلى للنبات بينما نقصت نسبة الساق إلى وزن النبات. ومن الوجهة الاقتصادية، فإنه تفضل زيادة تركيز الغاز حتى ٦٠٠–٧٥٠ جزءًا فى المليون فقط عند إنتاج الفراولة فى الصوبات (Chen وآخرون ١٩٩٧ أ).

كذلك أدت زيادة تركيز الغاز حتى ٧٥٠ جزءًا فى المليون إلى نقص محتوى النبات من الكلوروفيل (a، و b، و a + b) ونسبة كلوروفيل a إلى b. وأحدثت زيادة تركيز الغاز لفترة طويلة شيخوخة مبكرة وأنقصت كفاءة عملية البناء الضوئى. ومع زيادة