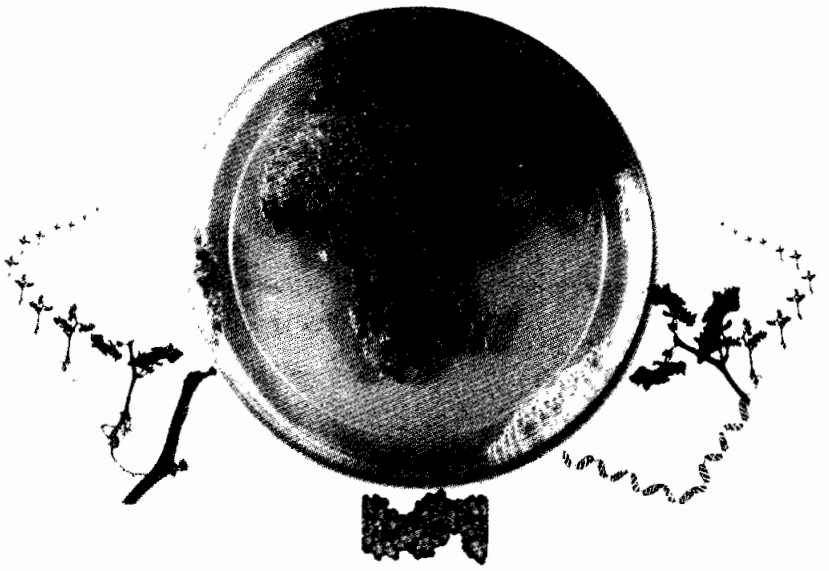
الاستنساخ وزراعة الأنسجة النباتية



الأستاذ الدكتور محمد بن عبدالرحيم شاعين

أستاذ وراثة وتربية الفاكهة

كلية الأرصاد والبيئة وزراعة المناطق الجافة

جامعة الملك عبدالعزيز

مركز النشر العلمي

جامعة الملك عبد العزيز

ص.ب ١٨٠٢٠٠ - جدة ٢١٥٨٩

المملكة العربية السعودية

© جامعة الملك عبد العزيز ١٤٢٥ هـ (٢٠٠٤م)

جميع حقوق الطبع محفوظة .

الطبعة الأولى : ١٤٢٥هـ (٢٠٠٤م)

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

شاهين ، محمد عبدالرحيم

الاستنساخ وزراعة الأنسجة النباتية. / محمد عبدالرحيم شاهين

.- جدة ، ١٤٢٤ هـ

٢٥٩ ص ؛ ٢٤ سم

ردمك : ٤ - ٣٧٠ - ٠٦ - ٩٩٦٠

١ - الاستنساخ ٢ - هندسة الوراثة أ. العنوان

ديوي ٥٧٥,١٢ ١٤٢٤/٩١٨

رقم الإيداع : ١٤٢٤/٩١٨

ردمك : ٤ - ٣٧٠ - ٠٦ - ٩٩٦٠

مطابع جامعة الملك عبد العزيز

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ سُبْحَانَ الَّذِي خَلَقَ الْأَزْوَاجَ كُلَّهَا مِمَّا
تُنْبِتُ الْأَرْضُ وَمِنْ أَنفُسِهِمْ وَمِمَّا لَا يَعْلَمُونَ ﴾

سورة يس (الآية ٣٦)

صدق الله العظيم

"إهداء"

إلى من نخفض لهما جناح الذل من الرحمة..

روح والدي المرحوم بإذن الله الذي أعطاني كل شيء علماً وديناً وخلقاً واسما..

وروح والدتي الخالدة في قلبي ما حييت والمرحومة بإذن الله التي وهبتني ما استطاعت كأفضل وأنقى ما تكون الأم..

إلى زوجتي وأبنائي وبنتي قاعدة ارتكاز انطلاقي في البحث بما يقدمونه من دعم روحي لإنتاجي الفكري..

إلى عائلتي وأشقائي وشقيقاتي الذين بدون دعمهم ما كان تقدمي في الحياة..

إلى كل زملائي الذين دعموا هذا العمل المتواضع..

إلى كل طالب علم وبحث أقدم هذا عملاً متواضعاً ينضم إلى المكتبة العربية..

هذا جهد المقل في.... محراب العلم.... أرجو أن يتقبله المولى عز وجل في علاه الذي تم هذا العمل بتأييده وحسن توفيقه.

قائمة الاختصارات

Abbreviations Used in the Book

2,4,5-T	2,4,5-Trichloro phenoxyacetic acid	٢و٤ و ٥- ثلاثي كلورو فينوكسي حمض الخليك
2,4-D	2,4 - Dichlorophenoxy acetic acid	٢و٤ - ثنائي كلورو فينوكسي حمض الخليك
2iP	2 - isopentenyladenine	٢ - ايسوبنتينيل أدنين
4-CPA	Chlorophenoxyacetic acid	٤ - كلورو فينوكسي حمض الخليك
ABA	Abscisic acid	حمض الأبسيسيك
B_5	Gamborg *et al.* media (1976)	بيئة كمبرج وآخرون (١٩٧٦)
BA	6 - Benzylamino purine	٦ - بنزايل أمينو بيورين
BYMV	Bean yellow mosaic virus	مقاومة فيروس تبرقش الفاصوليا الأصفر
DMSO	Dimethyl sulfoxide	داى ميثيل سلفوكسيد
DNA	Desoxyribonucleic acid	الحامض النووي ديزوكسي ريبونيوكلويك
GA_3	Gibberellic Acid	حمض الجبريلين
IAA	Indole acetic acid	أندول حمض الخليك
IBA	Indol-3-butyric acid	أندول حمض البيوتريك
K	Kinetin	كينتين
LS	Lismaier and Skoog media (1965)	بيئة ليسمبر وسكوج (١٩٦٥)
MS	Murashige and Skoog media (1962)	بيئة موراشيج وسكوج (١٩٦٢)
NAA	1 - Naphthalen acetic acid	نفثالين حمض الخليك
PCR	Polymerase chain reaction	التفاعل التسلسلي للبلمرة
PEG	Polyethylene glycol	بولي إثيلين جلايكول
pH	Acidity or Alkalinity	درجة الحموضة أو درجة القلوية
RAPD	Random amplified polymorphic	التضخم العشوائي للتعدد الشكلي
RFLP	Restriction fragment length polymorphism	التعدد الشكلي لأطوال الأجزاء المقطوعة
SH	Schenk and Hildebrandt media (1972)	بيئة شينك وهيلدبراندت (١٩٧٢)

تقديم

يعد استخدام التقنية الحيوية وفروعها التي ظهرت حديثاً من أهم تطبيقات مراحل القرن الحادي والعشرين ، ومن بين أعلام هذه التقنية يظهر علم الإستنساخ الذي يعد علماً حديثاً من حيث نظرياته وفروضه ، إلا أنه في حقيقته قديم قدم ظهور الإنسان على الأرض . إذ تعد زراعة الأنسجة النباتية صورة منه ، وهي ذاتها من أقدم علوم المعرفة التي تطورت تطوراً سريعاً في الحقبة الأخيرة ، وأصبحت علماً نباتياً مستقراً .

يتناول هذا الكتاب في الباب الأول، التعرف على مفهوم طرق استنساخ النباتات المختلفة وعلاقة التقنية الحيوية بالتنمية الزراعية ، أما الباب الثاني فيتناول التعريف بزراعة الأنسجة، والاستنساخ، وأنماطهما المختلفة، والعوامل المؤثرة فيهما، حسب أحدث البحوث العلمية في هذا المجال ، مع تناول التاريخ التسلسلي لزراعة الأنسجة النباتية، مع وصف لأنماط زراعة الأنسجة النباتية بالطرق المختلفة، والتي تتمثل في " زراعة الأعضاء النباتية - زراعة البويضات والأجنة - زراعة المتك وحبوب اللقاح - زراعة الكالوس - مزارع معلقات الخلايا - زراعة البروتوبلاست - إدماج البروتوبلاست " مع بيان لأهمية زراعة الأنسجة والعوامل التي تؤثر على تكوين النباتات بواسطة زراعة الأنسجة مثل مصدر النسيج - عمر النبات الأم - المتطلبات الموسمية - نوع البيئة - درجة الحرارة والضوء والتجهيزات المعملية المصاحبة لذلك .

كما يتناول المؤلف في الباب الثاني العوامل والاحتياجات التي يجب أن تؤخذ في

الاعتبار عند استعمال زراعة الأنسجة ، كالعوامل المتعلقة بالنسيج النباتي نفسه - البيئة المستخدمة - واستخدام الفحم النباتي النشط في تحضير العملية التنموية - ولدور درجة حموضة البيئة نصيب واسع في هذا المجال بالإضافة إلى الظروف البيئية في غرف التحضين . ويتناول أيضا العوامل المؤثرة في الاستنساخ وما يؤخذ في الحسبان عند تنفيذها .

ولقد جاء الباب الثالث ليتناول التقنية الحيوية وطرق التعقيم للمزارع والأدوات الزجاجية المستخدمة ، حيث تم تعريف معنى التعقيم والإفادة منه - ومواد التعقيم وطرقها المختلفة باستخدام الحرارة (المعقم) لكل من الأدوات والبيئة السائلة والماء . والتعقيم بالحرارة الجافة - وبالترشيح بما في ذلك تعقيم الأدوات والأجهزة الصغيرة وأسطح العمل أو المناضد ودور طرق الزراعة المعقمة .

والباب الرابع يتعرض لبيئات الزراعة النسيجية وتركيباتها المختلفة وفوائد احتوائها على الأملاح المعدنية الأساسية والهرمونات والأكسينات والسيتوكينات والجبرالينات والمواد العضوية اللازمة من سكروز وفيتامينات وأنيسيتول . ولقـــــد كان للبيئات الزراعية المعبأة تجارياً دوراً في المناقشة بهذا الباب .

وفي الباب الخامس تم شرح كيفية تحضير بيئات الزراعة النسيجية والمشاكل المصاحبة لعملية تحضير البيئة النموية ، وكيفية تحضير الجزء النباتي المفصول والعوامل التي تؤثر على نجاح استعماله وفصله عن الأم من حيث "النوع - الحجم - العمر - موسم الفصل - مرحلة التطور الفسيولوجي - درجة الحموضة أو الأس الهيدروجيني - حجم البيئة المستخدمة للاستنساخ - الظروف البيئية من إضاءة ودرجة حرارة وغيرها" .

ولقد تناول الباب السادس شرحاً لمراحل الزراعة النسيجية والتي تم تقسيمها إلى ثلاثة أقسام رئيسة ألا وهي "الطور الإنشائي - طور التضاعف - التأقلم (التقسية)" .

كذلك يقدم المرجع بحوثاً عن دور تحضير الأنسجة المنقولة لتكوين مجموع جذري وإقامتها على البيئة الجديدة وسرعة نمو وزيادة الجزء النباتي وطرق دفع النبات لتكوين

المجموع الجذري مع أقلمة النبات على البيئة الجديدة . هذا بالإضافة إلى طرق التعقيم المستخدمة .

أما الباب السابع فتم التحدث فيه عن معمل الزراعة النسيجية من حيث مبادئ العمل في المختبر والإنشاءات والتجهيزات المعملية وكذلك التخطيط لإنشاء وحدة الزراعة النسيجية . وفي الباب الثامن بعض المصطلحات العلمية المستخدمة في زراعة الأنسجة النباتية .

والكتاب في صورته هذه يهدف إلى إنجاز علمي ذي شقين :ـ

أولهما :ـ أن يكون دليلاً علمياً في دراسة طرق زراعة الأنسجة النباتية في جامعات المملكة حيث يشتمل على شرح وافٍ لمعظم الطرق الأساسية للزراعة في الأنابيب ومعاملة خلايا النبات .

وثانيهما :ـ أن يستخدم كأداة مساعدة في المعمل أو المختبر لأي شخص يعمل في مجال زراعة خلايا النباتات ، لاحتوائه على تقنيات مفيدة حديثة مع بيان للمحاليل الأساسية لبعض البيئات الأكثر استعمالاً الآن ؛ هذا فضلاً عن الطرق الفنية الأساسية لهذا الفرع من علم النبات .

ويعد هذا الكتاب مفيداً بحد ذاته كنقطة بداية جيدة لدارسي تقنية زراعة الخلايا لأنسجة الأعضاء النباتية ، حيث أنه يتناول الإطار النظري لزراعة الأنسجة ، مع بيان للجانب العملي المختبرى لهذا العلم الحيوي والهام للإحاطة بكل جوانب الموضوع العملية والنظرية أملاً في تحقيق أكبر استفادة للدارس والباحث في آن واحد في أمتنا العربية .

جدة في ١٤٢٥ هـ - ٢٠٠٤ م

المؤلف

أ.د./ محمد بن عبد الرحيم محمد شاهين

المحتويات

المحتويـــــات	الصفحة
إهـــداء	ز
قائمة الاختصارات	ط
ـ تقديم	ك
– قائمة الجداول	ق
– قائمة الأشكال	ر
الباب الأول : الاستنساخ وزراعة الأنسجة النباتية :	١
ـ طرق تكاثر النباتات (استنساخها)	٤
أولاً : التكاثر الجنسي	٤
ثانيًا : التكاثر اللاجنسي (الخضري)	٧
ثالثًا طرق التكاثر وعلاقتها بتربية النباتات	١٥
ـ التقنية الحيوية والتنمية الزراعية	٢٣
الباب الثاني : التعريف بزراعة الأنسجة والاستنساخ وأنماطهما والعوامل المؤثرة فيهما :	٢٩
تاريخ زراعة الأنسجة	٣١
أنماط زراعة الأنسجة النباتية	٣٤
أهداف زراعة الأنسجة	٨١
العوامل التي تؤثر على تكوين النباتات بواسطة زراعة الأنسجة	٨٣
العوامل التي تؤخذ في الاعتبار عند زراعة الأنسجة	٨٤
العوامل المؤثرة في الاستنساخ وما يؤخذ في الحسبان عند تنفيذها	٨٥
الباب الثالث : التقنية الحيوية وطرق التعقيم :	٨٩

الصفحة

- الطرق المختلفة للتعقيم ٩١
١) التعقيم بالمعقم ٩١
أ) الأدوات ٩٢
ب) البيئات السائلة والماء ٩٣
٢) التعقيم بالحرارة الجافة ٩٣
٣) التعقيم بالترشيح ٩٥
٤) تعقيم الأدوات والأجهزة الصغيرة ٩٥
٥) تعقيم أسطح العمل ٩٦
٦) طرق الزراعة المعقمة ٩٧
الباب الرابع : بيئات الزراعة النسيجية : ٩٩
أولاً : تركيبات بيئات الزراعة بالأنسجة ١٠١
١) محاليل الأملاح المعدنية الأساسية ١٠٥
٢) الهرمونات ١٠٥
٣) المواد العضوية الأخرى ١١٠
٤) درجة الحموضة ١١٢
ثانياً : بيئات الزراعة المعبأة تجارياً ١١٢
الباب الخامس : تحضير بيئات الزراعة النسيجية والجزء النباتي المفصول : ١١٥
أولاً : تحضير البيئات . ١١٧
أ) المشاكل المصاحبة لتحضير البيئة النموية ١١٧
ب) تحضير بيئة موراشيج واسكوج المعدلة ١٢٧
ثانياً : اختيار المادة النباتية ١٣٠
١) تحضير الأنسجة (الأجزاء) المفصولة ١٣١
٢) العوامل التي تؤثر على نجاح استعمال الجزء النباتي المفصول ١٣٤

الصفحة

الباب السادس : مراحل الزراعة النسيجية : ١٣٧

مرحلة الزراعة الأولى ١٣٩

مرحلة الزراعة الثانية ١٤٠

مرحلة الزراعة الثالثة ١٥٠

الباب السابع : معمل الزراعة النسيجية : ١٦١

مبادئ العمل في المختبر ١٦٣

الإنشاءات والتجهيزات المعملية ١٦٩

التخطيط لإنشاء وحدة الزراعة النسيجية . ١٧٠

متطلبات أخرى ١٨٧

المراجع ١٨٩

ثبت المصطلحات ٢٠٧

أ- عربي - إنجليزي ٢٠٩

ب- إنجليزي - عربي ٢٢٣

كشاف الموضوعات ٢٣٩

قائمة ببعض النباتات التي يمكن إكثارها بطرق زراعة الأنسجة ٢٤٩

قائمة الجداول

الصفحة

جدول (١) تركيبـــــة بيئة Murashige and Skoog (1962) وتحضيرها . ١٠٢

جدول (٢) تركيبـــــة بيئة Schenk and Hildebrandt (1972) وتحضيرها . ١٠٣

جدول (٣) تركيبات بعض بيئات زراعة الأنسجة المشهور استعمالها في زراعة الأنسجة النباتية . ١٠٤

جدول (٤) هرمونات النمـو النباتية التي تستعمل بكثرة في زراعة الأنسجة . ١٠٦

جدول (٥) بعض المطهرات التجارية المستخدمة في زراعة الأنسجة . ١٣٣

جدول (٦) تركيبة محاليل الحفظ للأنسجة النباتية المختلفة . ١٤٩

جدول (٧) وحدات قياس السوائل بالنظام المتري . ١٦٣

جدول (٨) الوحدات المترية لمضاعفات أو أجزاء الجرام . ١٦٥

قائمة الأشكال

الصفحة

شكل (١) رسم تخطيطي يوضح أنواع العقل . ١٠

شكل (٢) رسم تخطيطي يوضح أنواع الترقيد . ١١

شكل (٣) رسم تخطيطي يوضح أنواع التطعيم بالعين . ١٥

شكل (٤) رسم تخطيطي يوضح أنواع التطعيم بالقلم ، (أ) السوطي ، (ب) اللساني ، (ج) الشق ، (د) القلفي ١٦

شكل (٥) رسم تخطيطي يوضح أنواع التطعيم بالقلم، (أ) الجانبي العظمي ، (ب) الدعامي ، (ج) اللصق ، (د) القنطري ١٧

شكل (٦) رسم تخطيطي يوضح التكاثر بواسطة أعضاء أو أجزاء خضرية متخصصة . ١٨

شكل (٧) صورة توضح إنتاج نبات عنب كامل من زراعة البرعم الطرفي على بيئة صناعية بواسطة تقنية زراعة الأنسجة . ١٩

شكل (٨) بعض الأجزاء النباتية المفصولة التي يمكن فصلها من نخيل البلح . ٣٦

شكل (٩) زراعة البراعم القمية والجانبية لنبات البطاطس . ٣٧

شكل (١٠) نباتات بطاطس ناتجة من زراعة القمة النامية على بيئة *MS* . ٣٨

شكل (١١) رسم تخطيطي يوضح كيفية إنتاج نباتات خالية من الفيروسات وذلك عن طريق زراعة القمم النامية للأفرخ الخضرية. ٤١

شكل (١٢) رسم تخطيطي يوضح طريقة زراعة القمم النامية لجذور نبات الطماطم. ٤٢

الصفحة

شكل (١٣) رسم تخطيطي يوضح طريقة إكثار نبات الأقحوان بواسطة أجزاء من الورقة. ٤٤

شكل (١٤) رسم تخطيطي يوضح طريقة زراعة أجنة بذور نبات البطيخ. ٤٧

شكل (١٥) رسم تخطيطي يوضح طريقة إنتاج نباتات أحادية عن طريق زراعة المتوك (المئبر). ٥١

شكل (١٦) صورة توضح تكون الكالوس . ٥٣

شكل (١٧) رسم تخطيطي يوضح تحفيز إنتاج الكالوس من منطقة كامبيوم للجذر الوتدي لنبات الجزر. ٥٤

شكل (١٨) صورة توضح التعضض Organogenesis في كالوس النخيل . ٦٠

شكل (١٩) رسم تخطيطي يوضح طريقة الحصول على الأجنة الجسدية من نبات الجزر. ٦١

شكل (٢٠) مراحل تكوين الأجنة الجسمية ، حيث تتكون مجموعات من الخلايا بعد تكرار انقسامها ومن ثم تأخذ عدة أشكال ، الكروي ، القلبي و الطوربيدي والذي يتحول إلى نبته صغيرة. ٦٢

شكل (٢١) صورة توضح تكون الأجنة الجسدية في مزارع كالوس النخيل . ٦٢

شكل (٢٢) رسم تخطيطي يوضح كيفية زراعة معلقات خلايا الجزر. ٦٥

شكل (٢٣) صورة توضح بعض أنواع الأجهزة التي تستعمل في هز المزارع التي تحتوي على بيئات سائلة ، وذلك للعمل على تبادل الغازات مع الهواء . ٦٧

الصفحة

شكل (٢٤) صورة توضح أدوات فصل الخلايا . ٧٢

شكل (٢٥) رسم تخطيطي يوضح نمو خلية مفردة بطريقة المهد الورقي. ٧٢

شكل (٢٦) رسم تخطيطي يوضح طريقة الحصول على سلالات من خلية مفردة بطريقة الزراعة في أطباق بتري. ٧٣

شكل (٢٧) رسم تخطيطي يوضح طريقة استخدام الزراعة في غرف لملاحظة الخلايا المفردة. ٧٤

شكل (٢٨) رسم تخطيطي يوضح الطرق الأساسية لعزل البروتوبلاست من الورقة. ٧٦

شكل (٢٩) رسم تخطيطي يوضح بعض نواتج الاندماج الناتجة من زراعة البروتوبلاست. ٨٠

شكل (٣٠) رسم تخطيطي يوضح إدماج بروتوبلاست خلايا نبات الجزر ونبات الشوفان . ٨١

شكل (٣١) صورة نوعين من المعقمات Autoclaves التي تستعمل في تعقيم بيئات الزراعة والأدوات . ٩٢

شكل (٣٢) صورة نوعين من أفران التعقيم الجاف ، تستخدم لتعقيم الأدوات الزجاجية والمعدنية وغيرها من أجهزة المعمل التي لا تتأثر بدرجة الحرارة العالية . ٩٤

شكل (٣٣) صورة توضح بعض أجهزة التعقيم بالترشيح التي تستخدم في تعقيم المواد التي تتلف بالتعقيم بالمعقم أو بتسخين بيئة الزراعة لمدة طويلة . ٩٦

الصفحة

شكل (٣٤) صورة موقدين لتعقيم الأدوات أثناء عملية الزراعة في جهاز الهواء السطحي المعقم . ٩٧

شكل (٣٥) صورة توضح أقنعة الوجه ومعطف المعمل والقفازات التي تستعمل في بعض مختبرات زراعة الأنسجة . ٩٨

شكل (٣٦) صيغ التركيب الكيميائي لأهم الأوكسينات التي تستخدم في زراعة الأنسجة ، وهى تشجع على انقسام واستطالة الخلايا النباتية وتشجع تكوين البراعم العرضية . ١٠٨

شكل (٣٧) صيغ التركيب الكيميائي لأهم السيتوكينينات التي تستخدم في زراعة الأنسجة ، وهى مواد مشجعة لانقسام الخلايا في الأنسجة النباتية. ١٠٩

شكل (٣٨) صيغة التركيب الكيميائي للجبرالين (GA_3) الذي يستخدم في زراعة الأنسجة ، وهو مادة تشجع النموات الجديدة . ١١٠

شكل (٣٩) صورة جهاز تقطير (تنقية) الماء المستخدم في معامل زراعة الأنسجة النباتية . ١١٩

شكل (٤٠) صورة جهازين لقياس درجة الحموضة (pH) التي تستخدم في معامل زراعة الأنسجة . ١٢٤

شكل (٤١) صورة جهاز توزيع البيئة المستخدم في معامل زراعة الانسجه . ١٢٦

شكل (٤٢) صورة تبين بعض أوعية الزراعة المستخدمة في معامل زراعة الأنسجة . ١٢٦

الصفحة

شكل (٤٣) صورة بعض أغطية الزراعة المستخدمة في معامل زراعة الأنسجة . ١٢٨

شكل (٤٤) صورة توضح تطور نمو القمة النامية لنبات الرمان على بيئة MS تحتوي على ٢ ملجم/ لتر BA (مرحلة الزراعة الأولى من زراعة الأنسجة) . ١٤٠

شكل (٤٥) صورة توضح تضاعف سيقان نبات الرمان على بيئة *MS* تحتوي على ١ ملجم/ لتر كينتين (مرحلة الزراعة الثانية - مرحلة التضاعف - من زراعة الأنسجة) . ١٤١

شكل (٤٦) صورة لجهازي تخزين (الحفظ) بالنيتروجين . ١٤٨

شكل (٤٧) صورة تبين طرق أقلمة النبتات بعد خروجها من أنابيب زراعة الأنسجة في مراقد (أنفاق) داخل البيوت المحمية . ١٥١

شكل (٤٨) صورة تبين طرق أقلمة النبتات بعد خروجها من أنابيب زراعة الأنسجة (أ) باستخدام نظام الضباب المتقطع (ب) باستخدام المراكن المغطاة بالبلاستيك والجيفي سفن (Jiffy 7) . ١٥٢

شكل (٤٩) صورة توضح نبتة رمان نامية على بيئة تجذير (MS) . ١٥٦

شكل (٥٠) رسم تخطيطي يوضح مراحل التكاثر لتقنية زراعة الأنسجة . ١٥٩

شكل (٥١) صورة توضح بعض أنواع المخابر الزجاجية والماصات المدرجة التي تستخدم في قياس البيئات السائلة . ١٦٧

شكل (٥٢) رسم تخطيطي للمساحات والأدوات المطلوبة لمعمل الزراعةالنسيجية. ١٧٢

شكل (٥٣) صورة تبين نوعين من الموازين التي تستخدم في معامل زراعة الأنسجة . ١٧٣

الصفحة

شكل (٥٤) صورة حوامل الأنابيب التي تستخدم في معامل زراعة الأنسجة . ١٧٥

شكل (٥٥) صورة أرفف تخزين الأدوات في غرفة النظافة في معمل زراعة الأنسجة . ١٧٦

شكل (٥٦) صورة جهاز (كابينة) الهواء السطحي المعقم الذي يستخدم في غرفة النقل والزراعة في معامل زراعة الأنسجة . ١٧٨

شكل (٥٧) صورة توضح أنواع الأدوات التي تستخدم في فصل الأنسجة النباتية في معامل زراعة الأنسجة . ١٧٩

شكل (٥٨) صورة مجهرين يستخدمان في فصل الأجزاء النباتية في معامل زراعة الأنسجة . ١٧٩

شكل (٥٩) صورة بعض أجهزة الطرد المركزي التي تستخدم في معامل زراعة الأنسجة . ١٨٠

شكل (٦٠) صورة أرفف الزراعة في غرفة التحضين . ١٨٢

شكل (٦١) رسم تخطيطي يوضح توزيع الإضاءة في أرفف غرفة التحضين في معمل زراعة الأنسجة. ١٨٣

شكل (٦٢) صورة توضح طريقتين لمنع دخول الغبار إلى معمل زراعة الأنسجة . ١٨٥