

ثانياً: التكاثر الخضري (اللاجنسى) Asexual or Vegetative Propagation

يعرف التكاثر الخضري بأنه عبارة عن إكثار أو زيادة أعداد النباتات عن طريق استخدام الأجزاء الخضرية أو الجذرية المختلفة الممكنة للنبات الواحد بعيداً عن جنين البذرة الجنس الناتج عن عمليتي التلقيح والإخصاب. ويعزى هذا التخصص الدقيق لاحتواء بذور بعض المحاصيل البستانية على نوعين من الأجنة أحدهما هو الجنين الجنسى وهو جنين واحد فقط في كل بذرة. أما النوع الثانى فهو الأجنة الخضرية وقد تحتوى البذرة على أكثر من جنين خضري واحد يختلف منشأه عن الجنين الجنسى لذلك لا يعد إكثار النباتات البستانية إكثاراً جنسياً إذا ما تم عن طريق أحد هذه الأجنة الخضرية على الرغم من أن الإكثار قد تم عن طريق البذرة ويمكن إجراء التكاثر الخضري باستخدام الأجزاء النباتية المختلفة إذ أن كل خلية من الخلايا الجسمية بهذه الأجزاء تحتوى على جميع المعلومات الوراثية اللازمة لإنتاج فرد كامل جديد. فالعقلة الساقية مثلاً، لها القدرة على تكوين جذور عرضية عند قواعدها إذا ما هيئت لها الظروف المناسبة لذلك كما أن العقلة الجذرية كذلك لها القدرة على تكوين الأفرخ الخضرية الجديدة في حين نجد أن العقل الورقية فإنه بإمكانها تكوين كل من الجذور العرضية والأفرخ الخضرية الجديدة. ومن ناحية أخرى فإنه يمكن استخدام الخلايا المفردة (الفردية) أو قطع من الأنسجة النباتية تحتوى كل منها على عدد كبير من الخلايا حيث تنمى في بيئات معقمة. ويطلق على مقدره الخلية على إنتاج فرد كامل جديد، نتيجة لاحتوائها على المعلومات الوراثية الكاملة بالـ *Tot potency*. وهناك العديد من الأمثلة لاستخدام البيئات المعقمة في إنتاج نباتات كاملة الهيئة من خلايا مفردة مثل خلايا نخاع نبات الدخان وخلايا جذور الجزر وأجزاء ميرستيمية مختلفة. والنباتات الناتجة في هذه الحالة تكون مشابهة تماماً من ناحية التركيب الوراثي للنبات الذى أخذت منه الخلايا أو الأجزاء النباتية، وسوف نشير إلى ذلك تفصيلاً في جزء لاحق. ويعتبر التكاثر الخضري هو الوسيلة الأكثر شيوعاً واستخداماً لإكثار المحاصيل البستانية بصفة عامة لما له من ميزات قد لا تتوافر في طرق الإكثار البذري الجنسى. كما أنه قد يكون ضرورة تفرضها طبيعة نمو النباتات البستانية، لذلك فإننا سوف نتناول أهداف التكاثر الخضري في النقاط التالية:

أغراض التكاثر الخضري Purposes of Vegetative propagation

يجرى التكاثر الخضري لتحقيق العديد من الأغراض والتي من بينها على سبيل المثال:

1- المحافظة على التراكيب الوراثية:

ينتج عن التكاثر الخضري مجموعة من النباتات المتشابهة في تركيبها الوراثي وهي ما يطلق عليها بالسلالة الخضرية. ويرجع التشابه في التركيب الوراثي لهذه المجموعة من النباتات لكونها نتجت من مجرد تضاعفات لأجزاء نباتية استخدمت في إكثارها وهذه الأجزاء النباتية هي عبارة عن خلايا جسمية أمكن تضاعفها عن طريق الانقسام المباشر العادي (الميتوزي) ومن ثم فإنه لم تحدث أو تظهر أى اختلافات أو تغيرات وراثية تؤدي لاختلاف الناتج عن النبات الأم.

وتعتبر طرق التكاثر الخضري مهمة للحفاظ على هذه التراكيب الوراثية خاصة في حالة النباتات خلطية التركيب *Heterozygous* مثل كثير من أشجار الفواكه ونباتات الزينة والتي بها من الصفات الظاهرية التي يراد الإبقاء عليها كما هي في النسل الناتج. فعند إكثار هذه النباتات عن طريق البذرة (جنسياً) فنجد سرعان ما تفقد هذه النباتات صفاتها المميزة كألوان معينة في الأزهار أو تبرقش الأوراق بألوان معينة وبطريقة معينة كذلك .

2- إكثار النباتات اللا بذرية:

بعض أصناف وأنواع الفواكه تنتج ثماراً لا بذرية (خالية من البذور) أو قد تحتوى ثمارها على بذور أثرية أو ضامرة مثل ثمار التين العادي والبرتقال بسرة وبعض أصناف العنب وبعض سلالات الجوافة وكذلك الموز، كذلك الحال في بعض أبصال الزينة ونباتات التنسيق الداخلى الورقية كالبيجونيا ركس وبعض أنواع الأنتوريوم والفلانجيم والترادسكانشيا وغيرها. كذلك بعض أنواع النباتات العصارية والشوكية كأنواع السيريس والايوفوريبيا وغيرها. هذه المجموعة الهائلة من النباتات يمكن المحافظة عليها وإكثارها جيلاً بعد آخر عن طريق سبل الإكثار الخضري المختلفة والتي تناسب كل منها .

3- الإسراع من حمل الثمار:

من الملاحظ أن النباتات (خاصة أشجار الفاكهة) الناتجة عن طريق البذرة (متكاثرة جنسياً) كثيراً ما تتأخر في أزهارها وحملها للثمار. ويرجع هذا التأخر لطول فترة الشباب في حياة مثل هذه النباتات، ولكن عن طريق التكاثر الخضري يمكن اختصار هذه المرحلة وتقصيرها، وبالتالي تقصير الفترة اللازمة للوصول بالنباتات لمرحلة البلوغ ومن ثم الأزهار وحمل الثمار.

4- إدماج أكثر من سلالة خضرية:

ويتم ذلك عن طريق بعض طرق الإكثار الخضري كالتطعيم أو التركيب حيث يتم جمع أو دمج سلالتين خضريتين معاً في نبات واحد كما هو الحال عند تطعيم البرتقال مثلاً على أصل من النارج وكل منهما سلالة خضرية مختلفة عن الأخرى.

5- تجنب ظهور بعض الصفات غير المرغوبة:

كثيراً ما تظهر بعض الصفات المورفولوجية (الظاهرية) غير المرغوبة وذلك عند إكثار النباتات جنسياً بالبذرة. ويرجع ذلك إلى الانعزالات الوراثية التي تحدث عند تكوين الجاميطات المذكرة والمؤنثة. هذه الانعزالات كثيراً ما ينتج عنها ظهور صفات رديئة أو غير مرغوبة لم تكن موجودة من قبل في كلا الأبوين. وعلى سبيل المثال ظهور الأشواك الحادة على شتلات الموالح (الحمضيات) الناتجة من البذور وذلك بالمقارنة بمثيلاتها الناتجة عن طريق التكاثر الخضري (خالية من الأشواك)، وكما هو معروف فإن وجود الأشواك يعيق العمليات الزراعية المختلفة كالتقليم والخف وجمع الثمار. هذا فضلاً على أن وجود الأشواك يسبب تجريح الثمار ويقلل من جودتها وقيمتها التسويقية. أما بالنسبة لإكثار الزهور عن طريق البذرة (جنسياً) فهذا يؤدي لفقدان بعض الألوان المرغوبة نتيجة الانعزالات الوراثية التي تحدث عند تكوين الجاميطات المذكرة والمؤنثة. أو ظهور ألوان لم تكن موجودة من قبل في الأبوين وهي أقل جودة من الناحية الجمالية أو التنسيقية كما هو الحال في إكثار البانسية والفوكس وغيرها من الزهور الحولية أو نباتات الظل الورقية أو المزهرة.

6- التغلب على العوامل البيئية غير الملائمة:

يعتبر التكاثر الخضري أحياناً وسيلة يمكن عن طريقها التغلب على بعض الظروف البيئية غير المناسبة لنمو صنف معين. فعلى سبيل المثال نجد أن زراعة الخوخ لا توجد في الأرض الثقيلة، ولكن عند توافر باقي الظروف البيئية فإنه يمكن زراعته في مثل هذه الأراضي وذلك بتطعيمه على أصل يصلح في الأراضي الثقيلة كالمشمش أو البرقوق. أما إذا كانت الأرض قلبية فإن الخوخ يصعب أن ينمو بها وفي هذه الحالة يختار من الأصول المناسبة للوخ وفي نفس الوقت توجد في التربة القلوية حيث يطعم عليها الخوخ المرغوب إكثاره كأصل الخوخ الصيني *Prunus davidiana* الذى يتحمل القلوية الأرضية .

7- التغلب على بعض الأمراض:

يمكن عن طريق التكاثر الخضري التغلب على بعض الأمراض فمثلاً البرتقال سهل الإصابة بمرض التصمغ. وللتغلب على ذلك تزرع أصول مقاومة لهذا المرض كأصل النارج أو اليوسفى كليبواترا ويطعم عليه صنف البرتقال المطلوب. كذلك أصناف العنب الأوربي تتكاثر تجارياً بالعقل الساقية الناضجة الخشب على أن تكون التربة خالية من الكائنات الضارة مثل حشرة الفيلوكسرا. وفي حالة وجود هذه الحشرة يجب أن تطعم أصناف العنب الأوربي على أصول مقاومة لهذه الحشرة مثل نوع العنب الأمريكى *Vitis repesttris*.

8- إنتاج أصول للتطعيم عليها:

سبق أن أشرنا إلى أنه يمكن إستخدام البذور (التكاثر الجنسى) لإنتاج أصول تطعم عليها الأصناف المختلفة المراد إكثارها. ولأن هذه الأصول ناتجة عن التكاثر الجنسي، فلاشك أنها مختلفة وراثياً وبالتالي فهي مختلفة في صفاتها. هذا الاختلاف قد يكون كبيراً أو قد يكون غير واضح تبعاً لمقدار الانعزالات التي حدثت أثناء تكوين الجاميطات المذكرة والمؤنثة، وإن كنا في جزء لاحق سنتعرض لكيفية تأثير الأصول على الطعوم النامية عليها. ومن ثم فإن استخدام الأصول الناتجة عن البذرة يؤدي بلا شك إلى ظهور اختلافات في صفات الأصناف أو الطعوم النامية عليها. وكثيراً ما نشاهد في بساتين منزرعة بنفس الصنف أن الأشجار مختلفة ومتفاوتة في قوة نموها وصفاتها الخضرية وغيرها من الصفات الأخرى، ويعزى ذلك إلى اختلاف تأثير الأصول الناتجة من البذرة على الطعوم النامية على تلك الأصول. ولتجنب هذه المصاعب يمكن استخدام الأجزاء الخضرية مثل العقل الساقية في إنتاج أصول مشابهة وذات صفات محددة وتؤثر بدرجة واحدة على طعوم الصنف النامية عليها جميعاً.

9- المحافظة على الطفرات الممتازة:

في بعض الأحيان تظهر طفرات طبيعية أو نتيجة عمليات التربية المختلفة باستخدام الإشعاع أو المطفرات الكيماوية.. تكون ذات صفات خضرية أو ثمرية مرغوبة، وغالباً ما تظهر مثل هذه الطفرات على شجرة نامية في بستان ما أو على أحد فروع شجرة معينة. فنجد على سبيل المثال البرتقال بسرة نشأ كطفرة برعمية على شجرة برتقال عادى بأحد البساتين بالبرازيل. وكذلك الجوافة اللابذرية (البناتي) ظهرت كطفرة في الهند على شجرة جوافة من سلالة بذرية. ولقد أمكن بطرق التكاثر الخضري المختلفة الحفاظ على تلك السلالات .

10- تقاوى التعرض لمشكلات سكون البذور أو أمراض البادرات:

يعتبر الاعتماد على التكاثر الخضري وسيلة ناجحة لتقاوى الخوض في غمار مشكلات سكون البذور بأنواعه المختلفة وكيفية التغلب على كل منها مما قد يؤدي إلى عدم إمكانية التحكم في الحصول على بادرات في وقت محدد من قبل. هذا فضلاً عن أن البادرات بجميع أنواعها في أوليات أيامها وعقب الإنبات تكون عرضة للعديد من الأمراض سواء المنقولة مع البذرة أو من بيئة الزراعة ذاتها، وإن كان من أهمها أمراض الذبول بمسبباتها المختلفة والتي قد تقضى على البادرات الناتجة بأكملها إذا لم تتخذ الاحتياطات الكافية وجميعها عمليات مكلفة. لذلك كان الإكثار الخضري هو أحد الطرق للهروب من مشكلات الإكثار البذري والبادرات الصغيرة الناتجة عنه .

السلالة الخضرية Vegetative clone

يطلق لفظ السلالة الخضرية على جميع النسل الناتج من نبات واحد فقط عن طريق التكاثر الخضري وترجع أهمية السلالة الخضرية إلى إمكانية المحافظة على التراكيب الوراثية المرغوبة والتي يمكن اختيارها من بين عشائر مختلفة من النباتات أو من شجرة أو حتى من فروع داخل المجموعة النباتية المتكاثرة خضرياً. هذا فضلاً عن ضمان عدم التغير في صفاتها جيلاً بعد آخر. كذلك تكمن أهمية السلالة الخضرية في تماثل أفرادها سواء في الشكل الظاهري أو التركيب الوراثي، حيث تتشابه النباتات في أحجامها ومواعيد أزهارها وأثمارها وطبائع نموها.. إلى غير ذلك من الصفات. وأن أي تغيرات أو اختلافات تظهر على أفراد السلالة الخضرية فيعزى مرجعه إلى التغيرات البيئية فقط وهي وإن حدثت فقليلة.

وهناك العديد من السلالات الخضرية التي ظهرت وانتشرت في مجال المحاصيل البستانية، وأثبتت تفوقها في كثير من الصفات التجارية الهامة وأخذت أسماء أصناف خاصة ومعروفة خاصة ومعروفه بها عالمياً. فعلى سبيل المثال صنف الكمثرى بارتلت Bartlett.. نشأ كسلالة في إنجلترا من شتلات كمثرى وظلت محتفظة بصفاتها وذلك عن طريق الدائمة على إكثارها خضرياً. كذلك التفاح صنف دليش Delicious نشأ كسلالة من شجرة تفاح وذلك عندما أخذت براعم منها وتم تطعيمها فنتجت أشجار جديدة ذات تركيب وراثي واحد وبالتالي متشابهة في جميع صفاتها الظاهرية. وإن جاز ذلك على أشجار الفاكهة المختلفة فإنه يطبق كذلك على أبصال الزينة التي يتم إكثارها خضرياً بالأبصال أو الكورمات أو الريزومات أو الدرنات أو حتى نباتات الزينة والتي يتم إكثارها خضرياً كذلك باستخدام السيقان الجارية أو المدادات أو الترقيد .

الاختلافات المورفولوجية في السلالة الخضرية Morphological variabilities in vegetative clone

من المعروف أن الشكل الظاهري للنبات Phenotype يتحدد تبعاً للتفاعل بين كل من التركيب الوراثي للنبات نفسه والظروف أو العوامل البيئية المحيطة به. وهناك اختلافات قد تحدث بين أفراد السلالة الواحدة، فقد تكون تلك الاختلافات في الشكل الظاهري للنباتات كما في حجم أو شكل الأزهار أو الثمار. كل هذه الاختلافات تعزى لتغير أو تقلب الظروف البيئية. حيث سبق أن أشرنا أن أفراد السلالة الخضرية الواحدة متماثلة من ناحية التركيب الوراثي وعلى سبيل المثال نجد أن شكل ثمار كمثرى صنف بارتلت Bartlett يتغير من الشكل المستدير إلى المستطيل بتغير الظروف المناخية. كما أن بعض النباتات تعطي أوراق مختلفة الأشكال عن الشكل الطبيعي إذا ما نمت هذه النباتات في الظل عما لو تم نموها في الشمس المباشرة. وكثيراً ما من النباتات المائية تنتج أوراقاً مختلفة في شكلها الظاهري، إذ أن الأوراق الموجودة على الجزء المغمور من النبات تحت الماء تختلف كثيراً في مظهرها عن تلك الأوراق الموجودة على الجزء من النبات فوق سطح الماء. كما يمكن ملاحظة ظاهرة اختلاف الشكل المظهري داخل البستان الواحد، حيث تختلف أشجار نفس الصنف كثيراً أو قليلاً في مظاهر نموها. هذه الاختلافات ترجع إلى تباين أنواع التربة وكمية الماء المتاحة وتأثير الأصل إلى غير ذلك. كما أن اختلاف نمو الأجزاء الخضرية بين مرحلتى الشباب والبلوغ تؤدي إلى حدوث اختلافات مظهرية بالنبات الواحد .

تدهور السلالة الخضرية Deterioration of clone

من المفروض أن السلالة الخضرية تظل محتفظة بخصائصها جيلاً بعد آخر، طالما وسيلة إكثارها هي الطريقة الخضرية. فنجد على سبيل المثال صنف العنب Sultana موجود منذ أكثر من 2000 عام، ولقد أمكن الحصول على الملايين من النباتات من هذا الصنف بوسائل الإكثار الخضري دون حدوث أية تغيرات في خصائص هذا الصنف. وبمعنى آخر ظلت السلالة محتفظة بخصائصها ولم تتدهور طوال هذا العمر المديد. غير أن هناك بعض الملاحظات التي يستدل منها على تدهور السلالة الخضرية وضعف نموها وقلة إنتاجيتها، فالاختلاف التي تظهر بين أفراد السلالة الواحدة نتيجة نموها تحت ظروف بيئية غير ملائمة تؤدي إلى تدهور هذه السلالة. فعلى سبيل المثال نجد أن عدم توافر احتياجات البرودة اللازمة أثناء فصل الشتاء لبعض أصناف الفراولة ربما يؤدي إلى نقص ملحوظ في قوة النمو وكذلك الإنتاجية، على الرغم من أنه لم يحدث أي تغيير في التركيب الوراثي للسلالة .

كما أن الأمراض المختلفة خاصة الأمراض الفيروسية منها والتي تنتقل أثناء إكثار السلالة خضرياً تلعب دوراً هاماً في تدهور السلالة. فالسلالات التي تتكاثر خضرياً لفترة طويلة من الزمن يمكن أن تكون عرضة للإصابة بكثير من الأمراض، وبقاؤها حية يعتمد في المقام الأول على قدرتها لمقاومة مثل هذه الأمراض .

كما أن التغيرات الوراثية (كالمطفرات) التي تحدث داخل السلالة الواحدة قد تؤدي إلى إنتاج نسل جديد غير مطابق لصنف مما يقلل من قيمة السلالة.

ويمكن تجديد شباب وحيوية السلالة المتدهورة عن طريق زراعة البذرة، حيث ينتج عنها شتلات قوية النمو، خالية من الأمراض، خاصة الفيروسية منها والتي لا تنتقل بسهولة عن طريق البذور، ولكنها سهلة الانتقال عن طرق التكاثر الخضري، كما أن الشتلات الجديدة الناتجة عن الإكثار البذري تتميز ببعض الصفات التي قد لا تتواجد بالسلالة الأصلية. ففي حالة الموالح (الحمضيات) تزرع البذور غالباً لإعادة

الشباب للسلالة المتدهورة، فنجد أن الشتلات الجديدة تختلف عن نباتات السلالة في كبر حجم أوراقها وقوة نمو الأفرع وكثرة وجود الأشواك وكلها صفات تميز مرحلة الشباب Juvenile stage التي تتصف بها الشتلات الجديدة .

الاختلافات الوراثية في النباتات المتكاثرة خضريا Genetic variations in sexually propagated plants

بالرغم من أن اكاثر السلالة قد تم بالطرق الخضرية، إلا أنه قد تحدث بعض التغيرات في التركيب الوراثي لبعض أفراد السلالة الواحدة، مما قد يؤدي إلى ظهور الاختلافات فيما بينها، ومن بين هذه التغيرات ما يلي:

- الطفرات Mutations

الطفرة بمفهومها الشامل تعرف على أنها تغير فجائي في التركيب الوراثي يشمل صفة واحدة أو أكثر ويورث هذا التغير من جيل لآخر، وهذا التغير الفجائي قليلاً ما يحدث في الطبيعة. وحدث مثل هذه التغيرات الوراثية في مجموعة من الخلايا (نسيج نباتي أو جزء منه) قد تؤدي إلى تغيير كبير في السلالة النباتية . ولكي يتم ذلك كان لابد من أن يعقب التغير الوراثي انقسام خلوي سريع في الجزء الميرستيمي الذي حدث هذا التغير في خلاياه. وعلى وجه العموم فإن التغيرات الوراثية التي تحدث بالنباتات يمكن أن تقسم إلى:

- تغيرات أو طفرات جينية Point or gene mutation

هذا النوع من التغيرات يرجع إلى إعادة ترتيب القواعد الأربعة الأساسية التي تدخل في تركيب الأحماض النووية DNA - RNA.

- التغيرات في التركيب الكروموسومي أو ما يعرف بالارتباكات الكروموسومية Chromosomal aberration

ينتج هذا النوع من التغيرات نتيجة لحالات النقص أو الزيادة أو الانتقال أو الانقلاب الكروموسومي. وجميعها ارتباكات كروموسومية تؤدي إلى حدوث تغير في التركيب الوراثي للسلالة الخضرية.

- التغير في أعداد الكروموسومات (التضاعفات) Polyploidy

يحدث هذا النوع من التغير الوراثي نتيجة لزيادة أو نقص كروموسوم أو أكثر (تضاعف غير حقيقي Aneuploidy) أو قد يحدث تضاعف للمجموعة الكروموسومية بأكملها (تضاعف حقيقي Euploidy) كذلك فإن للسيتوبلازم دوره الهام في التأثير على بعض صفات النباتات حيث تحتوى العضيات المختلفة بالسيتوبلازم مثل البلاستيدات والميتوكوندريا على الحمض النووي DNA الخاص بها، فقد تحدث طفرات يكون من نتائجها التأثير على البلاستيدات ذاتها مما يؤدي إلى اختفاء اللون الأخضر وظهور صفة الالبينو.. Albino أو ظهور صفة تبرقش الأوراق Variegation (وجود مساحات خضراء مجاورة لمساحات خالية من الصبغة أو الالبينو على سطح الورقة).

وتظهر الطفرات تلقائياً في الطبيعة، إلا أن معدل حدوثها يختلف باختلاف موقع أو مكان الخلايا الميرستيمية . فالخلايا الميرستيمية الخارجية للقمم النامية تعتبر أكثر ثباتاً وأقل تعرضاً لحدوث الطفرات عن خلايا الطبقات الداخلية للميرستيمات. كما يمكن زيادة معدل حدوث الطفرات أو استحثاتها صناعياً وذلك باستخدام بعض المركبات الكيميائية مثل الكولشيسين أو تعريض النبات أو أجزاء منه لأشعة اكس أو أشعة جاما أو بيتا... ويعتبر موقع الخلايا التي حدثت بها الطفرة عاملاً محدداً ومשמيراً إلى استمرار هذا التغير من جيل لآخر أم أنه مجرد تغير مؤقت سرعان ما يزول. فإذا حدث التغير قرب قاعدة الميرستيم القمي، فهذا النوع لا يستمر وذلك بنمو الخلايا غير المطفرة الأخرى (التي لم يحدث بها تغير في التركيب الوراثي). أما إذا ما حدث هذا التغير في الخلايا المنقسمة والموجودة بقمم الميرستيمات للأفرع الخضرية، فإن ذلك سوف يؤدي لحدوث طفرة في قطاع من نسيج الفرع. ومثل هذه التغيرات لا تلاحظ غالباً في المراحل الأولى إلا بعد أن تشمل الخلايا المطفرة جزءاً كبيراً من الميرستيم يؤدي إلى إنتاج فرع كامل، وهذه ما تعرف باسم الطفرة البرعمية Bud mutation ومثل هذه النباتات تحتوى على أكثر من نسيج واحد لكل منها تركيبه الوراثي المختلف وهذه ما تعرف بالكيembra Chimera. ويمكن المحافظة على هذا النوع من نسيج واحد لكل منها تركيبه الوراثي المختلف وهذه ما تعرف بالكيembra Chimera. ويمكن المحافظة على هذا النوع من الطفرات عن طريق استخدام وسائل الإكثار الخضري المختلفة . ويجدر ملاحظة أن معظم الطفرات الناتجة سواء الطبيعية منها أو المحدثه صناعياً. تعتبر طفرات رديئة قد تؤدي إلى ضعف السلالة وتدهورها وخفض إنتاجيتها، ومن ناحية أخرى فإن كثيراً من السلالات الجيدة نتجت كطفرة برعمية كما هو الحال في اللون القرمزي في لب ثمار الجريب فروت والذي نتج كطفرة على شجرة جميع ثمارها ذات لب أبيض اللون، كذلك فإن صنف البرتقال اللابندري والمعروف بالبرتقال بسرة.. نشأ كطفرة برعمية من صنف البرتقال البرازيلي Laranja Selecta .

الكيembra Chimera

وهي عبارة عن احتواء النبات على عدة أنسجة ذات تراكيب وراثية مختلفة يكون كل نسيج منها مستقلاً تماماً عن الأنسجة الأخرى إلا أنها متجاورة في نفس العضو النباتي، وتظهر الكيembra في كثير من المحاصيل البستانية على هيئة تبرقش في المجموع الخضري خاصة الأوراق Veriegated foliage كما هو الحال في الموالح (الحمضيات) والعنب والبلارجونيم والداليا بالهورتنسيا والكريزانثيم والكوليس والايونوس وجلد النمو وغيرها .

كذلك تظهر الكيميرا فى ثمار بعض الفواكه المختلفة مثل البرتقال. كما أن ثمار التفاح تحتوى فى بعض الحالات على خليط من اللحم الحلو والحامض فى نفس الثمرة. كما أننا نجد فى بعض الحالات أن سطح ثمرة الخوخ الخارجى يحتوى على مساحات زغبية (وهى من مميزات ثمار الخوخ) متجاورة مع مساحات ملساء على نفس الثمرة (وهى من مميزات ثمرة النكتارين).

وعادة ما تنشأ الكيميرا من طفرة قد تحدث طبيعياً أو صناعياً لخلية واحدة من بالخلايا الميرستيمية وما ينتج عنها من خلايا فى حين تبقى الخلايا المجاورة للخلية الأصلية والتي حدث بها التغير كما هى دون أن تتأثر وتتكون قمة الفرخ الخضرى من طبقتين أو أكثر من الطبقات المتميزة وهذه تحيط بكتلة من خلايا النسيج النباتى الأقل تميزاً. وتحتوى قمم أفرخ النباتات مغطاة البذور على ثلاث طبقات يرمز إليها على التوالى بالرموز L-I & L-II & L-III .

وتحتفظ كل طبقة منها بخصائصها المميزة. فمثلاً يتكشف عن الطبقة الخارجية (L-I) طبقة البشرة المكونة من عدد من صفوف الخلايا، فى حين يتكشف عن الطبقة الوسطى (L-II) القشرة الخارجية بالإضافة إلى جزء من الاسطوانة الوعائية ، كذلك تتكشف عنها الأنسجة التناسلية كخلايا المتك والبويضات أيضاً. أما الطبقة الثالثة والداخلية (L-III) فيتكشف عنها القشرة الداخلية والاسطوانة الوعائية والنخاع.

ويتوقف ظهور الكيميرا على موقع حدوث الطفرة فى خلية واحدة من أى من هذه الطبقات الثلاثة. ولاشك أن حدوث الطفرة فى هذه الحالة سوف يؤثر فقط على الجزء من الساق الناشئ من الطبقة التى حدث بها بالتغير. فعلى سبيل المثال ، إذا حدثت طفرة رباعية (تضاعف رباعى) فى إحدى خلايا الطبقة الثانية (L-II) لنبات ثنائى التركيب الوراثى ، فإن النبات الجديد يوصف بالرمز 2-4-2 ، أى أن الطبقات (L-I ، L-III) لم يحدث بها تغير فهما ثنائيا التركيب الوراثى (2ن)، فى حين حدث التضاعف فقط فى الطبقة الوسطى (L-II ن).

أما إذا حدثت طفرة فى خلية على جانب ما من القمة النامية، فغالباً ما يتأثر جزء صغير من الساق، ومن ثم فإن الأفرخ الخضرية الناشئة عن هذا الجزء سوف يظهر بها صفات مطفرة بينما يخرج على الجانب الأخر المقابل (والذى لم تحدث به الطفرة) للقمة النامية أفرخ خضرية ذات صفات طبيعية.

أما إذا احتوى البرعم على أنسجة طبيعية وأخرى مطفرة، فغالباً ما تنشأ أنواع مختلفة من الكيميرا. وعموماً فإن هناك ثلاثة أنواع من الكيميرا هى :

1- الكيميرا المحيطية Parricidal chimera

فى هذا النوع من الكيميرا نجد أن العضو النباتى يحتوى على نسجين مختلفين فى تركيبهما الوراثى بحيث يحيط أحد الأنسجة بالآخر إحاطة تامة. وهذا النوع هو أكثر الأنواع ثباتاً وعادة ما يكون النسيج الخارجى (الذى حدث به التغير الوراثى) غير سميك ويتراوح سمكه ما بين صف إلى عدة صفوف من الخلايا، ويلاحظ هذا النوع بكثرة فى العديد من المحاصيل البستانية مثل جنس Rubus وبعض أصناف البطاطس .

قد تردت الكيميرا المحيطية إلى سيرتها الأولى (الحالة الطبيعية) مرة أخرى وهذا وإن حدث فهو قليل. فعلى سبيل المثال عند استخدام العقل الورقية لاكتثار نباتات جلد النمر Sansevieria Spp (وهو من النباتات العصارية وحيدة الفلقة) ذات الأوراق المبرقشة ، فغالباً ما ينتج عن هذا الاكثار نباتات طبيعية (خالية من صفة التبرقش) وتختفى الكيميرا المحيطية . ويرجع السبب فى ذلك إلى أن الأفرخ الخضرية والجذور تتكشف من الطبقات الداخلية والتي لم يحدث فى خلاياها أى تغير وراثى يذكر.

2- الكيميرا الناقصة Mericlinal chimera

وتشبه النوع السابق إلا أن التغير هنا يشمل جزء صغير من النسيج الخارجى للفرخ أو الثمرة. ويعد هذا النوع هو أكثر الأنواع حدوثاً وأقلها ثباتاً. فقد تردت إلى الحالة الطبيعية غير المطفرة أو أن تتحول إلى كيميرا محيطية عن طريق التكاثر الخضرى. فإذا تكثف البرعم الجانبى من الجزء المطفر فعادة ما ينتج عن ذلك كيميرا محيطية، فى حين إذا تكثف من جزء طبيعى نتج عنه فرخ طبيعى كذلك (غير مطفر). أما إذا تكثف البرعم عند منطقة الحدود بين الجزء المطفر والجزء الطبيعى فينشأ عن ذلك كيميرا ناقصة.

3- الكيميرا القطاعية Sectorial chimera

وفى هذا النوع يتكون الفرخ من نسجين مختلفين وراثياً ومتجاورين. وغالباً ما تحتوى الأوراق والبراعم الجانبية التى تتكشف عن هذا الفرخ على هذين النسجين المختلفين. وهذا النوع من الكيميرا قليل الثبات ويشبه الكيميرا الناقصة من الناحية المظهرية فقط إلا أنه يختلف عنها فى أن الجزء المطفر يشغل قطاعاً بأكمله من العضو النباتى كالثمرة أو الفرخ ، بحيث يمتد هذا القطاع من سطح العضو وحتى المركز. لذلك كان من الضرورى القيام بالدراسات التشريحية والسيولوجية للتمييز بين نوعى الكيميرا . وينشأ من هذا النوع أنواع أخرى من الكيميرا مثل المحيطية والناقصة، بل قد ينتج عنها نباتات مختلفة وراثياً تماماً (طفرة) أو نباتات عادية (غير مطفرة).

في الوقت الذي تحدث فيه أنواع الكيميرا والتي سبق الحديث عنها طبيعياً، فإن كيميرا التطعيم يمكن إحداثها صناعياً وذلك عن طريق الإكثار الخضري بالتطعيم. فعند قرط (قطع) الطعم (كاملاً تقريباً) حتى منطقة اتصاله بالأصل في النباتات الصغيرة المطعومة، فإن هذه المعاملة تشجع على خروج براعم عرضية تتكشف عادة من نسيج الكلس عند منطقة اتحاد (التحام) الطعم بالأصل. وتعتبر الأفرخ النامية من تكشف تلك البراعم العرضية كيميرا. إذ أنها تحتوي على أنسجة مستقلة لكل من الطعم والأصل إلا أنها متجاورة في نفس العضو النباتي. وكثيراً من كيميرا التطعيم أمكن إنتاجها والمحافظة عليها باستخدام الإكثار الخضري. وعلى سبيل المثال برتقال صنف Bizzaria تتكون الثمرة فيه من نصف برتقال والنصف الآخر ترنج، ومن المرجح أن هذا الصنف نشأ من برعم عرضي تكشف من الكلس عند منطقة التحام الطعم (نارنج) على أصل الترنج.

المحافظة على ثبات التركيب الوراثي للسلاسل الخضرية وخلوها من الأمراض Maintenance pathogen-free, true-to type clones

يتطلب إكثار السلاسل الخضرية المحافظة على تراكيبها الوراثية وتتبع أي تغير وراثي يمكن أن يحدث بداخلها، وكذلك التخلص من مسببات المرضية المختلفة. فكثيراً ما تغير التركيب الوراثي لسلالة ما أو تدهورت نتيجة الإصابة بالأمراض المختلفة مما أدى إلى اختفاء مثل هذه السلاسل. وقد تنمو السلالة وهي حاملة للمرض، ولكن بمجرد نقلها إلى مناطق أخرى ذات ظروف بيئية مغايرة قد تظهر الأعراض المرضية بل قد ينتقل المرض إلى السلاسل الأخرى النامية معها بنفس المنطقة. وللمحافظة على التركيب الوراثي للسلالة الخضرية كان من الضروري التأكد- أثناء القيام بالإكثار الخضري - من أن الجزء النباتي المستخدم (عقلة - برعم... الخ) يمثل تماماً الصنف أو السلالة المراد إكثارها، وليس صنفاً آخر. كما يجب تجنب خلط السلاسل المختلفة إذ أن هذه الأخطاء لا تظهر إلا بعد إكثار الألاف من النباتات الجديدة (النسل الناتج). ومن المفضل الحصول على الأجزاء الخضرية اللازمة لإكثار صنف معين من مصادرها الأصلية والتأكد التام من أنها تمثل الصنف المرغوب إكثاره. ويفضل فحص النباتات التي ستؤخذ منها الطعوم أو الأجزاء الخضرية المختلفة (الأمهات) خاصة أثناء مرحلتى الإزهار والإثمار وذلك للتأكد من الصفات المطلوبة. إلا أن طريقة الفحص هذه قد لا تمكننا في بعض الأحيان من اكتشاف التغيرات التي قد لا تظهر تحت ظروف بيئية معينة.

فمثلاً، قد يحتوي الجزء النباتي المأخوذ للإكثار على تغيرات طفيفة مثل الكيميرا ومن ثم فإن البرعم الذي سينشأ من تلك المنطقة (الكيميرا) سوف ينتج نباتاً مخالفاً من الناحية الوراثية للنبات الأم. لذلك كان من الضروري اختبار النسل الناتج للتأكد من مطابقته للصنف الأصلي.

أما المحافظة على السلالة الخضرية وحمايتها من الأمراض فيتم عن طريق اختيار الأجزاء النباتية من أمهات معتمدة رسمياً وخالية من الأمراض أو مسبباتها المختلفة خاصة الفيروسية منها. فقد تحمل السلالة الخضرية المسبب المرضي، إلا أن أعراض الإصابة بالمرض لا تظهر عليها وذلك إما لنمو هذه السلاسل تحت ظروف بيئية معينة أو لأن السلالة تحت مثل هذه الظروف البيئية تكون مقاومة للمسبب المرضي. ويجب أن يكون معلوماً أنه لا تخلو سلالة خضرية خلواً تماماً من جميع مسببات المرضية.

وفي بعض الأمراض التي لها أعراض ظاهرة ففي هذه الحالة يسهل تجنب النباتات المصابة وأخذ خشب التكاثر من النباتات السليمة. إلا أنه في بعض الحالات تحمل النباتات المسبب المرضي بداخلها لكن لا تظهر عليها أعراض المرض لذلك يصعب الحكم على خلو خشب التكاثر المأخوذ من مثل تلك المصادر من المرضي. لذلك كان من الضروري القيام ببعض الاختبارات الهامة للحكم على خلو تلك المصادر من مسببات المرضية. وتتخلص هذه الاختبارات في اختيار مصادر خشب الإكثار بعناية وذلك من خلال المظهر الخارجي له وخلوه من أعراض الأمراض المختلفة والتأكد من أنها مطابقة للصنف المراد إكثاره، ويفضل إجراء مثل هذا الفحص في مرحلتى الإزهار والإثمار.

كما يجب مراجعة البيانات الخاصة بتلك المصادر مثل عمر النبات ومتابعة النسل الناتج منها أثناء الفترات السابقة. يلي ذلك إجراء الاختبارات الخاصة بتقدير مدى إحتواء أو خلو هذه المصادر من مسببات وهناك نوعين من الاختبارات في هذا الخصوص هما:

1- Culture indexing وتستخدم هذه الطريقة للتعرف على مدى خلو النبات من البكتريا والفطريات المرضية. وفي هذه الحالة تؤخذ أجزاء نباتية صغيرة (على هيئة قطاعات قرصية من أعناق الأوراق مثلاً) وتوضع في مزارع معقمة، وتستخدم لإنجاز ذلك بيئات تساعد على نمو وظهور المسبب المرضي. فإذا ظهر المسبب المرضي على تلك الأجزاء النباتية يستبعد النبات الأصلي المأخوذ منه هذه الأجزاء. أما في حالة عدم ظهور المسبب المرضي فهذا يعد دليلاً على خلو النبات الصلي منها، ومن ثم يمكن استخدامه كمصدر لخشب التكاثر. ويستخدم هذا الاختبار على نطاق تجارى عند إنتاج بعض نباتات الزينة مثل الكريزانتيم والقرنفل والبلارجونيم وغيرها.

2- Virus indexing وتستخدم هذه الطريقة للكشف على وجود الفيروسات في النباتات المستخدمة كمصدر لخشب التكاثر. فقد يؤخذ عصير أو سائل من تلك النباتات وينقل إلى أوراق نباتات أخرى حساسة لهذه الفيروسات وهذه النباتات يطلق عليها النباتات المرشدة. فإذا ظهرت أعراض المرض على النباتات المرشدة فمعنى هذا أن النباتات الأولى (مصادر خشب التكاثر) حاملة للفيروس ومن ثم يجب استبعادها. وفي حالة النباتات الخشبية (الأشجار والشجيرات...) يؤخذ منها برعم أو قلم أو ورقة أو حتى جزء من القلف ويركب أو يطعم على نبات آخر حساس يستخدم كأصل. فإذا كان النبات مصدر الخشب حاملاً للفيروس فإنه سرعان ما تظهر أعراض هذا المرض الفيروسي على النبات

المرشد. وكثيراً ما تستخدم هذه الطريقة في الكشف عن إصابة نباتات الفراولة أو خلوها من الأمراض الفيروسية ، وذلك بتطعيم ورقة النبات المراد اختباره على نبات حساس أو مرشد من نباتات الفراولة التابعة لنوع *Fragaria vesca* .

وعموماً فإن هناك عدة طرق يمكن إتباعها للحصول على سلالات خضرية خالية من مسببات المرضية ومن هذه الطرق مايلي:

1- اختيار الأجزاء النباتية غير المصابة: ففي بعض الحالات قد تصاب أجزاء معينة من النبات دون الأجزاء الأخرى. فمثلاً يمكن تجنب الإصابة ببعض مسببات المرضية الموجودة بالتربة وذلك بأخذ العقل الساقية منها من أفرخ بعيدة عن سطح التربة، كذلك يمكن استعمال الأجزاء القمية للأفرخ الخضرية واستبعاد الأجزاء القاعدية التي قد تصاب ببعض مسببات المرضية مثل *Verticillium, Fusarium, Phytophthora* وهذه الكائنات تسبب ذبول نتيجة إصابتها للأوعية التوصيلية بالنباتات.

2- معاملة الأجزاء النباتية حرارياً لفترة وجيزة: وفيها يعرض النبات أو الأجزاء النباتية المختلفة كالأبصال والبيذور لدرجات حرارة مرتفعة نسبياً. ولفترة زمنية قصيرة للقضاء على مسببات المرضية مثل الفطريات والبكتيريا والنيماوتودا وتختلف درجة الحرارة اللازمة للقيام بهذه المعاملة من 43.5°م- 57°م ولمدة تتراوح من نصف ساعة وحتى أربعة ساعات.

3- معاملة الأجزاء النباتية حرارياً لفترات طويلة: وهذه المعاملة كثيراً ما تستخدم لإنتاج نباتات خالية من الأمراض الفيروسية وغيرها من الأمراض الأخرى. وفي هذه المعاملة توضع النباتات النامية بالأواني الخاصة (مثل الأصص- أو صواني الزراعة...) - وبعد وصولها إلى مرحلة معينة من النمو واحتوائها على كمية كافية من المواد الكربوهيدراتية في غرف نمو على درجات حرارة 37- 38م لمدة 2-4 أسابيع. بعدئذ تؤخذ البراعم من النباتات المعاملة وتطعم على أصول خالية من الفيروس أو قد تؤخذ منها عقل وتزرع.

4- زراعة القمم النامية: القمم النامية للأفرخ الخضرية غالباً ما تكون خالية من الفيروسات والمسببات المرضية الأخرى حتى إذا ما كان النبات حاملاً لها. فزراعة القمة النامية في بيئة معقمة ينتج عنها نباتات جديدة كاملة الهيئة خالية من تلك مسببات المرضية. ولقد استخدمت هذه الطريقة في إنتاج سلالات خضرية سليمة في كثير من المحاصيل البستانية كالأوركيد والداليا والقرنفل والامرلس والجلادبولس والثوم والبطاطس والبطاطا والتفاح والفراولة والعنب والموز والنخيل وغيرها .

5- استخدام أكثر من معاملة: في كثير من النباتات نجد أن المعاملة بالحرارة لا تقضي قضاءً مبرماً على الفيروسات، كما أن زراعة القمم النامية في بيئات معقمة قد لا تستأصل الفيروس كلية من جميع النباتات. وقد يمكن القضاء على المسبب المرضي باستخدام الطريقتين معاً. وفي هذه الحالة تعرض النباتات المصابة لدرجة حرارة تتراوح ما بين 38- 40 °م ولمدة 4- 6 أسابيع. ثم تؤخذ القمم النامية بطول 0.33مم وتنمى على بيئات مغذية معقمة. وينمو هذه القمم تنتج نباتات خالية من الفيروسات يمكن استخدامها كمصدر لخشب الطعوم أو العقل أو الأجزاء النباتية المختلفة المستخدمة في التكاثر الخضرى.

6- المعاملة بالمواد الكيميائية: يمكن استخدام مثل هذه المعاملات في استئصال بعض مسببات الأمراض المحمولة خارجياً على الأجزاء النباتية المختلفة وذلك بغمرها في محاليل بعض المركبات الكيميائية مثل محلول الفورمالدهيد.

7 - زراعة البذور: حيث أن كثيراً من الأمراض الفيروسية لا تنتقل عن طريق البذرة، لذلك فإن الشتلات (البادرات) الناتجة عنها غالباً ما تمثل سلالات جديدة خالية من تلك الأمراض لتحل محل السلالات القديمة المتدهورة . كما أن السلالات الناتجة عن الأجنة الخضرية تكون ممثلة للصنف وخالية أيضاً من الأمراض الفيروسية. وقد استخدمت هذه الطريقة بكثرة لإنتاج سلالات خضرية جديدة من الأجنة النيوسلية كما في كثير من أنواع الموالح (الحمضيات). ويمكن الحفاظ على السلالات الجديدة الناتجة بالطرق السابقة وذلك بسرعة إكثارها ومضاعفتها وحمايتها من الإصابة بالأمراض المختلفة ومتابعة أى تغير وراثي قد يحدث بين أفرادها. ويمكن زراعتها بالصوبات أو حقول الإنتاج بالمشتل أو بالحدائق الخاصة لتنميتها بقصد استخدامها كمصدر للطعوم كما في حالة أشجار الفاكهة وهي التى تعرف بالأشجار أو الأمهات المعتمدة رسمياً *Certified Mother trees* .

وكما سبق أن أوضحنا أن الاكثار الخضرى يتم باستخدام أى جزء من النبات الأم فيما عدا الجنين الجنسى بالبذرة. وطبقاً لهذا المفهوم فإنه يمكن تقسيم طرق الاكثار الخضرى الى العديد من الطرق تبعاً للجزء من النبات المستخدم فى عملية الاكثار، وتبعاً للعديد من الاعتبارات الأخرى التى سيرد ذكرها تفصيلاً عند تناول كل طريقة منها على حدة.

طرق التكاثر الخضرى

التكاثر بالعقلة *Propagation by Cutting*

التطعيم والتركيب *Budding & Grafting*

التكاثر بالترقيد والفسائل والملوخ والسرطانات

1- التكاثر بالعقلة Propagation by Cutting

تعد من أهم طرق الإكثار الخضري على الإطلاق لشبوع استخدامها ولكثرة النباتات المتكاثرة بها ولسهولة تجهيزها وإعدادها للزراعة، هذا فضلاً عن عدم احتياجها الى خبرة ودراية متعمقتين في مجال إكثار النباتات البستانية.

وتسمى العقل تبعاً للجزء من النبات التي أخذت منه، فقد تؤخذ من السيقان (السوق) فتسمى بالعقل الساقية وهي أكثر أنواع العقل استخداماً في إكثار أشجار الفاكهة وأشجار وشجيرات الزينة والنباتات الطبية والعطرية العشبية. أو قد تؤخذ الأوراق كاملة أو أجزاء منها، فتسمى بالعقل الورقية وهي شائعة الاستخدام في إكثار نباتات الظل الورقية أو المزهرة والنباتات العصارية. أو قد تؤخذ الأوراق كاملة بأعناقها وبجزء من قاعدة العنق من الساق حاضناً معه البرعم الابطى للورقة فتسمى بالعقل البرعمية الورقية، مثلما يحدث في إكثار أشجار الزينة وبعض نباتات الظل كالفيكس المبرقش أو الهورتنسيا. وفي حالات أخرى قد تؤخذ من الجذور المتضخمة لبعض النباتات مثل الاستاتس وست الحسن والبلارجونيم المبرقش وغيرها وتسمى بالعقل الجذرية.

ويحتاج نجاح التكاثر بالعقل الساقية الى تكوين مجموع جذري عليها حيث أن المجموع الخضري ينشأ عن البراعم الموجودة على العقلة. في حين نجاح التكاثر بالعقلة الجذرية يحتاج إلى تكوين مجموع خضري عرضي عليها من برعم عرضي وكذلك نمو الجذور واستمراره في تكوين مبادئ خروج الجذور Root initiation في حين يلزم تكوين كلاً من النموين الخضري والجذري من براعم عرضية على العقلة الورقية ومن حسن الحظ أن الخلايا بأنسجة النبات لها القدرة على أن تعود للحالة المرستيمية ثم التمييز من جديد الى أنسجة أخرى وهو ما يعرف بـ Dedifferentiation، وجدير بالذكر أنه يمكن نظرياً استخدام خلية واحدة فقط بعد إرجاعها إلى الحالة المرستيمية في إنتاج نبات كامل حيث أنها تحتوى على الشفرة الوراثية الكاملة الخاصة بالنبات الكامل.

تكوين مبادئ الجذور بالعقل الساقية

يلزم معرفة التركيب التشريحي للساق حتى يمكن التعرف على مواضع خروج الجذور العرضية عليها وعموماً لا تتكون الجذور العرضية في معظم النباتات إلا بعد عمل العقل. تنشأ الجذور العرضية في العقل الساقية من مجاميع الخلايا التي توجد بين الحزم الوعائية والتي لها المقدرة على أن تتحول إلى مرستيمية وهذه الخلايا تنقسم مكونة مجاميع من خلايا صغيرة هذه المجاميع هي التي تكون مبادئ الجذور، تستمر تلك الخلايا في الانقسام وتأخذ شكلاً هرمياً وبداخلها تتكون أنسجة وعائية تتصل بما يجاورها من حزم وعائية، ويستمر نمو قمة الجذر الى الخارج في القشرة والبشرة إلى أن تظهر الجذور على الساق مكونة زوايا قائمة وفي حالة العقل الخشبية التي تؤخذ من نباتات معمرة والتي يحدث بها نمو ثانوي أى التي بها أكثر من طبقة واحدة من الخشب واللحاء فتتكون مبادئ الجذور Root primordia فيها غالباً من اللحاء الثانوي أو الأشعة النخاعية. وعليه يمكن تقسيم عملية خروج الجذور العرضية على الساق إلى عدة مراحل

1. مرحلة الحث Root Iniation وفيها يحدث حث لبعض الخلايا المتميز في نسيج الكامبيوم اللين حزمى لتعود الى الحالة المرستيمية .

2. مرحلة نشأة الجذور Initial phase يبدأ فيها تحول الخلايا المرستيمية الى خلايا متميزة لتكون مبادئ الجذور.

3. تكوين مبادئ الجذور Root primordial phase تتطور الخلايا السابقة وتكون داخلها أنسجة متميزة لتكون الأوعية الناقلة والتي تتصل بالأوعية الناقلة للساق لتكون بدايات الجذور.

4. مرحلة التكشف الجذري Differentiation phase خروج الجذور الجديدة المتكونة مخترفة أنسجة الساق.

ومن الناحية التطبيقية فقد وجد أن تكون الجذور العرضية على السوق في معظم الأحوال يحدث بعد قطع هذه السوق (أى تجهيز العقل) وفي بعض الأحيان يحدث ما يعرف بنشاط مبادئ الجذور الساكنة حيث توجد في بعض النباتات مثل السفرجل وبعض أصناف التفاح مبادئ جذور ساكنة مكونة من نسيج الكامبيوم أو اللحاء الثانوي وتسمى Preformed root initials وتظل ساكنة لحين وضع السيقان في ظروف بيئية ملائمة لتحول هذه الخلايا الى بدايات جذور وخروجها مكونة الجذور العرضية وفي بعض الحالات قد تنشط هذه المبادئ الساكنة بدون حاجة لتوافر ظروف بيئية خاصة وتكون ما يعرف بالجذور الهوائية فوق سطح التربة وتظهر هذه الظاهرة في معظم النباتات سهلة التكاثر مثل الصفصاف والارنج بينما في بعض النباتات مثل السفرجل وبعض أصناف التفاح تؤدي المبادئ الساكنة الى حدوث انتفاخ في السوق بما يعرف باسم Gurr Knats. ووجود مبادئ الجذور المتكونة أصلاً ليس ضرورياً لسرعة تكوين الجذور فمعظم أصناف العنب تنبت عقلها بسهولة وبسرعة بالرغم من عدم وجود هذه المبادئ المتكونة أصلاً. ويلاحظ أن الوقت اللازم لتكوين مبادئ الجذور يختلف على مدى واسع حسب النوع والصفة ففي بعض الأحيان قد تتكون ميكروسكوبيا بعد عدة أيام من أخذ العقل. كما في الكريزانتيم في القرنفل .

التركيب التشريحي للساق وعلاقته بتكوين الجذور العرضية

على الرغم من أن صعوبة أو سهولة تكون الجذور العرضية على العقل يمكن تفسيره على أسس فسيولوجية إلا أنه يجب أن تأخذ في الاعتبار علاقة التركيب التشريحي للساق بتكوين الجذور فقد يلائم التركيب التشريحي للساق في أنواع معينة تكوين الجذور وبدرجة أفضل من غيرها وهذا واضح في النارج حيث ينتج جذوراً بكثرة بطول الساق في وقت قصير من زراعة العقل بينما النارج يكون جذوراً قليلة عند قاعدة العقل بعد عدة أسابيع وعند أخذ حلقة من القلف من ساق الترنج وتطعيمها على ساق النارج وبالعكس وتركيب الطعوم الى أن يتم الالتحام. نجد أن العقل الساقية للنارج المحتوية حلقة النارج كونت جذوراً بسهولة على قلف النارج والعكس غير صحيح فعقل النارج المحتوية على قلف النارج لم يكون جذور على حلقة النارج في حين كون الجذور فوق حلقة قلف النارج. أى أن تكوين الجذور طابق تماماً ما يحدث في النباتات الأصلية غير المطعومة من ذلك اتضح أن تكوين الجذور له علاقة وثيقة بالتركيب التشريحي لحلقة النارج التي يصعب فيها تكوين الجذور بالرغم من تطعيمها على ساق النارج يمكنها أن تحصل على احتياجاتها من الهرمونات والمواد الغذائية الأخرى من أوراق النارج ومع ذلك فشلت في تكوين الجذور. ويلاحظ وجود حلقة من الخلايا الاسكلرانثيمية في حالة النباتات المعمرة وهي غالباً ما تكون صعبة التكاثر عن طريق العقل ويعزى السبب الأساسي في صعوبة إنتاج الجذور العرضية على عقل مثل هذه النباتات (مثل الزبدية - الجوافة - المانجو) إلى وجود هذه الحلقة من الخلايا الاسكلرانثيمية التي تمنع خروج مبادئ الجذور رغم تكونها في بعض الأحيان. وقد يرجع الفشل في تكوين مبادئ خروج الجذور إلى فشل المبادئ الجذرية في تكوين اتصال وعائى مع الحزم الوعائية للعقل كما في التفاح صنف فولس.

العوامل التي تؤثر على تكوين الجذور العرضية على العقل

يوجد اختلاف كبير بين أنواع النباتات المختلفة وكذا بين أصناف النوع الواحد من حيث مدى نجاح تكاثرها بالعقل وهناك عدة عوامل مؤثرة على نجاح العقل نوردتها في الآتي:

1- الحالة الغذائية لنبات الأم:

دلت الأبحاث على أن الحالة الغذائية لنبات الأم تؤثر بدرجة كبيرة على تكوين الجذور على العقل الساقية. فقد وجد أن العقل الساقية ذات المحتوى العالي من الكربوهيدرات والأزوت المنخفضة تنتج جذوراً بدرجة أفضل من الأفرخ التي لا تحتوى على كمية كافية من الكربوهيدرات ومرتفعة من الأزوت وهو ما أطلق عليه العلاقة بين الكربون والنيتروجين C/N Ratio. وغالباً يمكن الحكم على صلاحية الأنسجة لتجهيز العقل من وجهة توفر الكربوهيدرات بواسطة صلابتها فالعقل التي تقل بها نسبة الكربوهيدرات تكون غضة ويمكن ثنيها في حين أن الغنية بالكربوهيدرات تكون صلبة وتنكسر بسخ عند ثنيها وقد يختلط الأمر في ذلك ولهذا نلجأ الى طريقة اختبار اليود بقواعد العقل لمعرفة مدى احتواء العقل على النشا وذلك بغمس قواعد العقل بعد تجهيزها في محلول يود 0.2% يودي بوتاسيوم وعلى أساس درجة اللون يحدد محتواها من الكربوهيدرات أو النشا .

ويمكن الوصول بنبات الأم الى الحد المناسب من المحتوى الغذائى بالطرق الآتية:

· تقليل كمية النتروجين: التي تضاف الى نبات الأم (تقليل التسميد الأزوت) وهذا يسمح بتراكم الكربوهيدرات فيزيد من تكوين الجذور.

· اختبار أجزاء من النبات لعمل العقل: تكون في حالة غذائية مناسبة فمثلاً تنتخب الأفرع الجانبية التي تكون بطيئة النمو تراكمت بها الكربوهيدرات ولا تنتخب الأفرع السريعة الطرفية الغضة. كذلك اختيار الأجزاء من الساق التي يعرف أنها تحتوى على نسبة قليلة من النتروجين ونسبة عالية من الكربوهيدرات فمن المعروف أن الأجزاء القاعدية من الأفرع تحتوى على نسبة نتروجين أقل من الأجزاء العليا وبالتالي نسبة الكربوهيدرات أكبر من العليا أى أن نسبة النتروجين تزداد بانتظام من قاعدة الفرع الى قمته وبالعكس يكون الحال بالنسبة للكربوهيدرات لهذا كان انتخاب الأجزاء القاعدية لعمل العقل هو الوضع الأمثل كذلك تفضل السيقان الجانبية عن الطرفية حيث أنها بطيئة في النمو وبالتالي مرتفع المحتوى الكربوهيدراتي وليس ضرورياً أن يرتبط المحتوى العالي من الكربوهيدرات بسهولة تكوين الجذور على العقل ولكن قد توجد عوامل أخرى تؤثر بدرجة أكبر على تكوين الجذور على العقل.

· الإظلام Etiolation: حيث يسمح للنبات أو أجزاء منه أن تنمو في غياب الضوء وهذا يسبب تكوين أوراق صغيرة ورفيعة وأفرع طويلة ذات لون شاحب ويحجب الضوء عن الفرع بلفة بشريط بلاستر أو قماش أسود أو باللف بورق الألومنيوم وتجهز العقل بعد ذلك من الأجزاء التي تم حجب الضوء عنها وتزرع فتعطي نسبة عالية من الجذور العرضية ومن المرجح أن تلك العملية تساعد على تراكم الكربوهيدرات وزيادة تركيز الهرمون المنشط لتكوين الجذور أو يقلل من انتقاله أو هدمه فيزيد تركيزه بالعقل.

· التحليق أو الحزم أو الربط بالسلك: تسبب بطئ وقلة انتقال الكربوهيدرات الى قاعدة الفرع مما يؤدي الى زيادة تراكم الكربوهيدرات بالخلايا فتزداد بالتالي نسبة التجذير.

· نوع الخشب: يختلف نوع الخشب الذى تؤخذ منه العقل فيمكن أن نجهز العقل من خشب بأنواع مختلفة يبدأ بالأطراف الغضة للأفرع النامية إلى الأفرع المسنة التي يبلغ عمرها عدة سنوات. ينصح أحياناً عند تحضير العقل الساقية الناضجة كما في العنب والسفرجل أن تؤخذ بكعب وذلك لارتفاع نسبة نجاح العقل ذات الكعب مقارنة بالعقل العادية. وذلك يرجع إلى وجود مبادئ الجذور العرضية على الخشب القديم واحتوائه أيضاً على محتوى مناسب من الكربوهيدرات والنتروجين ولكن يعاب على ذلك أنه يصعب الحصول على عدد كبير من العقل ذات الكعب في كثير من النباتات.

2- عمر نبات الأم:

في النباتات التي يسهل تكاثرها بالعقل لا يكون لعمر نبات الأم تأثير يذكر على نجاح التكاثر بالعقلة. أما النباتات التي يصعب انبات العقل فيها فيظهر تأثير واضح لعمر نبات الأم في مدى نجاح العقلة فالعقل المأخوذة من شتلات صغيرة السن تنبت بسهولة عن المأخوذة من نباتات تامة النضج أو مسنة وتسمى هذه الظاهرة بظاهرة الشباب *Juvenility*.

3- ميعاد تجهيز العقل:

وجد أن لميعاد أخذ العقلة تأثير على قابلية العقل لإنتاج الجذور عليها وقد يعزى السبب في ملائمة وقت معين من السنة لإنتاج العقلة الى تهيئة حالة فسيولوجية غذائية ملائمة لتكون الجذور العرضية أكثر من غيرها لذلك يجب مراعاة الآتى عند تجهيز العقل:-

أ- في الأشجار المتساقطة الأوراق تجهز العقل الساقية الناضجة أثناء موسم السكون أما العقل النصف ناضجة والعقل الغضة فتؤخذ أثناء موسم النمو من الخشب النصف ناضج أو الخشب الغض.

ب- وجد أن العقل المأخوذة من الأشجار المتساقطة الأوراق بعد تقدم موسم السكون *post dormancy* أفضل من العقل المأخوذة في فترة السكون الرئيسية *Main dormancy* فقد وجد أن عقل التفاح والبرقوق يزداد قابليتها لإنتاج جذور عرضية على العقل قبل خروج البراعم مباشرة من دور الراحة.

ج- أنسب ميعاد لتحضير العقل الغضة هو أن تأخذ من أفرخ نامية في الربيع ولكن بعد تمام تكوين الأوراق عليها وأن تكون الأفرخ ناضجة جزئياً. وكانت أفضل النتائج المتحصل عليها عندما أخذت العقل مبكراً في شهر مايو .

د - أما بالنسبة للنباتات المستديمة الخضرة فقد وجد أن أنسب ميعاد لأخذ العقل هي فترة دورات النمو الخضرية خاصة في الربيع.

هـ- في التكاثر بالعقل الجذرية وجد أن ميعاد أخذ العقل قد يكون له تأثير كبير على نسبة إنبات العقل. فقد وجد على سبيل المثال أن عقل *Red Raspberry* المأخوذة في الصيف لم تنضج وزادت نسبة النجاح تدريجياً حتى الخريف وأن أعلى نسبة تجدير كانت من العقل المأخوذة في الشتاء ثم حدث نقص تدريجي في نسبة إنبات العقل من الربيع الى الصيف.

4- معاملات العقل:

هناك معاملات عديدة تستعمل لمساعدة العقلة على التجدير وهذه المعاملات هي:-

أ- عمل الجروح:

وجد أن عمل الجروح في الجزء القاعدي من العقل الساقية يفيد كثيراً في تشجيع الجذور على العقل الساقية وذلك نتيجة تشجيع الجروح على انقسام الخلايا وتحفير الخلايا البالغة الى الرجوع الى الحالة الانشائية أو المرستيمية عند قاعدة العقل فيساعد ذلك على سرعة تكوين الجذور العرضية وقد يرجع ذلك لتجمع الهرمونات المسئولة عن التجدير والكريبهيدرات بدرجة أكبر عند المنطقة المجروحة وزيادة معدل التنفس بها كما يعتقد أن الجروح تؤدي إلى زيادة امتصاص الماء من وسط الزراعة كذلك تؤدي إلى سرعة امتصاص منظمات النمو المعامل بها الجذور بدرجة أفضل. علاوة على ذلك توجد في بعض الأنسجة الساقية حلقة من الخلايا الاسكلرنشيمية التي تعيق نمو مبادئ الجذور في الخروج واختراق القشرة والبشرة عند تكونها من النخاع أو الأشعة النخاعية لذا فعملية التجريح تؤدي إلى سهولة وسرعة تكوين الجذور عليها كما في الزيتون والخوخ .

ب- المعاملة بالطرد المركزي:

تعانى بعض النباتات من ارتفاع محتواها من الاثيلين الذي يعتبر مثبط لتكوين الجذور وفي البعض الآخر تحتوى العقل على فينولات وقلويدات تثبط خروج الجذور على العقل فإن أمكن التخلص من تلك المواد المعيقة بالطرد المركزي في وجود الماء حول العقل لزداد نشاط تكوين مبادئ الجذور العرضية على العقل.

ج- المعاملة بالفيتامينات والمواد النتروجينية :

وجد أن إضافة فيتامين ب1 (الثيامين) إلى الهرمونات المشجعة لتكوين الجذور العرضية كان له تأثير منشط على تكوين الجذور في عقل كثير من النباتات مثل الليمون الأضاليا وعقل الخوخ. وقد يرجع التنشيط هنا إلى نقص محتوى العقلة قبل المعاملة بتلك المواد والذي تساعد على تكوين بدايات الجذور. وكما هو معروف فالفيتامينات مثلاً هي عوامل مساعدة للإنزيمات لإتمام عملها في تسبير التفاعلات الحيوية

والتي من محصلتها ظهور الظواهر الفسيولوجية المختلفة وعليه يمكن تعليل صعوبة التجدير في بعض العقل إلى نقص إحدى الفيتامينات الهامة والتي بدونها لا تسير التفاعلات الحيوية في خطى تكوين الجذور العرضية .

د- المعاملة بالمواد الكربوهيدراتية :

وجد أن إضافة الدكستروز والسكروز الى المادة الهرمونية المستعملة ساعد على تنشيط تكوين الجذور بدرجة أحسن مما لو استعمل الهرمون بمفرده. فقد زادت نسبة إنماء العقل في الجوافة بعد معاملتها بالهرمون المضاف إليه السكروز .

هـ- المعاملة بالهرمونات النباتية:

قبل التحدث عن المعاملة الهرمونية المشجعة لتكوين الجذور يجب إلقاء الضوء على الهرمونات النباتية من حيث طبيعتها وأهميتها. فالهرمون النباتي هو مادة عضوية تتكون في الأنسجة لتنظيم نشاطها الفسيولوجي وينتشر الهرمون من مكان بناءه إلى الأنسجة الأخرى حيث تظهر فاعليته بتركيزات ضئيلة.

يوجد عدد من المركبات التركيبية (الصناعية) لها نفس تأثير الهرمونات إذا عوملت النباتات بها هذه المركبات تسمى منظمات النمو. وتعرف بأنها مركبات عضوية غير غذائية لها تأثير على النمو ومظاهر النشاط الفسيولوجي وتوجد عدة مجاميع من تلك الهرمونات وهي الأكسينات، الجبريلينات والسيبتوكينينات وحمض الأبسيسيك والاثيلين بالإضافة إلى هرمونات الجروح Acid Tranmatic وهناك بعض الهرمونات الأخرى والتي لم يعرف طبيعتها بعد مثل هرمونات الأزهار وهرمونات التكاثر (الكالينات).

العوامل البيئية التي تؤثر على تكوين الجذور في العقل:

أ - الرطوبة:

يجب المحافظة على درجة عالية من الرطوبة في مرقد للعقل لمنع جفافها وموتها قبل تكوين الجذور، وهذا مهم خاصة في العقل الخشبية والغضة والنصف خشبية وكذلك عقل الفواكه المستديرة الخضرة. وهذه الأنواع من العقل تحتوى على أوراق، وعلى الرغم من أن وجود الأوراق على العقل يشجع تكوين الجذور بدرجة كبيرة، إلا أن فقد الماء عن طريق النتج من الأوراق، قد يؤدي إلى نقص المحتوى المائي للعقل إلى درجة تموت معها العقل قبل تكوين الجذور. وفي الأنواع التي تكون جذوراً بسرعة، فالتكوين السريع للجذور يسمح بامتصاص الماء بسرعة وتعويض الماء المفقود بالنتج . أما في الأنواع التي تكون جذوراً بصعوبة فيجب تقليل النتج من الأوراق الى أقل حد ممكن بحيث تبقى العقل حية حتى تتكون الجذور. ولتقليل النتج من الأوراق التي توجد على العقل يجب أن يكون ضغط بخار الماء في الجو المحيط بالأوراق مساو بقدر الإمكان لضغط بخار الماء في المسافات البيئية للورقة.

ويجب رش المرقد وكذا الجدران والطرق في الصوب الزجاجية حتى يكون الجو المحيط مشبعاً بالرطوبة وبذلك تحافظ على العقل من الجفاف. ومن الطرق الحديثة التي تستعمل لذلك الغرض استعمال الرى الرذاذى حيث تستخدم أجهزة أوتوماتيكية لعمل رذاذ من الماء على فترات معينة داخل الصوب الزجاجية وبذلك يمكن تشبيع الجو المحيط بالعقل ببخار الماء.

ب- الحرارة :

تعتبر درجة حرارة 70- 80°ف أثناء النهار، 60- 70°ف أثناء الليل مناسبة جداً لتكوين الجذور على العقل في معظم أنواع النباتات، إلا أنه في أنواع قليلة فيناسبها درجات حرارة أقل. ودرجات الحرارة العالية أكثر من اللازم يجب تجنبها لأن ذلك يدفع البراعم إلى النمو قبل أن تنمو الجذور وبالتالي تزيد معدل فقد الماء عن طريق الأوراق. ودرجة الحرارة المناسبة تنظم تكوين الجذور العرضية . ومن المهم جداً أن تنمو الجذور قبل الأفرخ وتستعمل طرق عديدة لرفع درجة حرارة التربة حول قاعدة العقل المنزرعة عن درجة الحرارة حول البراعم في قمة العقل، وهذا يساعد على نمو الجذور قبل نمو البراعم . ودرجة حرارة 70°ف حول قاعدة العقل تعتبر مناسبة جداً لذلك، على أن تكون هذه الدرجة ثابتة لا تتغير بدرجة كبيرة، ويمكن التحكم في ذلك باستعمال منظم حرارى.

ج- الضوء:

يختلف تأثير الضوء على تكوين الجذور في العقل باختلاف نوع العقل المستعملة والمعروف أن عملية الإظلام Etiolation التي تجرى أحياناً تساعد على تكشف مبادئ الجذور في بعض النباتات. ومن ناحية أخرى تحتاج العقل المورقة الى تعريض الأوراق للضوء لكي يحدث تكوين الجذور.

وفي الفواكه المتساقطة والعقل الساقية الناضجة التي بها أوكسين مخزن تتكشف الجذور فيها بدرجة أحسن في الظلام، أما العقل المورقة الصغيرة التي لا تحتوى على أوكسين مخزن ولامواد كربوايدراتية مخزنة، فتهتاج إلى ضوء للتمثيل الضوئي وتكوين الأوكسين وبالتالي تكشف تكوين الجذور.

كذلك وجد أن الطيف الأحمر يناسب تكوين الجذور عنه في الطيف الأزرق، كذلك النهار الطويل كفترة إضاءة يتعرض لها نباتات الأم قبل أخذ العقل منها أفضل من حيث تشجيع تكوين الجذور على الكل من التعرض للنهار القصير. وقد يرجع ذلك إلى ملائمة النهار الطويل لتراكم الكربوهيدرات وتكوين الأكسين .

د - بيئة نمو الجذور:

تقوم هذه البيئات بثلاث وظائف:

تثبيت العقل في مكانها بعد الزراعة.

إمداد العقل بالرطوبة المناسبة.

توفير الهواء حول قواعد العقل.

والبيئة المثالية هي التي تسمح بالتهوية الجيدة، وقدرتها الحافظة للماء عالية نسبياً وسهلة الصرف. كما يجب أن تكون البيئة خالية نسبياً من الفطر والبكتيريا، خاصة في حالة العقل الغضة والنصف ناضجة.

ويؤثر نوع البيئة على نوع المجموع الجذري المتكون. فالعقل المنزرعة في الرمل تكون جذورها طويلة وغير متفرعة وخشنة وسهلة الكسر. أما في بيئة البيت موس تكون الجذور جيدة التفرع ورفيعة وأكثر ليونة، والنوع الأخير يكون مناسباً عند استخراج العقل وإعادة زراعتها. والسبب في اختلاف نوع المجموع الجذري المتكون في الرمل عنه في البيت موس يرجع إلى اختلافات في محتوى البيئة من الرطوبة. ووجد أنه تحت الظروف المثلى لتكوين الجذور في العقل، يحتوى البيت موس على أكثر من ضعف الهواء الموجود في الرمل، كذلك يحتوى على أكثر من ثلاثة أمثال الرطوبة الموجودة في الرمل (على أساس الحجم). وهذا يبين أن المجموع الجذري الذى يتكون على العقل والذى يناسب العمليات الزراعية يكون له علاقة كبيرة بكمية الرطوبة الموجودة في البيئة. وتوفير الأكسجين في البيئة يناسب تكوين الجذور ولو أن الاحتياجات الى الأوكسجين تختلف باختلاف نوع النبات. مثال ذلك عقل الصفصاف فانه يمكنها أن تكون جذوراً مباشرة في الماء الذى يحتوى على أوكسجين منخفض كذلك وجد أن مستوى الكالسيوم القابل للتبادل في بيئة زراعة العقل هام لإنتاج الجذور العرضية على العقل. كما وجد أن حموضة وسط الزراعة يؤثر على إخراج الجذور العرضية أيضاً وكانت أنسب درجة حموضة pH يتراوح بين 6.8 إلى 7.5.

التكاثر بزراعة الأنسجة

- أول من تنبه إلى قدرة الخالق سبحانه وتعالى في أن كل خلية نباتية منفردة لها القدرة على التكاثر وتكوين نبات كامل والتي عرفت حينئذ بالقدرة الذاتية والتي اعتمد عليها علم زراعة الأنسجة النباتية هو Haberlandt وكانت أول محاولة له عندئذ سنة 1902 ولكنها لم تكلل بالنجاح ولم يفسر في ذلك الوقت سبب فشله على نحو محدد ولكن عرف فيما بعد أن البيئة الغذائية التي استعملها لم تكن تحتوى على الهرمونات النباتية التي لم يكن معروف دورها الأساسى في تنظيم انقسام واستطالة الخلايا وكذلك تميزها وتخليقها أى كل ظواهر التكاثر المورفولوجى.

- وقد مارس الفسيولوجيين فكرة زراعة الأنسجة النباتية منذ ذلك الحين باعتبارها طريقة ذات قيمة كبيرة بدراسة بعض الظواهر الخاصة بالنمو والأيض وقد بدأت الدراسات الجادة على زراعة الأنسجة والخلايا والأعضاء منذ زمن يقدر بسبعين عاماً تقريباً حينما تمكن العالم White في عام 1934 من تركيب واستنباط بيئة غذائية تمكن من إنباء جذور الطماطم عليها.

3 - مجالات زراعة الأنسجة والخلايا

توجد أربعة مجالات رئيسية لزراعة الأنسجة والخلايا نجلها في المجالات التالية:

1- إنتاج بعض المواد الكيماوية العلاجية والمواد الطبيعية.

2- التحسين الوراثى للمحاصيل.

3- الحصول على سلالات خالية من الأمراض.

4- استخدام زراعة الأنسجة كوسيلة سريعة للتكاثر وإنتاج غزير من النباتات.

أولاً: إنتاج المواد الكيماوية الطبية والمواد الطبيعية Production of pharmaceutical and other natural products

كما هو معروف فإن هناك عديد من النباتات التى تنتج مواد طبيعية تعتبر إحدى نواتج عمليات التمثيل الغذائى يقوم الإنسان باستخراجها واستعمالها فى صناعات عديدة أهمها صناعة الدواء وإنتاج الزيوت العطرية ومكسبات النكهة والطعم.

ولقد أمكن استخدام زراعة الأنسجة لبعض النباتات الطبية مثل الداتورة والسكران والديجتالس لإنتاج المواد الطبية وكذلك بعض النباتات العطرية مثل الريحان والنعناع والعتر لإنتاج الزيوت العطرية وذلك بزراعة أنسجة أو أعضاء مختلفة من تلك النباتات للحصول على نسيج الكلس ثم يستخلص المادة الفعالة منه دون الحاجة لزراعة النبات بأكمله وبذلك يمكن توفير مساحات الأراضى اللازمة لزراعة هذه النباتات وكذلك توفير المجهود الزراعى وكذلك المجهود اللازم لاستخراج هذه المواد من النبات الكامل وربما يكون ذلك التكنيك من الناحية الاقتصادية أكثر نفعاً . ويعتبر هذا المجال من مجالات زراعة الأنسجة الحديثة التى لم تطرق بعد بالقدر الكافى لأنه من المتوقع أن يكون من أهم المجالات لاستخدام زراعة الأنسجة فى المستقبل القريب.

ثانياً: التحسين الوراثى للمحاصيل : The genetic improvement of crops

أن البحث عن التراكيب الوراثية أو مصادر الاختلافات الوراثية وإنتاج أصناف جديدة لهو الشغل الشاغل لمربى النبات وهو فى صدد هذا الهدف قد يواجه بعدة عقبات يمكن تزييلها بتكنيك زراعة الأنسجة والأعضاء.

1- ثبت أن الأجنة الناتجة من الهجن المتباعدة الآباء لا يتم تكوينها ونضجها مثل الأجنة الناتجة عن الهجن الجنسية والنوعية، تلك الأجنة تعاني من ظاهرة تعرف بظاهرة العمق الأندوسبيرمى *Somatoplastic sterility* وتنتج من عدم التوازن الكروموسومى لأنسجة الإندوسبيرم والجنين فكما هو معروف أن الأجنة لا تتصل مباشرة بالأنسجة الوعائية لنبات الأم ولكن يتم الاتصال عن طريق الإندوسبيرم الذى يستقبل المواد الغذائية ثم يقوم بتوصيلها للجنين عن طريق الحبل السرى . وبالفحص السيتولوجى لمثل تلك الأجنة الهجينة ثبت أن الزيجوت ينقسم عدة انقسامات أولية كالمعتاد ثم يتكون فى قاعدة البويضة أى بين الحبل السرى والطرف الكلازى منطقة بها خلايا غير حية تمنع من وصول الغذاء للإندوسبيرم وعندئذ يموت نسيج الإندوسبيرم الذى يعقبه موت الجنين فإذا أمكن عزل الأجنة الجنسية فى وقت مناسب وتنميتها على بيئة مناسبة فإنه يمكننا الحصول على تلك الأجنة فيما يعرف بزراعة الأجنة *Embryo culture* وهو هدف عظيم لمربى النبات .

2- عند سعى مربى النبات فى الحصول على قوة الهجين يواجه بعدة مشاكل أهمها طول الفترة بين الأجيال والتى تطيل من برامجه فضلاً على صعوبة الحصول على نباتات متماثلة فى صفاتها الوراثية *Homozyous* لذلك يتطلب منه تأصيل العوامل الوراثية بالتربية الذاتية أو التهجين الذاتى لعدة أجيال فيواجه بأن نباتات الجيل الثالث والرابع تكون عديمة الخصوبة مما يوقف من برامجه لذلك فإن حصوله على نبات أحادى المجموعة الكروموسومية *Haploid* يعتبر من الآمال العظيمة لمربى النبات حيث يمكنه مضاعفتها بالكولشيسين فيحصل على نبات ثنائى المجموعة الكروموسومية وفى نفس الوقت أصيل فى عوامله الوراثية *Homozyous* وذلك باستخدام مجال زراعة الأنسجة بزراعة المتك أو حبة اللقاح لإنتاج نبات أحادى المجموعة الكروموسومية وفى وقت قصير جداً بالمقارنة بالطريقة التقليدية .

3- من أهم طرق التربية هو البحث عن تراكيب وراثية عن طريق الانتخاب لذلك تصعب تلك المهمة على مربى النبات إذا تضاءلت أمامه وجود مصادر الاختلافات الوراثية أما إن توافرت فيكون أمامه مهمة صعبة وهى عمل *Screening* لعدد كبير من النباتات وهى مهمة ولكن باستخدام تكنيك زراعة الأنسجة ومعلقات الخلايا يمكن لمربى النبات معاملياً أن يتعامل مع عشيرة كبيرة جداً فى فى طبق بترى فيسهل عليه مهمة الانتخاب إذ أن الانتخاب سوف يجرى على مستوى الخلية وليس على مستوى النبات الكامل وفى هذا المجال يمكن لمربى النبات أن ينتخب لصفات عديدة مثل مقاومة الأمراض ، مقاومة الملوحة ، مقاومة السمية المبيدات ، مقاومة النيماطودا ، مقاومة الجفاف .. الخ. ويتم ذلك بالحصول على مزارع للخلايا ثم تعامل بسموم الفطر المسبب للمرض أو بتركيزات عالية من الملح أو بتركيزات مختلفة للمبيد ثم تنتخب الخلايا التى تقاوم الصفة المرغوبة فتنتقل إلى بيئة غذائية لتكوين الكلس ثم يوجه الكلس نحو تخليق الأعضاء الخضرية والجذرية وبذلك يمكن الحصول على نبات كامل كما يمكن بنفس التكنيك استحداث الطفرات وعزلها .

4- قد يصعب على مربى النبات إجراء التهجينات الجنسية والنوعية عند الرغبة فى نقل صفة ما من نبات إلى آخر لكن عن طريق التكنيك الجديد وهو ما يعرف بتكنيك الهندسة الوراثية وزراعة البروتوبلاست يمكن إجراء تلك التهجينات فضلاً على إمكانية عزل جين بمفرده ونقله ليدمج مع المادة الوراثية لنبات مراد إدخال صفة ما فيه بالإضافة إلى إمكان نقل أى مادة وراثية معزولة من أى كائن حى إلى النبات وقد كان وذلك بالطبع مستحيل باستخدام الطرق التقليدية.

ثالثاً : الحصول على سلالات خالية من الأمراض Pathogen free plants :

تصاب كثير من النباتات بالأمراض الفيروسية وبيذل الدارسون جهداً كبيراً للحصول على نباتات خالية من الإصابة ويستخدم تكنيك زراعة الأنسجة فى الحصول على تلك النباتات بطرق عدة:

1- زراعة القمم النامية حيث وجد أن الفيروس ينتقل بصعوبة وببطء إلى قمم النباتات وبالتالي فهى غالباً ما تكون خالية من الفيروس خاصة إذ عزلت بأحجام ميكروسكوبية تصل إلى 0.2 – 0.5 ملليمتر وزراعتها للحصول منها على نبات كامل .

2- الحصول على نباتات خالية من الفيروس فقد تمكن *Murashige et al 1968* من الحصول على نباتات خالية من الفيروس من نسيج النيوسلة لبعض النباتات أحادية الأجنة *Monoembryonic* فى الموالح (الشادوك) وفى تلك الحالة أمكن إنتاج نباتات خالية من الفيروس وفى نفس الوقت مشابهة للأمم من حيث الصفات أنها أجنة جسمية.

3- استخدام التطعيم الدقيق نظراً لصعوبة الحصول على نبات كامل من زراعة القمة النامية مباشرة على بيئة غذائية في بعض النباتات فقد استحدث هذا التكنيك Shoot tip micrografing وذلك بزراعة بذور الأصل في الظلام ثم عزل القمة النامية بطول 0.14 – 0.18 ملليمتر وتطعيمها على بادرة الأصل وبذلك نحصل على شتلة مكونة من أصل وطعم وخالية من الفيروس بعد عدة أسابيع.

رابعاً: استخدام زراعة الأنسجة كوسيلة سريعة للتكاثر Rapid clonal multiplication

نظراً لأن طريقة التكاثر الخضري بالوسائل التقليدية ليست سريعة بالدرجة الكافية لمواجهة الطلب المتزايد على النباتات خاصة نباتات الزينة فإن أسعار تلك النباتات في الزيادة في جميع بلدان العالم مما دفع الكثير إلى استخدام تكنيك زراعة الأنسجة لتوفير تلك الأعداد من النباتات بسعر مناسب في حيز محدود. كما نجح إكثار بعض النباتات الصعبة الإكثار والغالية مثل الأوركيد بذلك التكنيك كما أمكن إنتاج أعداد كبيرة من نخيل البلح والذي يمتاز بقلّة خروج الفسائل عليه وارتفاع أثمانها .

4- مراحل زراعة الأنسجة

للوصول إلى الأهداف السابقة الذكر فإن هناك ثلاثة مراحل رئيسية للحصول على زراعة ناجحة للأنسجة وهي:

أولاً: الحصول على مزرعة معقمة Stage I : Establishment of a septic culture

هذه المرحلة هامة جداً وتعتبر من أهم مراحل زراعة الأنسجة والغرض منها ببساطة هو الحصول على مزرعة معقمة بمعنى عدم تلوث البيئة الغذائية المستعملة أو الأنسجة المستخدمة في الزراعة Explants بأى كائن دقيق يسبب تعفنهما وموتها . ويأتى ذلك بتعقيم الأدوات المستعملة وتعقيم البيئة المستخدمة وكذلك تعقيم الأنسجة المستعملة والتي تكون عبارة عن أجزاء من النبات المراد إكثاره مثل القمم النامية للسيقان والجذور أو أجزاء من السيقان أو الأوراق أو نسيج الكلس.....الخ. ثم إتمام الزراعة أيضاً في جو وحيز معقم.

ثانياً: زيادة الأعضاء المتكاثرة Stage II : Multiplication of propagula

لهدف من تلك المرحلة هو زيادة الأعضاء والتراكيب التي تعطى في النهاية النبات الكامل لذلك تعتمد تلك الخطوة على زيادة إنتاج الأعضاء العرضية Adventitious organs أو زيادة تكوين الأجنة أو زيادة تنشئة النموات الجانبية Axillary shoots وعندما يكون الكلس خطوة وسطية يكون الهدف في تلك المرحلة هو زيادة نمو الكلس ثم تخليق النموات العرضية الخضرية منها أو تكوين الأجنة الجسمية Somatic embryo .

ثالثاً: الإعداد لنقل النبات للتربة Stage III : Preparation of re-establishment of plant

يمكن اعتبار أن التكاثر عن طريق زراعة الأنسجة ناجحاً إذا توج بنجاح نقل النبات الناتج في الأنبوبة المعقمة إلى التربة واستمرار نموه وللوصول لهذه الغاية يجب العمل على أقلمة أو تقسية النباتات Hardening of plant قبل نقلها للظروف الصعبة المحتمل أن تواجهها في التربة مثل نقص الرطوبة Stress tolerance to moisture خاصة إذا علمنا أن تلك الأنسجة تعتبر نامية في وسط مائى Heterotrophic وسوف تنتقل إلى وسط آخر Autotrophic state . كذلك يجب استيفاء تلك النباتات لاحتياجاتها الحرارية أن وجدت لإنهاء طور الراحة كما للأبصال وللكورمات والريزومات احتياجات البرودة Chilling requirement فيجب استيفاءه قبل نقلها للتربة .

احتياجات كل مرحلة Requirements of each stage :

إحتياجات كل مرحلة تشمل إحتياجات غذائية بمكونات البيئة وطبيعتها وإحتياجات بيئية أى تعرض الأنسجة لدرجات حرارة وشدة إضاءة معينة. وعند دراسة المرحلة الأولى يجب ألا نغفل أن نجاح التكنيك يعتمد أساساً على حسن اختيار الجزء المنزرع Explants أما المرحلة الثانية فإن نجاحنا يتحدد بمعرفتنا إلى طريقة زيادة الأعضاء العرضية المتكونة مثل النموات العرضية والأجنة الخضرية والنموات الجانبية ..الخ. أما في المرحلة الثالثة فيجب أن نكون ملمين بالاحتياجات الفسيولوجية للنبات المتكون كاحتياجه مثلاً لكسر طور سكونه إن كان له طور سكون أو احتياجه إلى معاملات خاصة للتقسية مثل تعريضه إلى إضاءة ذات شدة عالية High intensity light .