ما هو المقصود بزراعة الأنسجة النباتية؟

يطلق مصطلح **Tissue culture** عندما يتم زراعة أي خلية أو نسيج أو حتى عضو نباتى داخل أوعية زجاجية محتوية على بيئة غذائية متوازنة وتحت ظروف بيئية معقمة ومتحكم فيها وبالتالي تكشفها إلى أعضاء وتكوين نباتات كاملة.

أهداف استخدام زراعة الأنسجة النباتية

1 أهداف استخدام زراعة الأنسجة النباتية

1) أكثار النباتات التى يصـــعب أكثارها بالبذور Propagation of plants that are difficult to propagate by seeds.

تعد زراعة الأنسجة النباتية وسيلة لإكثار النباتات التي يصعب اكثارها بالبذور لعدم قدرتها على تكوين بذور او تنتج بذوراً بكميات غير اقتصـادية او لا تنتج بذوراً قابلة للحياة (تفقد حيويتها بسـرعة) او نسـبة التلقيح الخلطي فيها مرتفعة مما يؤدي الى انتاج نسـل غير متجانس وراثياً (Heterogeneous progeny)

2) استخدام زراعة الأنسجة كوسيلة سريعة للتكاثر Rapid clonal multiplication

نظراً لأن طريقة التكاثر الخضـرى بالطرق التقليدية ليسـت سـريعة بالدرجة الكافية لمواجهة الطلب المتزايد على النباتات، مما دفع الكثير إلى استخدام تقانة زراعة الأنسجة النباتية في الأكثار التجاري للنباتات لما تتميز به من صـغر حجم الجزء النباتي المستخدم في الأكثار، وصغر المساحة المطلوبة للزراعة، وسهولة توفير كل من الوسط الغذائي والظروف المناخية المناسبة فضلاً عن انتاج اعداد كبيرة في فترة قصـيرة على مدار السـنة دون التقيد بالموسـم الزراعي. كما نجح في إكثار بعض النباتات الصـعبة الإكثار والغالية مثل الأوركيد بتلك التقانة، ففي سـنة احدة وبأسـتخدام جزء نباتي واحد تم الحصـول على اربعة ملايين نبات اوركيد جنس

Cymbidium و300 الف نبات Asparagus. كما تطلب لإنتاج 10 الاف نبات قرنفل بالزراعة التقليدية توفير 667 نباتا في مساحة تقدر بـ17 متراً مربعا، بينما تطلب إنتاج نفس العدد من نبات القرنفل في الزراعة المختبرية ثلاث نباتات فقط تشغل مساحة تقدر 0,08 متر مربع. كما أمكن إنتاج أعداد كبيرة من نباتات نخيل التمر والتى تمتاز بقلة خروج الفسائل وارتفاع اسعارها.

3) إنتاج نباتات خالية من مسببات الأمراض خاصة الفيروسية منها:- Production of pathogens [mainly virus] - free plants:

تقدم تقانات الزراعة النسيجية وسيلة هامة للتخلص من المسببات المرضية، وإنتاج نباتات خالية من الفيروسات Virus Free . Plants فمن المعروف أن بعض النباتات التي يتم إكثارها خضرياً تكون عرضة للإصابة بالأمراض الفيروسية والتي تنتقل من خلال وسائل الإكثار. وبزراعة المرستيم الطرفي يمكن إنتاج نباتات خالية من مسببات الأمراض. حيث وجد أن الفيروس ينتقل بصعوبة وبطء إلى قمم النباتات، وذلك لعدم احتوائه على أوعية ناقلة Vesseless, وبطئ حركة الفيروس في المنطقة النشطة خاصة إذ عُزلت بأحجام ميكروسكوبية تصل بين (0.2 – 0.5) ملم. ويكون النشاط الأيضي في القمة المرستيمية غالباً بدرجة يقل معها تكاثر الفيروس. كما ان نظم المقاومة لتكاثر الفيروس تكون اعلى في الأنسجة المرستيمية عن اي نسيج اخر. فضلاً عن التركيز العالي للأوكسين في القمم النامية يثبط نشاط الفيروس. وقد نجحت الزراعة النسيجية في انتاج نباتات البطاطا والطماطة والقرنفل والفراولة والنخيل وغيرها خالية من الفيروسات.

4) إنتاج نباتات احادية المجموعة الكروموسومية Producion of haploid plants

هي نباتات عقيمة لاتنتج بذوراً ، وتحتوي على نصف العدد الكروموسومي(n)، بينما النباتات الثنائية خصبة وقادرة على انتاج البذور. تنتج النباتات الأحادية بالزراعة المختبرية للمتوك Anthers او حبوب اللقاح (حبوب الطلع) Pollen او البيضة Egg. ثم تعامل النباتات الأحادية بالكولشسين (Colchicine) لمضاعفة العدد الكروموسومي والحصول على نباتات ثنائية المجموعة الكروموسومية (2n) نقية خصبة متجانسة. وبدون الدخول بعملية التلقيح الذاتي لعدة سنوات للحصول على سلالات نقية. ولهذه الطريقة اهمية كبيرة في مجال تربية وتحسين النباتات وانتاج نباتات محورة وراثياً (Genetically modified plants).

5) التهجين الجسمي Somatic hybridization : يعد التهجين الجسمي بواسطة دمج البروتوبلاست طريقة مهمة لإنتاج هجن بين أقرباء أو أباعد النباتات. ان اهمية هذه الطريقة تكمن في امكانية احداث تحوير في الصفات الوراثية للنبات عن طريق التأثير المباشر على DNA. ويتألف البروتوبلاست من خلايا نباتية محاطة بغشاء بلازمي فقط ومن دون جدار خلوي، مما يفيدها في امتصاص الجزيئات الكبرى Macromolecules من قبل النباتات. وعندما تتلامس الأغشية البلازمية للبروتوبلاست فيما بينها، تندمج بروتوبلاستات خليتين مختلفتين ينتج بروتوبلاست هجين مشكلةً خلية واحدة تلقائياً. وتكمن المرحلة الحرجة بعد الدمج البروتوبلاستي في إعادة تشكل الجدار الخلوي والذي لا يمكن من دونه للخلايا أن تنقسم وتتحول إلى كالس، ومن ثم إلى نباتات، ويمكن استخدام مادة محفِّزة، مثل كلايكول متعدد الأثيلين Polyethylene glycol (PEG) أو شوارد الكالسيوم في درجة حموضة عالية، أو باستخدام تيار كهربائي. فأذا زُرعت خلية بروتوبلاست الهجين نسيجياً ينتج نبات يحتوي على مجموعتين من الكروموسومات، احدهما قادم من الأم والأخر من الأب، ومن ثم امكانية انتاج نبات هجين من نباتين يحملان صفات عدم التوافق وراثياً بينهما (Incompatible)، والنباتات الناتجة لها صفات وراثية مختلفة عن صفات الأم والأب كل على حدة.

6) إحداث وانتخاب الطفرات الوراثية Induction and selection of mutants

من الممكن ان تحدث الطفرات بنسبة عالية وبصورة تلقائية اثناء الزراعة الثانوية للكالس. كما يمكن الحصول على الطفرات بمعاملة النباتات المزروعة مخبرياً او اجزاء منها بمطفرات كيميائية اوبالتعرض للأشعاعات مثل اشعة كاما او اشعة X ، ثم زراعتها على وسط مناسب وانتخاب مايحدث من تغييرات وراثية مناسبة. وتثبت الصفة المنتخبة من خلال الزراعة المختبرية المتكررة. ومن خلال المتابعة بعد زراعتها في الحقل لعدة اجيال متعاقبة مع الأنتخاب المستمر للنباتات الحاملة للصفة المطلوبة.

وعلى ســـبيل المثال ماحدث مع نبات قصـــب الســـكر اذ تم احداث طفرات وراثية وانتخاب عدد من النباتات المقاومة للعديد من الأمراض.

7) تبادل وحفظ التراكيب الوراثية (الأنواع) Germplasm storage and exchange

توفر زراعة الأنسـجة فرصـة مناسـبة لتبادل وتخزين الأصـناف النباتية Germplasm Storage and exchange بين الدول دون الخوف من انتشـار الأمراض من الدول المصـدرة إلى الدول المستوردة ، فمثلاً ظهور صـنف جديد في منطقة أو دولة ما قد تقف إجراءات الحجر الزراعي والخوف من انتشار الأمراض عائقاً في سبيل نشر هذا الصنف، ولكن عن طريق زراعة الأنسجة يمكن التغلب على هذا العائق. كما تؤدي تقانات الزراعة النسـيجية الى سـهولة حفظ التراكيب الوراثية، وهو ما يعتبر هدف عظيم الفائدة بالنســبة لعلماء التربية حيث يمكنهم حفظ أنواع معينة أو أصـــناف معينة في أنابيب تحفظ في ثلاجات لإيقاف نموها حتى يحتاج إليها في عمليات التربية والتهجين المختلفة، وذلك بدلاً من زراعتها في الحقل مباشـرةً، حيث يتطلب نظام المحافظة عليها في الحقل كثيراً من الوقت والجهد فضلا عن إمكانية فقدها في أي لحظة بسبب الظروف البيئية والحيوية في الحقل.

8) إنتاج العديد من المركبات العضوية والأمصال Pharmacology, Vaccines

تنتج الكثير من النباتات الطبية والعطرية تنتج مواد عضـوية ، ومواد ثانوية فعالة ذات أهمية خاصـة طبية وصـناعية مثل نبات الداتورا والسكران والدجيتالس والريحان والنعناع والونكة وغيرها. وتستخدم مزارع الأنسـجة حالياً بشـكل مكثف في انتاج العديد من هذه المواد الفعالة وبخاصـة المواد الصـيدلانية منها. ويقوم الباحثون بالعديد من الدراسـات لإنتاج هذه المواد في المختبرات، ونقل الخبرات للصـناعة لإنتاج هذه المواد بشـكل تجاري .حيث يقوم المختصـون بزراعة أجزاء من النباتات لإنتاج نسـيج الكالس Callusالذي نستخلص منه المادة الفعالة بدلاً من اللجوء إلى زراعة النبات نفسه. ومن امثلة ذلك استخدام زراعة الخلايا في انتاج الكابسيسين Capsaicin وهي مادة كيميائية تُستخدَم كمسكن تستخلص من ثمار الفلفل الحار*Capsicum frutescens*. ومادة Tropane alkaloids من نبات الداتورة *Datura innoxis*، حيث تزرع خلايا النبات في مخمر Fermenter يحتوي على وسط غذائي مناسب لزيادة عددها بكمية كبيرة ثم تنقل الى مخمر جديد اخر يحتوي على وسط انتاج Production medium ثم اســتخلاص المادة الفعالة منه. كما هو معروف فإن هناك عديد من النباتات التى تنتج مواداً طبيعية تعتبر إحدى نواتج عمليات التمثيل الغذائى يقوم الإنسان بإستخراجها واستعمالها فى صناعات عديدة أهمها صناعة الدواء وإنتاج الزيوت العطرية ومكسبات النكهة والطعم. والأمثلة على ذلك عديدة نجملها فى الجدول رقم (1).

جدول (1) أهم المركبات الفعالة التي تستخرج من النباتات الطبية والعطرية بزراعة الأنسجة

النبات	الاسم العلمي	المادة الفعالة
البلادونا(الأتروبا)	Atropa *belladonna*	قلويدات (أتروبين)
الإيفيدرا	*Ephedra Vulgaris*	قلويدات(أفيدرين)
السنكونا	*Cinchona spp.*	قلويدات(لينين)
نبات الكولا	*Erythroxylon coca*	قلويدات(كوكايين)
السكران	*Hyscyamus muticus.*	قلويدات(هيوسيامين)
الجوز المقئ	*Strychnase sp.*	قلويدات (ستريكتين)
البن	*Coffea Arabica*	قلويدات (كافيين)
نوى الخوخ والمشمش والبرقوق		كلوكسيدات(الأميجدالين)
الصفصاف		كلوكسيدات (السالسين)
	Brassica alba	كلوكسيدات (زيت)

9) تجديد وإكثار الأشجار والشجيرات الخشبية Regeneration and propagation of trees and woody shrubs

.

بزراعة الأنسجة النباتية يمكن تجديد الأشجار المعمرة وانتاج اعداد كبيرة من الشتلات، كما ان لها اهميتها بالنسبة للأشجار والشجيرات التي يصعب اكثارها خضرياً كما هو الحال في نخيل التمر، لكون عدد الفسائل التي تنتج من كل نخله محدود. لذا فأن اكثار النخيل بكميات كبيره جدا اصبح امراً ملحاً وهذا ما ادى الى إكثار النخيل بزراعة الأنسجة لسد هذا الطلب المتزايد خاصة على الأصناف المرغوبة والنادرة.
النباتات المنتجة من نشاط القمم المرستيمية تكون من الناحية الوراثية مطابقة تماماً للنسيج الأم المأخوذة منه القمم المرستيمية، ويطلق على هذه النباتات اسم السلالة " Clone " وهي النباتات الناتجة بدون تغير وراثي من فرد بمعنى أنها سلالة طبق الأصل من نبات واحد دون تغير في الصفات الوراثية، أي أن جميع النباتات متشابهة وراثياً تماماً، مما يؤدي إلي المحافظة على الصفات الوراثية. ويعد إنتاج نباتات بهذه الكيفية إحدى مميزات التكاثر الخضري للمحافظة على السلالات.

10) الإخصاب في أنابيب *in vitro* Pollination -: *عن* طريق التكنيك الجديد يجري الأخصاب المختبري للتغلب على بعض الظواهر الطبيعية التي تعوق تكاثر النباتات بطريقة طبيعية مثل وجود عائق في الميسم بوضع البويضات مع حبوب اللقاح والعقم الأندوسبيرمي ومشاكل التهجينات الجنسية وعدم التوافق وفشل حبوب اللقاح في الأنبات.

- **شروط نجاح زراعة الأنسجة**

1) لكي تحقق مشروع ناجح يجب أن تتوافر في المختبر عناصر ضرورية وأهم شرطين يجب توافرهما: النظام والنظافة حتى يتم فصل الجزء المراد زراعته من النباتات الأم ثم زراعته بطريقة سليمة وسريعة. وإلى جانب النظام والنظافة فمن الأهمية التأكد من الكيماويات المستعملة، كذلك الماء المقطر المستخدم في تحضير الأوساط الغذائية.
2) توفير المهارات الفنية " التخصصية" والأجهزة والمعدات اللازمة.
3) تحديد خطوط الأنتاج والنوع النباتي المطلوب انتاجه والطريقة المناسبة لإكثاره داخل المختبر.
4) من الضروري ايضاً ان يكون معدل انتاج مختبر زراعة الأنسجة يتماشى مع احتياج الأسواق سواء اكانت المحلية منها او الخارجية لكي تنخفض تكاليف الأنتاج.
5) استغلال ظاهرة عدم الثبات الوراثي للكالس لإستحداث طفرات جديدة وهذه الخاصية تهم مربي النباتات.

ان التوجه نحو إنتاج الفسائل عن طريق زراعة الأنسجة النباتية بأعتبارها من أهم التقنيات الحديثة وذلك للأسباب التالية :-

1. إنتاج أعداد كبيرة جداً من النباتات تضاهي الأف المرات عدد النباتات التي يمكن الحصول عليها بالطرق التقليدية
2. النباتات المنتجة متجانسة ومشابهة تماما للأم .
3. إنتاج نباتات قوية النمو وخالية من الأمراض.
4. إكثار الأنواع التي يصعب إكثارها بالطرق التقليدية .
5. إكثار الأصناف الجديدة التى يمكن الحصول عليها نتيجة عمليات التحسين الوراثي المختلفة.
6. سهولة تداول النباتات بين المراكز العالمية والدول.
7. إنتاج المركبات الثانوية من مزارع الكالس.

اهم المواصفات التي تتميز بها أشجار " النخيل النسيجي "

1. تعتبر أشجار النخيل النسيجي أشجاراً موثوق بها ومعروفة الصنف "حسب البصمة الوراثية .
2. تتميز أشجار النخيل النسيجي بسرعة نموها الجذري والخضري .
3. تتميز أشجار النخيل النسيجي في إنتاجها الثمري المبكر بعد (3– 4) سنوات وبكمية انتاج جيدة.
4. أشجار النخيل الثمري النسيجية تتميز بتجانسها في الحقل بأحجامها ونموها.
5. النخيل النسيجي متفوق بخلوه من الأمراض والحشرات وبحالة صحية ممتازة .
6. تتميز أشجار النخيل النسيجي بنظام جذري وخضري قويان يضمنان لها النمو والثبات في الأرض المزروعة به.
7. امكانية زراعة أشجار النخيل النسيجي بأي فصل من فصول السنة.
8. تعتبر أشجار النخيل النسيجي ذات تكاليف اقل واوفر خاصة في مجال الشحن والنقل.
9. نسبة الفاقد من النخيل النسيجي ضئيلة جداً.

شكل(2) اشجار نخيل التمر مكثرة بالزراعة النسيجية

فصل وتجهيز الأجزاء النباتية Isolation, and preparation of explants

ان انتخاب الجزء النباتي(Explant) الذي سوف يكون مصدرا للأكثار يجب ان يتم بطريقة دقيقة، بحيث يمتاز بتوفره وسهولة تعقيمه وقابليته العالية للأستجابة للتمايز الشكلي، وكذلك ان تكون انسجته ذات طبيعة خضرية لضمان تطابق النباتات المنتجة مع امهاتها. ويفضل استئصال الأجزاء النباتية من نباتات منماة في غرفة النمو او البيوت المحمية. وبعد تعقيمها تشطف عدة مرات في ماء مقطر لإزالة اثار مادة التعقيم. ان الجزء النباتي ذات الحجم المناسب تتاح له الفرصة للنجاح اكبر لأن العدد الكبير من الخلايا يزيد من قابلية النمو في الوسط الغذائي، فضلاً عن ما يحتويه من هرمونات نباتية ومواد غذائية. كما يجب تقليل مساحة الأسطح

المجروحة لأنها مصدر لإنبعاث الإثيلين. ويوضح (جدول2) بعض المواد المستخدمة في تعقيم الأجزاء النباتية. اما البذور فيمكن زراعتها مباشرة على وسط مناسب بعد تعقيمها وشطفها جيداً. وقد تفصل كل من الأجنة والفلقات لزراعتها كل على حدة. ويُفضل غمر الأجزاء النباتية في محلول سايتوكاينين مناسب لرفع محتواها منه لما له من اهمية في تكوين النموات الخضرية.

جدول (2) بعض المواد المستخدمة في تعقيم الأجزاء النباتية (Explants)

ت	مادة التعقيم	التركيز	مدة التعقيم (دقيقة)	التأثير	سهولة الإزالة*
1	هيبوكلورايت الصوديوم Sodium hypochlorite	% 2**	30 -5	جيد جداً	+++
2	هيبوكلورايت الكالسيوم Calcium hypochlorite	%10-9	30 -5	جيد جداً	+++
3	بيروكسيد الهيدروجين Hydrogen peroxide	%12-10	15 -5	جيد	++++
4	ماء البرومين Bromine water	%2 -1	10 -2	جيد جداً	+++
5	نترات الفضة Silver nitrate	%1	30 -5	جيد	+
6	*** كلوريد الزئبق Mercuric chloride	%1 -0,1	10 -2	مقبول	+
7	مضادات حيوية Antibiotics	5 -4 ملغم لتر$^{-1}$	60-30	جيد	++

*التدرج من صعب الإزالة (+) الى سهل الإزالة (++++).
**2 % حجم/ حجم من المحلول التجاري .
*** يجب مراعاة الحذر الشديد عند استخدام كلوريد الزئبق حيث يعتبر من المواد المحظورة والسامة .

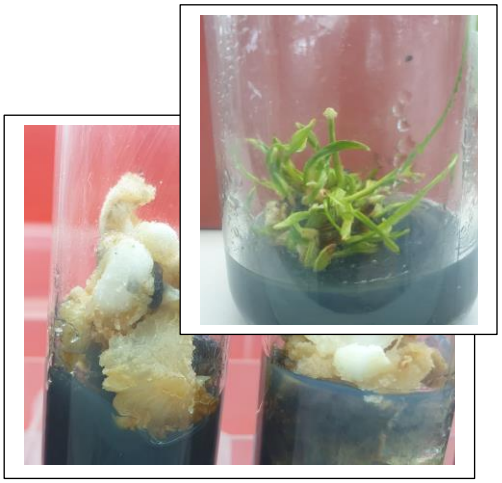
اما بالنسبة للنباتات النامية في الحقل، فبعد أستئصال الأجزاء النباتية تبدأ عملية التعقيم السطحي للأجزاء المراد الإكثار عن طريقها سواء أكانت (براعم، أوراق، درنات، عقد، متوك.....الخ) وذلك بأستئصالها بعناية. تُأخذ الأجزاء السابق ذكرها وقبل الشروع في عملية التعقيم تُغسل ومن ثم تغمر في مبيد فطري (محلول مبيد فطري). بعد ذلك يتم وضع النسيج النباتي في محلول التعقيم وذلك للقضاء على الملوثات الموجودة على اسطحها، مثلا إستعمال 10- 50 % من محلول الكلوركس Clorox الذي يحتوي على 0.5 - 5.25% من مادة هيبوكلورايت الصوديوم Sodium hypochlorite لمدة 5- 30 دقيقة، وهو من أهم المحاليل المعقمة التي يتم إستعمالها على نطاق واسع في تعقيم الأنسجه النباتية، مع مراعاة إضافة بضعة قطرات من المواد الناشرة مثل (Tween-20-Tween-80) مع محاليل التعقيم لزيادة كفاءة التعقيم وذلك من خلال تقليل الشد السطحي لمحاليل التعقيم. بعد أن تتم عملية التعقيم السطحي للنسيج النباتي تجرى عملية غسل النسيج بالماء المعقم والمقطر مرتين مع تكرار عملية الغسل بالماء حتى يتم إزالة المحاليل السابقة. معالجة التلوث البيني إذا حدث وذلك عن طريق جهد النزف (Redox potential) وذلك بإستعمال مواد مضادة للأكسدة. بعده تزال حواف الإنسجة المتضررة من المحاليل المنظفة ويتم تقسيم النسيج الى أجزاء بمساحات من 0.5-1 سم^3.

تُجرى عملية زراعة الأجزاء النباتية المعقمة على سطح الوسط المعقم مسبقا بالمعقام Autoclave ، وتتم عملية الزراعة داخل كابينة التيار المعقم "Laminar air flow cabinet". حيث يُزرع الجزء النباتي المعقم في تماس مع الوسط الغذائي .

بعد انتهاء عملية الزراعة تُحضـــن الزروعات داخل غرفة النمو مع تعديل مدة الإضـــاءة ودرجة الحرارة، لابد مراعاة العمل في غرفة حماية بقرب لهب وفي ظروف معقمة وأدوات معقمة. يتم مراقبة الأنســـجة المزروعة لمدة من(3-5) أيام لمعرفة في حال حدوث تلوث لإســـتبعاده. يمكن إجراء عملية إعادة الزراعة في المرحلة الثانية بعد من (4-2) أســـابيع من الزراعة الإولى. أثبتت التجارب العديدة في هذا المجال أن استجابة النسيج المزروع تتوقف على مدى قوة نبات الأم والموسم الذي يؤخذ فيه النسيج. ولهذا فانه يجب أن يراعى أن يكون النبات الأم خالياً من الأصـــابة بعد ايام من إجراء الزراعة، وفي حالة وجود اصـــابة داخلية بالنســـيج المزروع فان التلوث يظهر بعد حوالي(14-10) يوم من تأريخ اجراء الزراعة. كما أن وجود التلوث في الوســـط المغذي في مكان بعيد عن النســـيج المزروع وخلال الأيام الأولى من الزراعة يدل على عدم مراعاة الدقة أثناء عملية زراعة النســـيج النباتي. ولهذا فأنه في حالة وجود تلوث في مزارع الأنسجة يجب أن تدرس أسبابها جيداً ويحدد مصدرها حتى يُسهل تجنب مصادرها المختلفة.
هناك بعض الصـعوبات التي تواجه الباحثين في مجال زراعة الأنسـجة حيث أنه في بعض الأنواع النباتية يتحول النسيج المزروع بعد بضـــعة أيام الى اللون البني حيث يعمل على تثبيط النمو وموت الأنســـجة وفشـــل إكثار النبات، غالبا يعزى هذا الى افراز الفينولات من النسـيج المزروع وهذا بدوره يرجع الى الضـرر الميكانيكي الذي يحدث للنسـيج أثناء فصـله من النبات الأم. ويمكن التغلب على هذه المشكلة بواسطة التخلص من الفينولات التي تفرز في الوسط المغذي او تقليل نشاط الأنزيم المسؤول على تمثيل الفينولات. كما تضـاف بعض مضـادات الأكسدة Antioxidants وذلك لمنع عملية التلوين باللون البني Browning والتي تؤدى إلى تدهور النسيج الحديث المزروع . كما يمكن التخلص من تأثير المواد الفينولية بواسطة استمرار نقل النسيج المزروع الى وسط جديد، ويعتمد طول الفترة التي يجري عليها النقل على النوع النباتي المزروع وكمية المواد الفينولية المتكونة وغالبا يجري النقل على فترات زمنية متقطعة تتراوح بين(1- 5) أيام. يعتبر الوسط الغذائي السائل الوسط المفضل الذي يستخدم مع الأنسجة التي تنتج فينولات، حيث ان الفينولات تتوزع في الوســـط المغذي وبذلك يتم تخفيف تركيز ها وكذلك تأثير ها. ومن الطرق الأخرى التي بواســـطتها يتخلص من الفينولات هي اضـــافة الفحم النشـــط Activated charcoal (AC) أو مادة Polyvinyl (PVP) pyrrolidoneالى الوســـط الغذائي، وذلك لأن هذه المواد ترتبط مع الفينولات وتجعلها مركبات غير حرة وبالتالي تفقد تأثير ها المثبط على نمو النسيج النباتي المزروع.

انواع الاوساط الغذائية

(1) الاوساط شبه الصلبة



(2) الأوساط السائلة

ومن اهم اسباب استخدام الأوساط السائلة هي:-

(1) قلة الأستفادة من الوسط الغذائي الصلب ، فعند زراعة الكالس او اي جزء نباتي في وسط غذائي صلب فان الجزء النباتي الملامس لسطح الوسـط الغذائي هو الذي يسـتفاد من مكونات الوسـط الغذائي دون الأجزاء الأخرى. ان ذلك يؤدي الى عدم التكافؤ في الإسـتفادة من مكونات الوســط من قبل الجزء النباتي او الكالس ككل مما يؤدي الى عدم تكون منطقة انتقال لمحتويات الوســط بين الوســط الغذائي والجزء غير الملامس له.

(2) إنغمار قاعدة الجزء النباتي في الوسط الغذائي الصلب يؤدي الى حدوث انحسار في تبادل الغازات.

(3) عدم انتظام انتشار الضوء بين الزروعات النامية على وسط صلب يؤثر على نموها وتمايزها، بينما يكون انتشار الضوء افضل في حالة الوسط السائل.

(4) تتركز الأفرازات Exudates المنبعثة من الأجزاء النباتية في مكان واحد على الوسط الصلب مما يؤدي الى إحداث الضرر او الإطفار للنموات الجديدة. بينما تتوزع هذه الأفرازات في الوســط الســائل بالرج، او عن طريق ضــخ الهواء وحركة الوســط بنظام المفاعل الحيوي، وبذلك يكون لها تأثير اقل ضرراً على الزروعات.

(5) صعوبة تخليص الجذور من الوسط الصلب دون اضرار ، بينما يسهل تخليصها من الوسط السائل.

ومع كل ماتقدم فأ ـدم ، ابحاثهم