Alive PDF Merger: Order full version from www.alivemedia.net to remove this watermark!

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة محمد بوضياف -المسيلة

كلية العلوم
قسم علوم الطبيعة والحياة
رقم:

ميدان: علوم الطبيعة والحياة
فرع: علوم بيولوجية
تخصص: تنوع حيوي وفيزيولوجيا النبات

مذكرة مقدمة لنيل شهادة الماستر أكاديمـــي
تخصص: تنوع حيوي وفيزيولوجيا النبات

إعداد الطالب: عروسي بن يحي

تحت عنوان

المجذر Rhizotron

وسيلة لدراسة النظم الجذرية

لجنة المناقشة:

الأستاذ: بن دراجي العيد	جامعة المسيلة	رئيســا
الأستاذ: بن مهية رضوان	جامعة المسيلة	مشرفا ومقررا
الأستاذ: بن ضيف حامدي	جامعة المسيلة	مناقشا

السنة الجامعية: 2017/2016

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة محمد بوضياف -المسيلة

كلية العلوم
قسم علوم الطبيعة والحياة
رقم:

ميدان: علوم الطبيعة والحياة
فرع: علوم بيولوجية
تخصص: تنوع حيوي وفيزيولوجيا النبات

مذكرة مقدمة لنيل شهادة الماستر أكاديمـــي
تخصص: تنوع حيوي وفيزيولوجيا النبات

إعداد الطالب: عروسي بن يحي

تحت عنوان

المجذر Rhizotron

وسيلة لدراسة النظم الجذرية

لجنة المناقشة:

الأستاذ: بن دراجي العيد	جامعة المسيلة	رئيســـا
الأستاذ: بن مهية رضوان	جامعة المسيلة	مشرفا ومقررا
الأستاذ: بن ضيف حامدي	جامعة المسيلة	مناقشا

السنة الجامعية: 2017/2016

شكر :

الحمد لله والشكر لله وحده أولا وآخرا .

ثم الشكر للأستاذ المؤطر: بن مهية رضوان ، الذي لم يبخل علي بنصائحه وتوجيهاته القيمة

أشكر الأستاذ المناقش : بن ضيف حامدي ، والأستاذ الرئيس : بن دراجي العيد لقبولهما مناقشة هذا العمل المتواضع .

شكرا لكل مهندسي المخابر وعلى رأسهم رئيس المخابر .

شكر خاص لزميلي في العلوم لأنهما كانا دائما بجنبي، وقدما لي العون منذ البداية .

إهداء :

أهدي هذا العمل المتواضع إلى أمي وأبي ، أسأل الله لهما الجنة

إلى عائلتي الكبيرة والصغيرة

إلى زميلي

إلى الأصدقاء

إلى كل غيور على عروبته

قائمة الأشكال

الشكل 01: رسم لمجذر بسيط.....6

الشكل02: مجذر ثنائي الأبعاد.....7

الشكل03:رسم تخطيطي لمجذر متوسط ونظام الماسح الضوئي.....9

الشكل04: : صورة لنظام أصيص في أصيص.....10

الشكل 05 : تصميم لانتقاء الجذور.....12

الشكل06 : منظر جانبي لتصميم انتقاء الجذور.....12

الشكل07 : منظر امامي لتصميم انتقاء الجذور.....12

الشكل08 : مختلف خطوات العمل بمجذر علبة بتري.....14

الشكل 09: رسم تخطيطي لمجذر مصغر.....15

الشكل 10: صورة خارجية للمجذر المصغر.....16

الشكل 11: نماذج جذور لثلاثة أنواع نباتية.....24

الشكل 12 : نمط الجذر ومحاكاة نظام الجذر لنبات *Rumex crispus*.....*25*

الشكل 13 نمط الجذر ومحاكاة نظام الجذر لنبات *Euphorbia helioscopa*.....*25*

الشكل 14: نمط الجذر ومحاكاة نظام الجذر لنبات *Anuchusa officinalis*.....26

الشكل 15: نمط الجذر ومحاكاة نظام الجذر لنبات *Cernthe minor*.....26

الشكل 16: نمط الجذر ومحاكاة نظام الجذر لنبات *Chondrilla juncea*.....*27*

الشكل 17: نمط الجذر ومحاكاة نظام الجذر لنبات *Helianthus annus*.....*27*

الشكل 18: نمط الجذر ومحاكاة نظام الجذر لنبات *Stellaria media*.....*28*

الشكل 19 : صورة واجهة برنامج EZ-Rhizo.....29

الفصل الأول : الجذر و مكوناته

1-الجذر ومكوناته 2
1-1- القلنسوة 2
1-2- منطقة الإستطالة.....2
1-3- المنطقة الوبرية 2
1-4- منطقة التفرع.....2
2-نمو وتطور الجذر 3
3-تكون الجذور الثانوية 4

الفصل الثاني : المجذر أنواعه و استعمالاته

1-تعريف المجذر 5
2-تسمية المجذر 5
3-أنواع المجاذير 5
3-1- المجذر البسيط.....5
3-1-1- تركيب المجذر 5
3-1-2-إستعمالات المجذر البسيط 6
3-1-3-التطبيقات المحتملة.....7
3-2- المجذر ثنائي الأبعاد 7
3-2-1- تركيب المجذر 8
3-2-2- إستعمالات المجذر ثنائي الأبعاد.....8
3-3- المجذر المتوسط.....8
3-3-1- تركيب المجذر المتوسط.....8
3-3-2- إستعمالات المجذر المتوسط.....9
3-4- نظام أصيص في أصيص.....9
3-4-1-تركيب نظام أصيص في أصيص.....10
3-4-2- إستعمالات نظام أصيص في أصيص 10
3-5- مجذر خاص 10
3-5 -1- تركيبه 11
3-5-2-إستعمالاته 12
3-6- مجذر علبة بتري.....13
3-6-1- تركيبه.....13
3-6-2- إستعمالاته.....13

3-7- المجذر المصغر 14
3-7-1- تركيبه.....14
3-7-2- استعمالاته.....16

الفصل الثالث: طرق قياسات الجذور

1- الطريقةالاولى 18
2 - الطريقة الثانية 18
3 - الطريقة الثالثة 18
4- الطريقة الرابعة 19
5- الطريقة الخامسة.....19
6- الطريقة السادسة : طريقة مسح الجذر العادية.....20
7- الطريقة السابعة : الوحدة المتراصة المؤطرة 21
8- الطريقة الثامنة : طريقة لب العينة.....21
9 - الطريقة التاسعة : طريقة تقاطع الخط 21

الفصل الرابع: أنماط الجذور

1-أنماط الجذور.....23
2-برامج تحليل الصور 28
3-برنامج تحليل الصور EZ-Rhizo.....28
الخاتمة.....30
المراجع.....31

مقدمة

جذر النبات هو الجزء الخفي منه لكنه ذو أهمية كبيرة ، ولأهميته ركز الباحثون على دراسته. وبما أنه الجزء غير المرئي من النبات واجه الباحثون صعوبات خاصة في الموقع (in-situ) في كيفية دراسته ومختلف طرق قياساته وكذلك وسائل وأدوات هذه القياسات ، وهي في تطور مستمر حتى الآن وذلك لتتناسب مع أهداف الباحثين ، والوسيلة الأكثر استعمالا وتنوعا هي جهاز المجذر(rhizotron) الذي بواسطته تتم عملية دراسة الجذور وقياساتها .

كانت دراسة النظام الجذري في الماضي تتم بواسطة طرق مختلفة كالحفر في الموقع ، أو بنمو النبات في صناديق قابلة للتفكيك للسماح بإزالة التربة ، بعدها تم تصميم خنادق لمراقبة الجذور على شكل غرف بجدران مزودة بنوافذ ذات ألواح زجاجية مما يسمح بملاحظة الجذر عند ملامسته الزجاج (BATES . 1937)

تم تطوير أنواع كثيرة من المجاذير بحسب أهداف البحث ، الظروف والتكلفة ، والأهم من ذلك هو إمكانية جعل نتائجها مطابقة إلى حد كبير مع نمو وتطور النظام الجذري في الموقع . بتنوع أجهزة دراسة الجذور تنوعت طرق قياسات مختلف أطوال الجذر ، وأقطارها ، أو حساب كثافة الجذور ، تحويل طول الجذر إلى كتلة ، أو تقدير الإنتاج الإجمالي للجذور في وحدة مساحة أرض .

يهدف هذا البحث إلى عرض بعض أنواع المجاذير واستعمالاتها ، لأنه لا يمكن حصرها لكثرتها وتنوعها، وتم التطرق لطرق قياسات الجذور ، مع الإشارة إلى برنامج من برامج تحليل صور الجذور ومعالجة البيانات لفهم آليات وهندسة النظم الجذرية للنباتات .

1- الجذر ومكوناته

الجذر هو العضو الأرضي للنباتات البذرية المعنية عموما بمختلف الدراسات والأبحاث ، وهو ذو أهمية كبيرة لأنه مسؤول أولا عن تثبيت النبات في التربة ، وثانيا عن امتصاص الماء والعناصر المعدنية ، وله عدة وظائف أخرى نذكر منها أنه العضو المسؤول عن ربط علاقة تعايش مع بعض الكائنات الحية الدقيقة التي تعيش في من طبقة الجذر في التربة ، ومثال ذلك بكتيريا تثبيت الأزوت. يتكون الجذر عموما من مناطق مختلفة هي:

1-1- القلنسوة

هي الجزء المحيط بقمة الجذر ويجدد بتوغل الجذر في التربة وهي غير موجودة في بعض النباتات (1983Gorenflot)

وهي عبارة عن نسيج واق تحيط بالمرستيم القمي لتحميه فهي مكونة من خلايا برنشيمية ، تنتج صانعات نشوية كبيرة ، تلعب دورا كبيرا في عملية الإنتحاء الأرضي .

تفرز خلايا القلنسوة العديد من المركبات منها المخاط الذي يسمح بتوغل الجذر في التربة.

1-2- منطقة الإستطالة

وهي التي يتم على مستواها نمو طول الجذر.

1-3- المنطقة الوبرية

تتطور على مساحة معتبرة يمكن أن تكون أكبر بعشرات المرات منها في الأوراق ، وهذا لأهميتها الكبيرة للنبات ، لأنه يتم على مستوى الأوبار الماصة دخول محلول (ماء + أملاح معدنية) من التربة .

نظرا لمدة حياتها القصيرة فإن طولها ووضعيتها تكون عموما ثابتة.

تتشكل الأوبار الجديدة في الأمام جهة منطقة النمو ، وتختفي القديمة في الخلف . (1983 Gorenflot)

1-4- منطقة التفرع

وهي المنطقة التي يتفرع فيها الجذر الرئيسي إلى جذور ثانوية ، والتي تتفرع بدورها وتنتج جذورا ثالثية ، وهكذا دواليك .

إذا ساد نمو الجذر الرئيسي على حساب التفرعات نحصل على نظام جذري وتدي ، ويقابله النظام الحزمي الشائع لدى أحاديات الفلقة ، وينتج هذا النظام عن توقف النمو المبكر أو الإجهاض المبكر لنمو الجذر الرئيسي ، والذي يتم تعويضه بالجذور العرضية الأولى والمتوضعة بشكل حزمة في قاعدة الساق .

أشار Jordan .(1991) إلى أن الجذر يتكون من ثلاث أجزاء منها منطقتين غير متفرعتين تقعان على التوالي بعد القمة ، وفي القاعدة تحت نقطة الإتصال بالساق ، وبنهما المنطقة المركزية والتي تتكون منها التفرعات الثانوية.

ويبدأ الجذر في التفرع عندما يكون طوله مساو لمجموع طولي المنطقتين غير المتفرعتين.

2- نمو وتطور الجذر

يتطلب نمو الجذر الطولي كلا من عملية انقسام الخلايا التي تحدث بكثرة في منطقة القمة النامية للجذر (المرستيم الطرفي للجذر) ذات الخلايا المرستيمية والتي تحاط بخلايا القلنسوة . كما أن خلايا المرستيم الطرفي للجذر تعد منشأ البشرة والقشرة والقشرة الداخلية والدائرة المحيطية واللحاء الأولي والخشب الأولي . وكذلك يتطلب نمو الجذر الطولي عملية استطالة الخلايا والتي تحدث بشدة في منطقة الاستطالة الواقعة فوق القمة النامية وتبعد حوالي 5 ملمتر عن طرف الجذر ويزداد طول الخلايا كثيرا في هذه المنطقة نتيجة امتصاص الماء والمغذيات وتمدد جدران الخلايا وانتفاخها ، فضلا عن عملية تخصص الخلايا حيث تتكون الانسجة الكاملة مثل الشعيرات الجذرية والاوعية القصبية والقصيبات والأنابيب المنخلية في منطقة النضج .

وبالنسبة لنمو الجذر العرضي فيحدث في أغلب نباتات ذوات الفلقتين ونباتات عارية البذور حيث يتكون الكامبيوم الوعائي من خلايا (Procambial) واقعة بين الخشب واللحاء الأولين . وهذا الكامبيوم يكون اللحاء الثانوي إلى الخارج والخشب الثانوي إلى الداخل وبذلك يزداد النمو العرضي في الجذر . ويعتقد بأن الأوكسين هو الذي يسبب تكوين الكامبيوم الوعائي .

وبعد تكوين الكامبيوم الوعائي تتحول خلايا الدائرة المحيطية إلى نسيج مرستيمي آخر يعرف بالكامبيوم الفليني Phellogenأو Cork Cambium الذي تنقسم خلاياه وتكون الفلين إلى الخارج وخلايا القشرة الثانوية Phelloderm إلى الداخل . ثم تموت جميع الأنسجة التي كانت خارج الدائرة المحيطية في الأصل بعد تكوين الفلين لأن الفلين يمنع وصول المواد الغذائية إليها .

3- تكون الجذور الثانوية

أما نمو الأفرع الجذرية فيحدث في منطقة تبعد عن طرف الجذر حوالي 1 - 5 سم وقد يحدث النمو في منطقة تلي منطقة الشعيرات الجذرية . وتنشأ الأفرع الجذرية من خلايا الدائرة المحيطية المقابلة لخلايا الخشب الأولي Protoxylem حيث تتحول خلايا الدائرة المحيطية إلى خلايا مرستيمية تتكون منها القمة النامية لطرف الفرع الجذري وتشق هذه القمة طريقها إلى الخارج خلال خلايا القشرة والبشرة ويظهر أن القمة النامية لطرف الفرع الجذري تفرز بعض الإنزيمات المحللة التي تهضم جدران خلايا القشرة والبشرة .أما سبب تحول خلايا الدائرة المحيطية إلى خلايا مرستيمية فلا يزال مجهولا. (عبد العظيم كاظم محمد 1975) .

1- تعريف المجذر

هو عبارة عن وسيلة وأداة تجعل الجذر يظهر من خلال نافذة شفافة ، بالأخذ بعين الاعتبار خاصيتين فيزيولوجيتين للجذر

- كون النافذة شفافة مما يسمح بمرور الضوء، وهذا يجعل نمو الجذر لداخل التربة. (انتحاء ضوئي سالب)، ولتفادي هذه العقبة (ابتعاد الجذر عن النافذة الشفافة) يوصى بتغطية النافذة بغلاف معتم.
- لجعل الجذور دائمة الملاصقة للنافذة الشفافة يعتمد المجذر على خاصية فيزيولوجية أخرى وهي الانتحاء الارضي الموجب للجذر ، لأجل ذلك يوضع المجذر بشكل مائل نوعا ما في اتجاه النافذة الشفافة .

باعتماد هاتين الخاصيتين يجعل نمو الجذر دائم الملامسة للنافذة الشفافة.

2- تسمية المجذر

باستعراض كل المناجد والمراجع لم نجد تسمية عربية لجهاز الريزوترون Rhizotron، ونقترح تسميته في هذا العمل المتواضع بالمجذر كون هذا الجهاز وسيلة وآلة لدراسة الجذر حيث اتخذنا هذا الاسم على وزن مفعل وهو ما دل على اسم آلة.

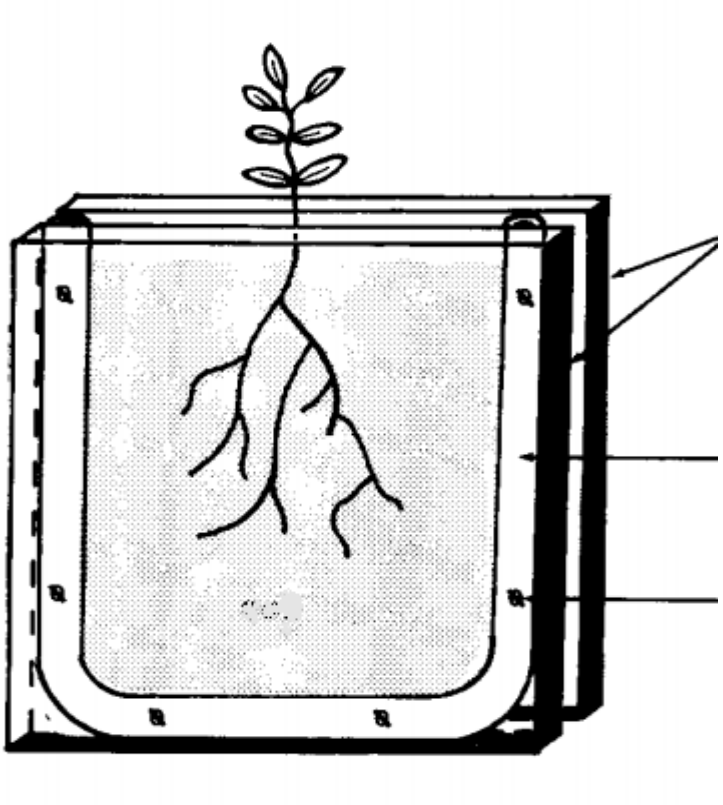
3- أنواع المجاذير

3-1- المجذر البسيط (JAMES وآخرون، 1985)

3-1-1- تركيب المجذر

يتم تركيب الجهاز من لوحين من الزجاج البلاستيكي الشفاف (plexyglass) بحجم (20x 20 x 0.5سم) مباعد بينهما بـ1سم بواسطة أنابيب بلاستيكية سميكة الجدران مثبتة ببراغي جناحية صغيرة تسهل إزالة لوحة واحدة للوصول إلى منطقة الجذر (الشكل01). يتم تغطية كل لوح بقطعة قابلة للإزالة من الورق المقوى أو رقائق الألمنيوم للحد من تأثير الضوء وتفاعلات التربة ونمو الطحالب. يتم تدعيم الجهاز عموديا بحواف خشبية أو مشابك مخبر.

يحمل جهاز بهذا الحجم تقريبا نفس حجم التربة في أصيص قطره 10سم(250ملل).



الشكل 01: رسم مجذر بسيط (JAMES وآخرون .1985)

3-1-2-إستعمالات المجذر البسيط

يمكن وضع أنواع مختلفة من التربة والمعالجات في أقسام منفصلة من المجذر لمراقبة ردود فعل الجذور لتعديل التربة أو نوعها.

هذا الجهاز يسهل فصل التربة عن الجذور في مراحل النمو وبعد نهاية التجربة ومعاينتها في مكانها أو بعد إزالتها وفي نفس الوقت يحافظ على الجذور الرفيعة و الشعيرات الجذرية بغسلها في غربال بلاستيكي

يمكن معاينة الجذور والتربة تحت مجهر تشريحي مما يوفر إمكانية الدراسة المفصلة للجذور الرفيعة والشعيرات الجذرية والحيوانات الموجودة في التربة في مختلف مراحل نمو النباتات .

يمكن أيضا أخذ عينات من التربة حول الجذور دون تعطيل أو إنهاء النمو.

3-1-3-التطبيقات المحتملة للمجذر البسيط

- يمكن استعمال مجذرين معا للتجارب حول النظام الجذري في دراسات التغذية المعدنية ودراسات الزراعة في المحاليل .
- يمكن الإستفادة من خاصية اللوح القابل للإزالة في دراسة العلاقة بين حيوانات التربة والجذور ، ودراسة تشكل العقد الجذرية عند البقوليات .
- استعمل المجذر في جامعة (Vermont) لمراقبة سلوك يرقة يعتقد أنها سبب إتلاف الجذور في الغابات في الشمال الشرقي .
- إمكانية دراسة ردود فعل الجذور ضد الفيضانات والتقليم.
- كما يمكن استخدامه في التدريس .

3-2- المجذر ثنائي الأبعاد : (WIESE وآخرون، 2005)

تم تصميم وبناء واختبار نظام ثنائي الأبعاد الذي يدعم قياسات النمو الأفقي للجذور في أي وقت دون نبش طبقة نمو النبات من التربة ودون إتلاف عينات الجذور.

يمكن قياس طول الجذر رقميا ويقدر عند تصوير النمو استنادا إلى المسافة المحددة مسبقا التي تظهر في الصورة الرقمية لآلة التصوير المستعملة.
تؤخذ ملاحظات النظم الجذرية من الجانب السفلي للمجذر .

الشكل02: مجذر ثنائي الأبعاد (WIESE وآخرون .2005)

3-2- 1- تركيب المجذر

يتكون هذا النوع من لوح بلاستيكي شفاف (plexyglass) بسمك 0.64سم لستة أجزاء متساوية بأبعاد 1.219 x2.438م، بالإضافة إلى ذلك يتم بناء هيكل خارجي للمجذر بأبعاد (5.08 x 10.16سم)، وآخر داخلي (2.54 x 10.16سم) وذلك لدعم وزن هذا النوع من المجذر الذي يبلغ حوالي (36.28كلغ). تثبت أنابيب من متعدد كلوريد الفينيل (PVC) في ثقوب في اللوح الشفاف لاستعمالها في الزراعة .

3-2-2- إستعمالات المجذر ثنائي الأبعاد

نستطيع جمع بعض خصائص هذا النوع فيما يلي

- يسمح بدراسة عدد كبير نسبيا من النباتات في أي وقت .
- يمكن ملاحظة الإتجاهات الأفقية للنظام الجذري التي تدعم دراسة المنافسة لنباتات المحاصيل فيما بينها ، وبينها وبين الأعشاب الضارة .
- الحصول على معطيات جديدة عن التجذير التي يمكن استخدامها في نموذج نمو النبات .
- إيجاد المعايير المرتبطة بالتوجه المكاني للجذر (هندسة الجذر).
- يمكن قياس زاوية الجذر الثانوي أو الثالثي المتفرعة عبر الوقت لمراقبة كيفية شغل الجذور للمساحة في التربة .
- يسمح كذلك بقياس مختلف الأطوال.
- يمكن استخدامه مع أنظمة الحاسوب .
- كما يمكن استعماله كأداة بيداغوجية في التعليم .

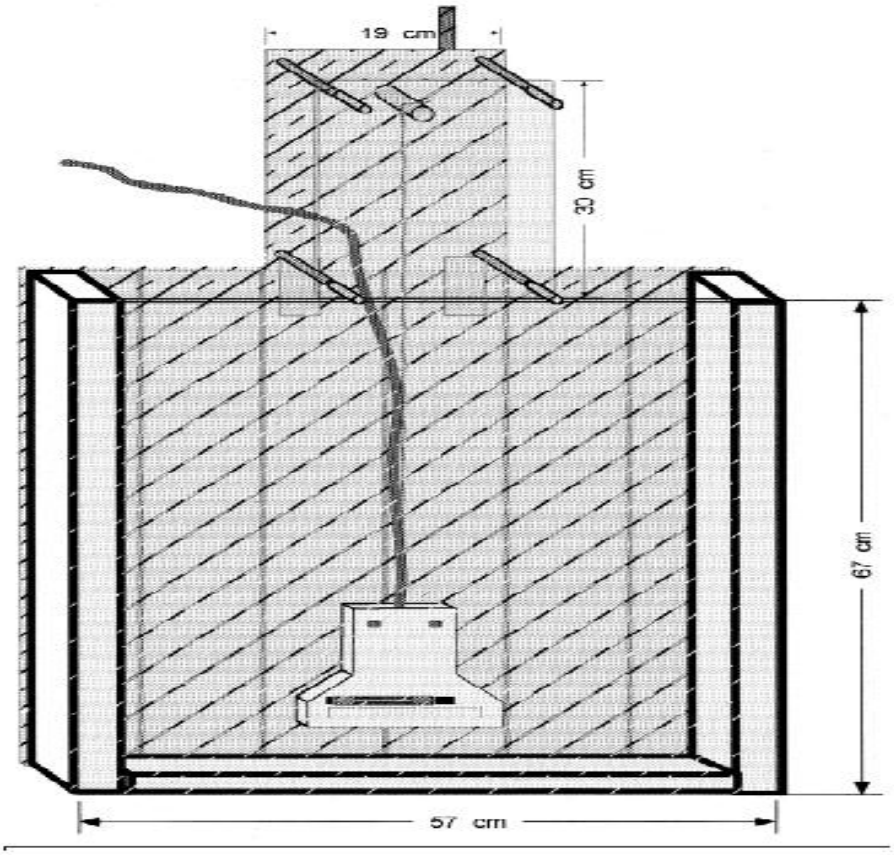
3-3- المجذر المتوسط **Mesorhizotron** :(PAN وآخرون. 1998)

هو مجذر محمول ونظام الماسح الضوئي الملون(Scanner) وأشار إليه PAN وآخرون .(1998) أنه ميزوريزوترون Mesorhizotron ، وتم تصميمه لمراقبة تطور الجذور .

3-3-1- تركيب المجذر المتوسط

يتكون من ثلاثة أجزاء أساسية هي:

- واجهة شفافة لصندوق موضوع في التربة .
- ماسح ضوئي محمول باليد ، مع أجهزة داعمة لالتقاط صور الجذر في التربة .
- جهاز حاسوب مع برامج لتخزين وتحليل الصور.



الشكل03:رسم تخطيطي للمجذر المتوسط ونظام الماسح الضوئي (PAN وآخرون. 1998)

3-3-2- إستعمالات المجذر المتوسط

اقترح PAN وآخرون .(1998) استعمالات عديدة لهذا النوع منها

- يمكنه تقديم صورة كاملة لواجهة النظام الجذري النامي في التربة على غرار تلك التي يمكن الحصول عليها من المجذر .
- كونه محمولا يسمح للباحثين بمراقبة تطور الجذور لمختلف المحاصيل، في ظروف بيئية مختلفة
- يوفر صور قابلة لقياس طول الجذور بواسطة تقنيات تحليل الصور.

3-4- نظام أصيص في أصيص (pot-in-pot system) (HARRIS and FANELLI .1999)

هو عبارة عن نظام يتم بواسطته ملاحظة نمو الجذور من خلال لوحات مراقبة تم تركيبها في الجدران الجانبية للحاوية (الأصيص الداخلي) .

3-4-1-تركيب نظام أصيص في أصيص

يتألف هذا النظام من 56 لتر من أصائص بأغماد ، تبعد 1.2 متر عن مركز الصف و1.5 متر عن بعضها البعض ، تم تغطية المساحة بين الأصائص بقماش أسود للحد من تأثير الضوء .

كل أصيص طوله 28 سم وعرضه 28 سم وسمك جداره 6.4 ملم ، ويتكون الأصيص الداخلي من لوحة من بوليكربونات شفافة تستخدم كنافذة يتم من خلالها ملاحظة نمو الجذور أي (مجذر).

تم تخصيب كل العينات ب161غ من الأسمدة ، وسقيها بنظام سقي مصغر للحفاظ على رطوبة التربة ، تم وضع نظام تصريف المياه لكي لا تبقى الأصائص في المياه الراكدة .

تمت مراقبة درجة حرارة الطبقة التحتية بواسطة قاطعات حرارية داخل النافذة الشفافة في عمق 20سم .

تتم مراقبة الجذور بواسطة شرائح فوتوغرافية رقمية 35مم ، واستعمال برامج الحاسوب لمعالجة الصور (Adobe photo shop ver 3.0) ، (Sigma Scan /image ver 1.2) .

الشكل04: صورة لنظام أصيص في أصيص (HARRIS and FANELLI ،1999)

3-4-2- إستعمالات نظام أصيص في أصيص

استعمل هذا النوع من المجذر في دراسة أشجار القيقب الأحمر (*Acer rubrum L*) ، وقيقب السكر (*Acer saccharom Marsh*) .

استعمل أيضا في الكشف عن التناوب في وتيرة النمو بين الجذر والساق لكل الأنواع المدروسة .

3-5- مجذر خاص

تكمن خصوصية هذا المقترح في قدرته على عزل جذر أو أكثر عن باقي الجذور

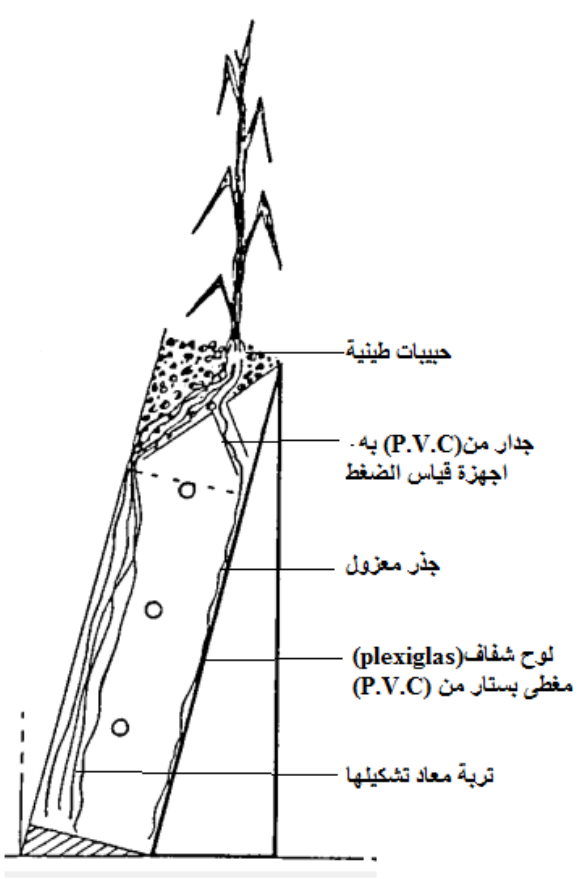
3-5 -1- تركيب المجذر الخاص

صمم هذا الجهاز بأبعاد 20 x 80سم بعمق 1م استنادا إلى ما توصل إليه GRIMES وآخرون (1975) في (JORDAN ،1991) أنه في الزراعة المسقية تكون 99 % من المادة الجذرية الجافة موجودة في 90سم الأولى من التربة.

هذا الجهاز مصنوع من PVC ومعزول حراريا بواسطة بوليستيران موسع . ويكون الجهاز مائل ب15° من جهة الزجاج البلاستيكي الشفاف .

توضع أجهزة قياس الضغط في عمق 25،50،75سم على التوالي حيث تسمح بالتحقق من أن التغذية المائية غير متقطعة .

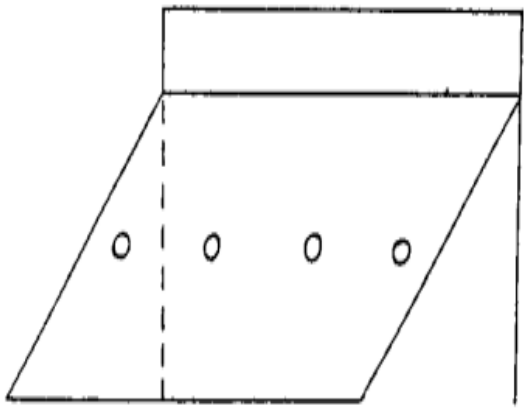
في سنة 1984 وبعد مواجهة صعوبات في الحسابات بسبب التداخل المتوالي للجذور ، والعدد الكبير من الأعضاء الملامسة للجدار الشفاف تم تجهيز 8 مجاذير في سنة 1985 بلوحة PVC التي تبعد النظام الجذري عن الزجاج ، تم اختيار أربعة جذور فقط حسب سلامية الإدراج وتوجيهها إلى الزجاج بتمريرها عبر ثقوب في اللوحة ممتدة بغمد من PVC الذي يوصلها إلى الجدار الشفاف . (JORDAN،1991)



الشكل05: تصميم لانتقاء الجذور (JORDAN ،1991)

الشكل 06 : منظر جانبي لتصميم انتقاء الجذور

(JORDAN ،1991)



الشكل07 : منظر امامي لتصميم انتقاء الجذور

(JORDAN ،1991)

3-5-2-إستعمالات المجذر الخاص

يستعمل هذا النوع لعدة أغراض منها

- دراسة تفرع الجذور الأولية العقدية لنبات الذرة (*Zea maysL*) .
- حساب السلاميات وكذلك الجذور الأولية والثانوية لكل طبقة من التربة .
- كما يمكن مقارنة النتائج المتحصل عليها في المجذر بالنتائج الميدانية .

هناك بعض المشاكل التي تعترض هذا النوع منها

- أن بعض الاضطرابات في النتائج متعلقة بوجود الزجاج الشفاف ، ومصدرها إما ميكانيكي (شروخ الإنكماش الموضعي) TAYLOR وآخرون .(1970).، HUCK و .(1982) TAYLOR في (JORDAN ،1991) وإما فيزيولوجي (الزجاج الشفاف يجمع الكهرباء الساكنة مما يجذب الجذور) .
- كما أن تعرض الجذور للضوء أثناء فترة القياسات تحد من سرعة النمو(BOHM، 1979) في (JORDAN ،1991)
- يمكن أن تصل كثافة التجذير إلى حد يسبب اضطرابات كبيرة في التشكل .
- عدم القدرة في نهاية دورة الحياة على استقراء هذه المعطيات في الظروف الميدانية ، وكذلك الظروف البيئية مثل درجة الحرارة .
- تكون كل نبتة في المجذر معزولة وبالتالي لا تتعرض للمنافسة
- يكون نسق السقي في المجذر ثابتا وغير محدود عكس ما يحدث في الحقل . (JORDAN ،1991)

3-6- مجذر علبة بتري

3-6-1- تركيب مجذر علبة بتري

يتكون هذا المجذر من علبة بتري بلاستيكية بقطر 9.5سم وارتفاع 1.2سم ، تقطع في جانب واحد 0.5سم ثم تملأ ب70غ من عينة التربة ، ويتم تعديل سطح التربة ب1سم من الجهة العلوية للمجذر.

تم الاحتفاظ بالمجذر في زاوية 60° بحيث تنمو الجذور جهة الغطاء لعلبة بتري.(SETIYO وآخرون ،2004)

الشكل08: مختلف خطوات العمل بمجذر علبة بتري (SETIYO وآخرون ، 2004)

3-6-2- إستعمالات مجذر علبة بتري

- يسمح الغطاء الشفاف بمراقبة نظام الجذر باستمرار ، وكونه قابلا للفتح بإمكانية الحقن أو تطبيق معالجة معينة في أي مكان وفي أي وقت .
- باستخدام هذا النظام تمت دراسة تأثير عوامل التربة الحامضية على تثبيت الآزوت في نبات البرسيم

PIJNENBORG and LIE. (1990) في (SETIYO وآخرون ، 2004)

- يمكن زرع عدة نباتات في مساحة محدودة في وقت قصير نسبيا (أقل من ثلاثة أسابيع) .
- الأهم من ذلك كله أن النتائج التي تم الحصول عليها في هذا المجذر تتوافق جيدا مقارنة بالنتائج الميدانية (SETIYO وآخرون ، 2004) .

3-7- المجذر المصغر Minirhizotron : (REWALD and EPHRATH، 2013).

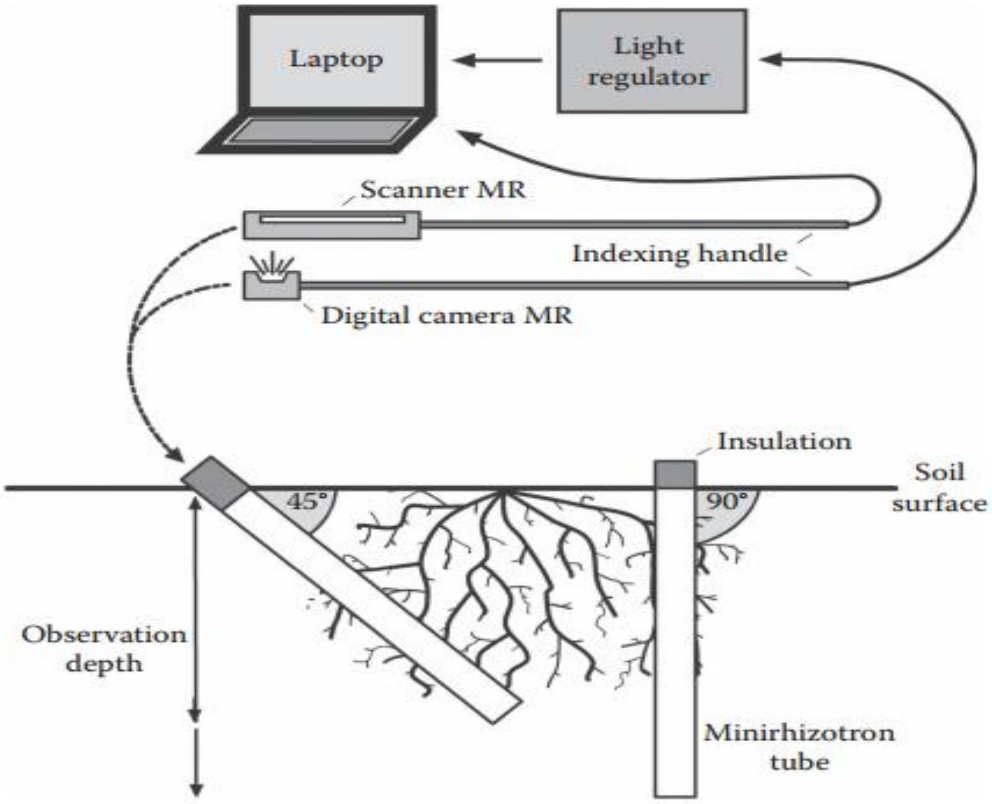
3-7-1- تركيب المجذر المصغر

على عكس باقي المجاذير المعروضة سابقا ، هذا النوع المسمى اصطلاحا مينيريزوترون Minirhizotron لا يشبه المجاذير المعروفة ، حيث يتكون هذا النوع عموما من اربعة اجزاء اساسيا :

3-7- 1 - 1- أنبوب المجذر المصغر

استخدمت فيه مجموعة واسعة من المواد منها الصلبة الشفافة مثل الزجاج ، متعدد الكربونات ،الاكريليك ،سيليلوز اسيتات ،و يترواح القطر الداخلي للانبوب بين 13-64مم.

تم انشاء الانابيب الصلبة المصنوعة من البلاستيك و هي الاكثر شيوعا لأنها اكثر متانة من الزجاج خاصة في التربة الصخرية او المتجمدة ، ومع ذلك هناك اختلافات كبيرة مثل مقاومة الاشعة فوق البنفسجية لذلك يجب اختيار المواد وفقا لنظام التقاط الصور ، نوع التربة و الوقت المتوقع فضلا عن التكلفة .



الشكل09 :رسم تخطيطي للمجذر المصغر (REWALD and EPHRATH ، 2013).

الشكل 10:صورة خارجية للمجذر المصغر (REWALD and EPHRATH ، 2013).

3-7-1-2- أجهزة التقاط الصور

استخدمت قديما المرايا البسيطة مع مصدر للضوء ثم تطورت الى عدة انواع من اجهزة التقاط الصور منها الألياف البصرية المناظير المختلفة و مناظير الجذور والتيليسكوبات وذلك للرفع من جودة الصورة و تسهيل التقاطها .

كما تستخدم ايضا كاميرات فيديو صغيرة ملونة لتحسين تشغيل المجذر المصغر .

3-7-1-3- الماسح الضوئي

يمكنه اخذ الصورة ب 360^0من التربة والتركيز التلقائي و ضبط تلقائي للصورة . تم صنع عدة انواع ولكن على المستخدمين اختيار الجهاز الذي يناسب ابحاثهم .

3-7-1-4- جهاز حاسوب محمول

يستعمل لحفظ الصور الملتقطة عن طريق الماسح الضوئي ثم لمعالجة الصورة و تحليل البيانات المحصل عليها .

3-7-2- استعمالات المجذر المصغر

له استعمالات عديدة وذلك لخاصية أن استعماله يكون مباشرة في الحقل . من بين هذه الاستعمالات ما يلي

- يستخدم في قياسات توزع عمق الجذور
- يمكن الاعتماد عليه في تحويل طول الجذور الى الكتلة الحيوية للجذور في مساحة ارض
- دراسة كثافة الجذور في الموقع

- لتقدير انتاج الجذر
- لدراسة تشكل الجذر
- لدراسة مختلفة التفاعلات تحت سطح الارض .

مناقشة

لا تتعدد استعمالات المجذر بتعدد الابحاث والدراسات لنمو الجذور فقط ، وإنما لكل الظروف المتعلقة بالنبات ككل ، من الظروف البيئية كدرجة الحرارة ، والظروف المتعلقة بالتربة ، التغذية المائية ، المعدنية . ومثال ذلك التجارب التي قام بها HECKMAN and STRICK . (1996). لدراسة العلاقة بين النبات والتربة بتغير لون منطقة الجذر Rhizosphere بتغير درجة حموضة التربة PH في هذه المنطقة باستعمال مجذر بسيط .

حيث أن الجذور تحصل على الغذاء من الكاتيونات والأنيونات ، والإختلافات النسبية في امتصاص الكاتيونات والأنيونات يؤثر على درجة الحموضة PH للمنطقة المحيطة بالجذر . حيث أن تغير درجة الحموضة PH منطقة الجذر يعود إلى الإمتصاص الصافي لشوارد البروتونات ، وشوارد الهيدروكسيد من طرف الجذور .

بيداغوجيا استخدام المجذر يسمح للطلاب بمراقبة تفاصيل تطور النظام الجذري ، ويبين لهم بوضوح أن جذور النباتات يمكن أن تغير من تشكلها تجاه التغذية الآزوتية في بيئتها مباشرة HECKMAN and STRICK . (1996).

أما تقنية المجذر المصغر فهي وسيلة جيدة لمراقبة الجذور في الحقل مباشرة لمعرفة تأثير الظروف الخارجية الحقيقية على تطور الجذور فقد استخدمت من طرفKARL and DOESHER.(1991) لمراقبة جذور نباتات المراعي ، ودراسة تأثير الرعي على تشكل الجذور .

المجذر هو جهاز أساسي وضروري مستعمل في مختلف الدراسات المتعلقة بجذور النباتات ، وتصميمه يلعب دورا في الحصول على النتائج المرجوة ، وكذلك المواد المصنوع منها والتي يمكن أن تؤثر بصورة مباشرة أو غير مباشرة على نمو وتطور النظام الجذري ، وأهم أجزائه الواجهة الشفافة التي تصنع من مواد مختلفة مثل الزجاج أو البلاستيك الشفاف أو غيرها من المواد و التي يتم تطويرها وتحسينها للحد من تأثيرها على نمو وتطور الجذور .

طرق قياسات الجذور:

بالرجوع إلى الابحاث السابقة المنجزة نستعرض بعض الطرق والمعايير المستعملة في معالجة البيانات الناتجة من استعمال المجذر .

1- طريقة المعدل النسبي لنمو الجذر:

يذكر GIORGI وآخرون .(2010) في دراستهم هذه الطريقة حيث يتم التقاط الصور الرقمية وتحليلها ببرنامج تحليل الصور (Image J) ، ثم حساب طول كل جذر وعدد الجذور في كل مجذر ، وبها يحسب معدل طول الجذر الواحد لكل نبات ، والمعدل النسبي لنمو الجذر (△ طول الجذر بين قياسين /الطول الأولي) .

في نهاية التجربة يتم فصل البيانات وتقسيمها إلى الجزء العلوي (A) ، وجذور الطبقة العلوية (R-up) ، وجذور الطبقة السفلية (R-low) .

وقد يتم أيضا تسجيل الأوزان الرطبة عند الحصاد ، والأوزان الجافة بعد التجفيف (50°م) لمدة 48 ساعة .

في الأخير يتم مقارنة جميع البيانات باستخدام التحليل الإحصائي للمعايير المدروسة .

2 – طريقة القيمة المطلقة لإنتاج الجذر :

في هذه الطريقة المستخدمة من طرف HENDRICKS وآخرون، (2006) في(METCALFE (2007،

يتم حساب معدل النسبة المئوية لإنتاج الجذر للمجاذير المستعملة بقسمة طول الجذور الجديدة الملاحظة للعينة في مدة زمنية معينة على طول الجذور الجديدة المرئية في شاشة المجذر للعينة في المدة الزمنية السابقة ، ويضرب الحاصل في 100 .

بعد ذلك يتم تقدير القيمة المطلقة لإنتاج الجذر في وحدة مساحة أرض بضرب النسبة المئوية لقيم النمو في متوسط كتلة الجذور الرفيعة في الموقع والمسجلة من بداية قياسات الطول للمجذر .

3 - طريقة تحويل طول الجذر إلى كتلة:

مساحة مستوى ثنائي الأبعاد لعينات التربة من قبل المجذر معروفة (طول المجذر x عرضه) ، ولا يمكن تحويل طول الجذر الملاحظ في شاشة المجذر إلى طول الجذر لكل وحدة حجم تربة و مساحة أرض ،

مع ذلك تمت مباشرة قياسات طول الجذر للب العينة لكل وحدة حجم تربة ، ويتم تسجيل كتلة الجذور الرفيعة التي قطرها أقل من 2مم لتسع نقاط تكرار في قطعة أرض معينة .

قطر لب عينة التربة 14سم وعمق 30سم وتم استخلاصها باستخدام آلة حفر بشفرات قاطعة شبه دائرية،

يتم الفرز اليدوي للجذور بعناية وبذلك يتم تقدير إنتاج الجذور.

يعاد إدخال التربة المتبقية في الثقوب نفسها التي استخرجت منها ومحاطة بأكياس بلاستيكية فيها ثقوب بقطر 1سم. وبعناية يتم حزم التربة المعاد إدخالها بكثافة مماثلة لكثافة التربة المحيطة (1ملغ/م3) ،تعاد العملية 4 مرات كل 3 أشهر.

تستعمل كمية المادة الجذرية النامية في الأكياس لحساب إنتاج الجذر الجديد لكل 3 أشهر .

يحسب طول الجذر مقسما إلى فئات قطر 0.1 مم وكذلك الحجم باستخدام برنامج تحليل الصور Winrhizo Pro (V.2003 b)

بعد ذلك يحول طول الجذر لكل وحدة حجم تربة / مساحة أرض للمجذر إلى كتلة باستعمال متوسط كتلة الجذور لكل وحدة طول. TAYLOR وآخرون .(1970) ., ITHOH .(1985) ., TINGEY وآخرون .(2000) في (2007، METCALFE) .

4- طريقة تقدير الإنتاج الإجمالي للجذر:

استعمل هذه الطريقة METCALFE وآخرون ،(2007) وفيها وبالقرب من موقع الدراسة ثبت 22 زوجا من المجاذير وألباب عينات التربة ، تتم القياسات لكل زوج من مجذر ولب عينة التربة كل 3 أشهر للحصول على علاقة خطية بين امتداد طول الجذر للمجذر وكتلة انتاج الجذر للب العينة لكل وحدة مساحة أرض .

تطبق هذه العلاقة الخطية على بيانات طول الجذر للمجاذير المثبتة في الموقع لتقدير الإنتاج الإجمالي للجذور لكل وحدة مساحة أرض .

5- طريقة مساحة سطح المقطع العرضي للجذور المتقاطعة:

يستعمل عدد وقطر الجذور الملامسة لشاشة المجذر لكل قياس ، في حساب إجمالي مساحة سطح المقطع العرضي للجذور المتقاطعة (XSr مم^2) باستخدام المعادلة الآتية :

$$XSr = \frac{\pi^2 \cdot \sum r^2}{\sqrt{2}}$$

حيث أن r: هو نصف قطر الجذر (مم)

لم يتم حساب الجذور المتشعبة بعد ملامستها لشاشة المجذر .

باستخدام حاصل المعادلة السابقة فإن إنتاج الجذور (Pr طن / هكتار) لكل قياس يتم حسابه كما يلي :

$$Pr = 2 \times 10^4 \times Dr \times (1 - Fc) \times XSr \times \frac{sin\alpha \, . cos\gamma}{W}$$

Dr : كثافة أنسجة الجذر (غ / م^3) .

Fc : الجزء الخشن للتربة .

α : زاوية شاشة المجذر بالنسبة للأرض

γ: زاوية الأرض بالنسبة للمستوى الأفقي

W : عرض شاشة المجذر (مم) .

10^4 : قيمة تحويل مساحة الأرض من مم^2 إلى الهكتار والغرام إلى الطن .

عامل 2 : استخدم لأن الجذور تتقاطع مع شاشة المجذر في الواجهة فقط.

تحسب الكثافة بقسمة حجم الجذور للب العينة على الكتلة

(2004) **.** BERNIER and ROBITAILLE في(METCALFE ،2007)

6- طريقة مسح الجذر العادية (RSCN) conventional root scans

تستعمل هذه الطريقة لتقييم ومقارنة صور النظم الجذرية لعدة أصناف من نبات الذرة النامية في المجذر .

حيث تسجل الجذور المرئية على زجاج الواجهة أسبوعيا .

تغسل الجذور بمرور 42 و 90 يوما بعد البذر وذلك بغرض التصوير الرقمي للنظم الجذرية بواسطة لوحة الدبابيس Pin boards (PBI) .

يتم بعد ذلك أخذ عينات من الجذور لتقدير المعايير الأساسية للجذور من المسح الرقمي (RSCN) باستخدام برنامج WinRhizo مع الماسح الضوئي المسطح (Flat-bed scanner) .

تكشف صور المجذر عن جزء قليل من النظام الجذري (1-2 %) ، لكن (PBI) استعادت أكثر من(70%) من إجمالي طول الجذر Total Root Length (TRL) الذي تم قياسه بواسطة (RSCN) .

تعتبر شدة الوضوح العالية للصورة، دقة التصوير (9.1 – 12 ميغابكسل)، عتبة الوضوح المثالية بين الجذور، والخلفية بمثابة مفتاح لمعايير تقييم الجذور بالصور الرقمية.

كشفت لوحة الدبابيس (PBI) عن اختلافات معتبرة في أنماط التجذير خاصة توزيع كثافة طول الجذر (RLD) Root Length Density في الواجهة ، ومع ذلك فإن أقطار الجذور المقدرة في (PBI) أكبر بكثير من التي تم قياسها بواسطة(RSCN) وهذا راجع إلى نقص الوضوح ، وتكتل الجذور ، والتراكب بينها .

(VEGAPAREDDY وآخرون، 2010) .

7- طريقة الوحدة المتراصة المؤطرة The Framed-Monolith Method

في هذه الطريقة التي اقترحها BOHM وآخرون. (1977) تستخدم آلة حفر الخنادق (ومعاول عند الضرورة) لعزل كتل التربة عن التربة المحيطة بها (30سم على طول الصف و 100 سم عبر مركز الصف وعمق 180 سم) ، ويركب إطار حول الجانب الخارجي لكتلة التربة لرفعها من الحفرة .

بعد ذلك تغرز دبابيس (30 سم) من خلال ثقوب في الجانب الخشبي للإطار واختراقها للتربة ، وتصف الدبابيس على شكل شبكة (7.5 سم) في عمق 60 سم و (15 سم) تحت هذا العمق .

توضع كتلة التربة على جانبها في خزان للمياه وغمرت لعدة ساعات ، يوضع قالبان مستطيلان من مرشات العشب 70 سم فوق سطح العينة ، وتغسل الكتلة للحصول على المادة الجذرية وبقايا الحطام .

تزال باليد وبعناية الجذور والبقايا من المحاصيل السابقة ، ويقسم النظام الجذري إلى مقاطع (15 سم) وتخزينه

في الأخير تقدر أطوال الجذور بواسطة طريقة اعتراض الخط Line intercept method .(هذه الطريقة مفصلة في الطريقة 3- 9)

8- طريقة لب العينة Core-Sampling Method :

استخدمت آلة أخذ عينات التربة موصوفة من طرف Kelley وآخرون (1974) في BOHM وآخرون (1977) للحصول على لب قطره 10 سم وطوله 180 سم.

يقسم اللب إلى مقاطع بطول 15 سم و وضعت في دلاء ذات حجم 5 ل وغمرت في الماء ،ة ثم غسلت في غربال 2 مم للحصول على الجذور والحطام .

لتقدير طول الجذور تم استعمال طريقة اعتراض الخط Line intercept method .(هذه الطريقة مفصلة في الطريقة 3- 9) .BOHM وآخرون .(1977)

9 - طريقة تقاطع الخط (TENNANT ،1975)

اقترح نيومان (1966) في (TENNANT، 1975) صيغة $R = \frac{\pi \, NA}{2H}$ لتقدير الطول الكلي للجذر في عينة مستخرجة.

يقاس طول الجذر (R) من خلال حساب عدد التقاطعات (N) من الجذور في منطقة منتظمة (A) مع خطوط عشوائية وموجهة بشكل عشوائي من الطول الكلي (H).

من حيث المبدأ، كلما كان الجذر أطول، كلما اعترضه عدد أكبر من الخطوط المرتبة .

تتطلب تقديرات الطول في هذه الطريقة وقتا أقل لكل قياس من الطرق المباشرة،

استطاع نيومان. (1966) في (TENNANT، 1975) قياس 3.43 م من الجذر في 24 دقيقة بمعامل قدره 4.3%، في حين استغرق القياس المباشر 67 دقيقة.

تتطلب الجذور الأطول زيادات طفيفة فقط في تقدير الوقت لإعطاء مستويات مكافئة من الدقة. وقد أثبت هذا الباحث أن طريقة "تقاطع الخط" هي أداة بحثية هامة . وأمكن إجراء بيانات الطول بدلا من الوزن كمؤشرات للحجم الوظيفي لأنظمة الجذر. ومع ذلك، فإن الطريقة لم تسمح بسهولة للوصول إلى الطول كمقياس رئيسي .

فقد استغرق نيومان .(1966) في (TENNANT، 1975) بمعامل تباين 5% وأفضل مدة 18-24 دقيقة لتقدير الطول في نطاق 3-29 م .

1-أنماط الجذور :

من الصعب الحصول على نموذج للجذر بسبب تزايد التعقيد والنقص الكبير لبيانات مستقلة ومناسبة لاختبار النموذج، يقترح نموذج عام يسمى " نمط الجذر ".

تهدف التحاليل العامة والكمية لهندسة النظام الجذري، والتمثيل المبسط للتنوع الهندسي إلى:

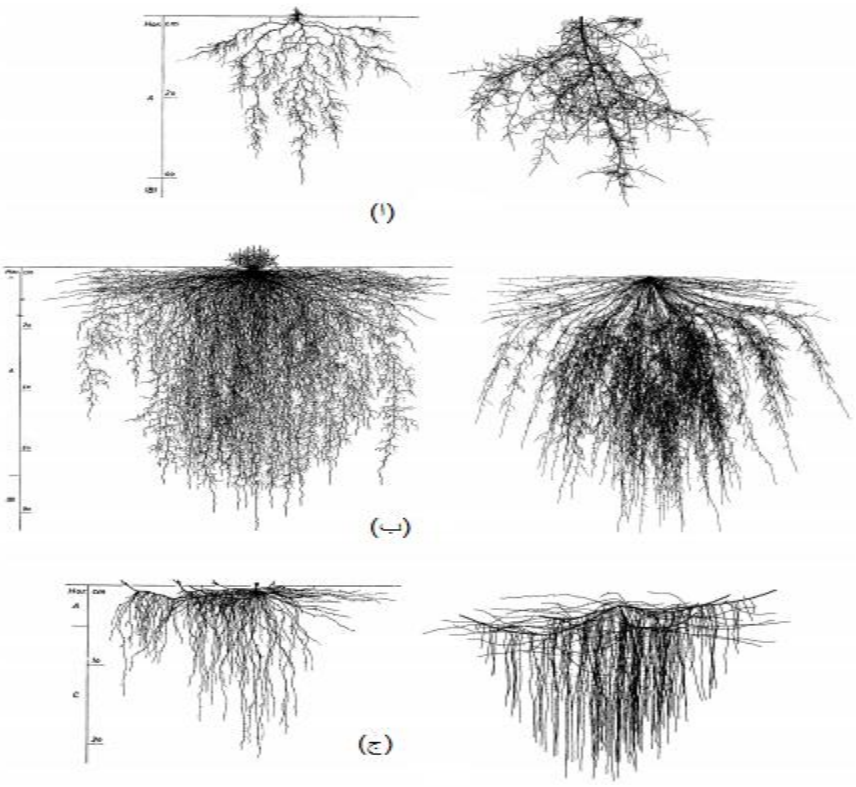
- تفصيل مجموعة واسعة من طرق النمو.
- تعميم مفهوم نمط الجذر.
- تمثيل آثار التربة على طرق النمو بطريقة مبسطة جدا.

يكشف النموذج عن العديد من طرق النمو ، من ذلك انبعاث الجذر ، النمو المحوري والشعاعي ، التفرع المتسلسل ، التكرار ، الانتقال ، التحلل ، والانفصال ، والتي تتظافر جميعها بالتفصيل للوصول إلى القدرة على محاكاة التنوع . (PAGES وآخرون ،2004) .

من بين أنظمة الجذر التي تم اختبارها تلك التي تم تصويرها في كتاب Kutschera (1960) في (PAGES وآخرون، 2004) ، والتي تمثل قاعدة بيانات مستقلة تجمع عدد كبير من أنواع النباتات وظروف التربة ، وتعطي نظرة عامة عن أنظمة الجذر .

تظهر الأشكال 8،9،10 ، 11 ، 12 ، 13 ، 14 على اليسار أنماط الجذور الحقيقية التي لاحظتها Kutschera (1960) في (PAGES وآخرون، 2004)، وعلى اليمين محاكاة نظم هذه الجذور .

في الشكل 8 توضيح لاستراتيجيات مختلفة من الأنواع النباتية المذكورة لتثبيت نظمها الجذرية ، حيث يبين الشكل نظام الجذر الأولي لنبات *Arabidopsis thaliana* ، *مركزية نظام الجذر الثانوي لنبات Lolium multiflorum* ، *ولامركزية نظام الجذر الثانوي لنبات Achillea millefolium* .



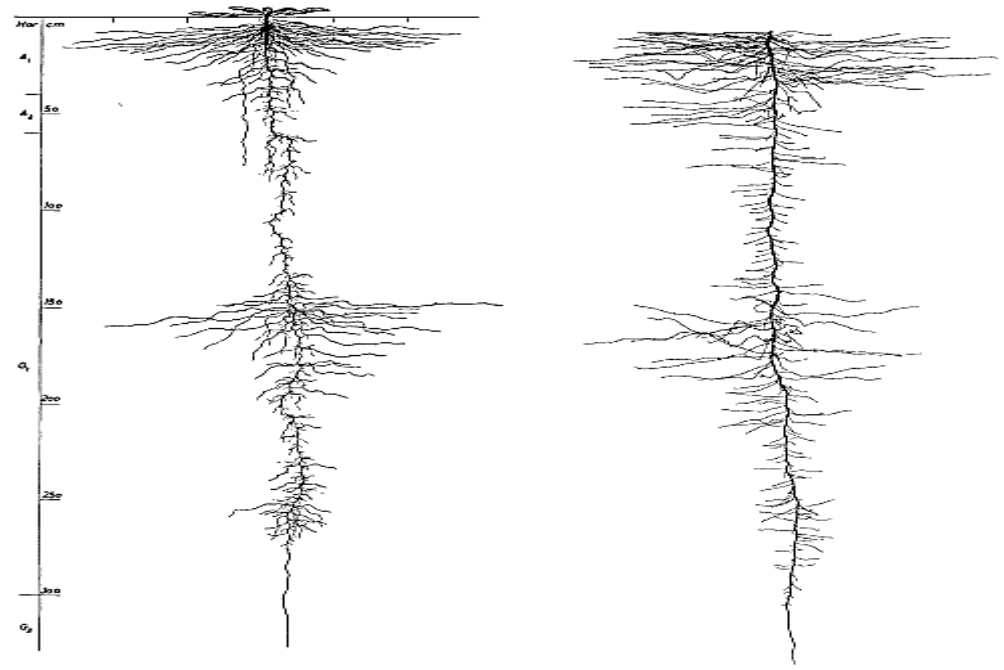
الشكل11 : نماذج جذور لثلاثة أنواع نباتية . (PAGES وآخرون ،2004)

أ : نمط الجذر ومحاكاة نظام الجذر لنبات *Arabidopsis thaliana*

ب : نمط الجذر ومحاكاة نظام الجذر لنبات *Lolium multiflorum*

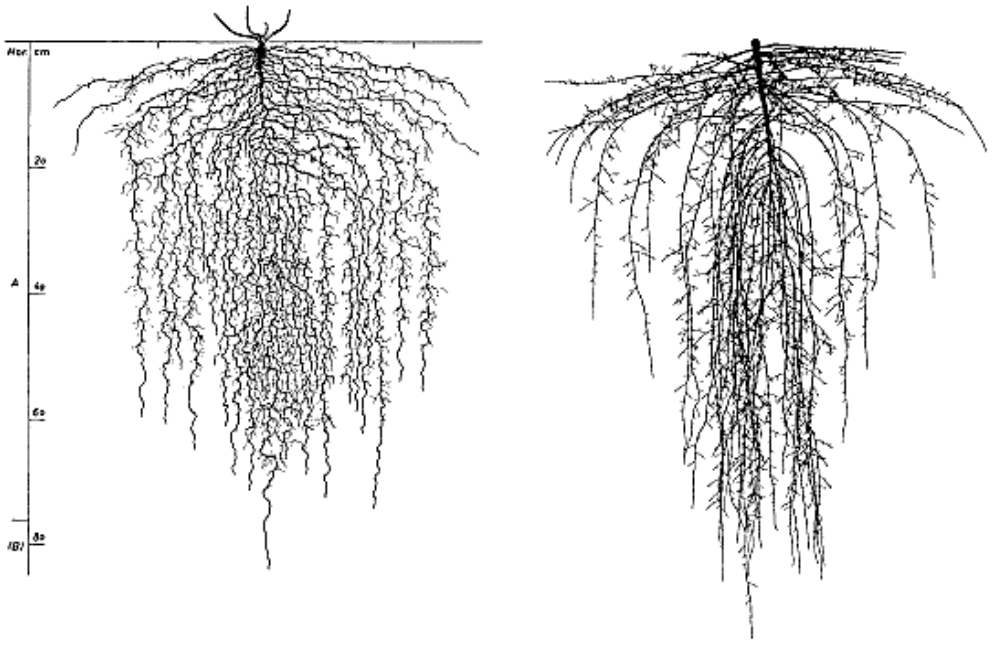
ج : نمط الجذر ومحاكاة نظام الجذر لنبات *Achillea millefolium*

يظهر الشكل 12 اختلاف النمو المحوري بتغير العمق لنبات *Rumex crispus*



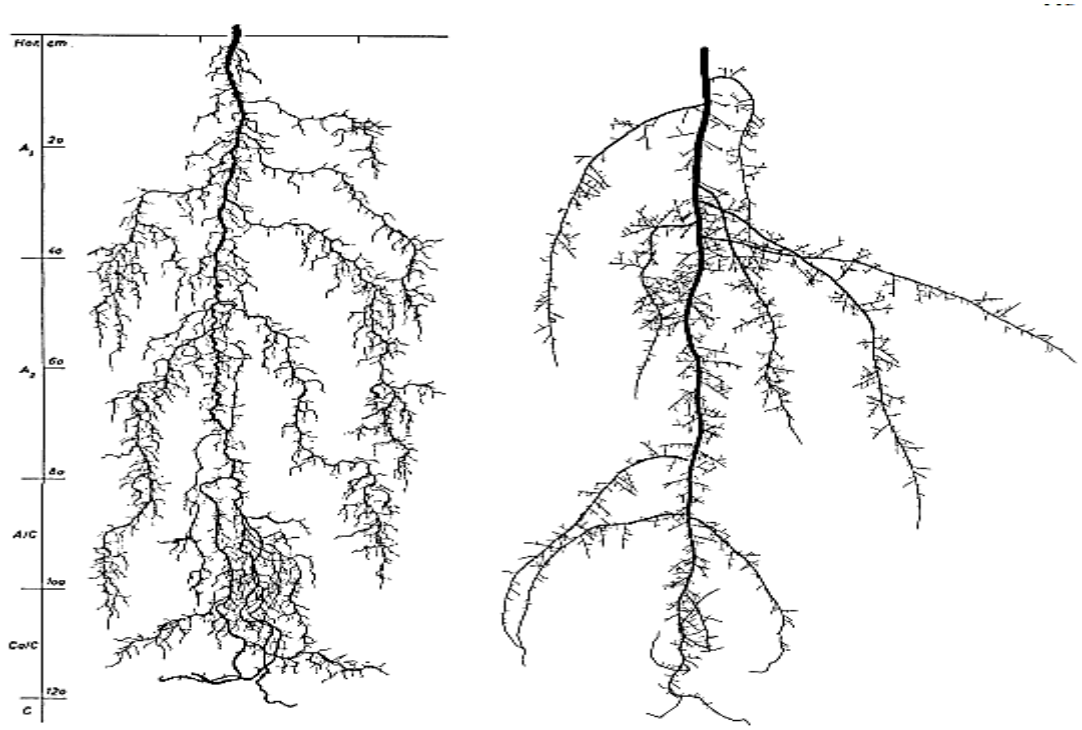
الشكل 12:نمط الجذر ومحاكاة نظام الجذر لنبات *Rumex crispus* . (PAGES وآخرون، 2004)

يظهر الشكل 13 تباين كثافة التفرع بتغير العمق *Euphorbia helioscopa*



الشكل 13 : نمط الجذر ومحاكاة نظام الجذر لنبات *Euphorbia helioscopa* . (PAGES وآخرون، 2004)

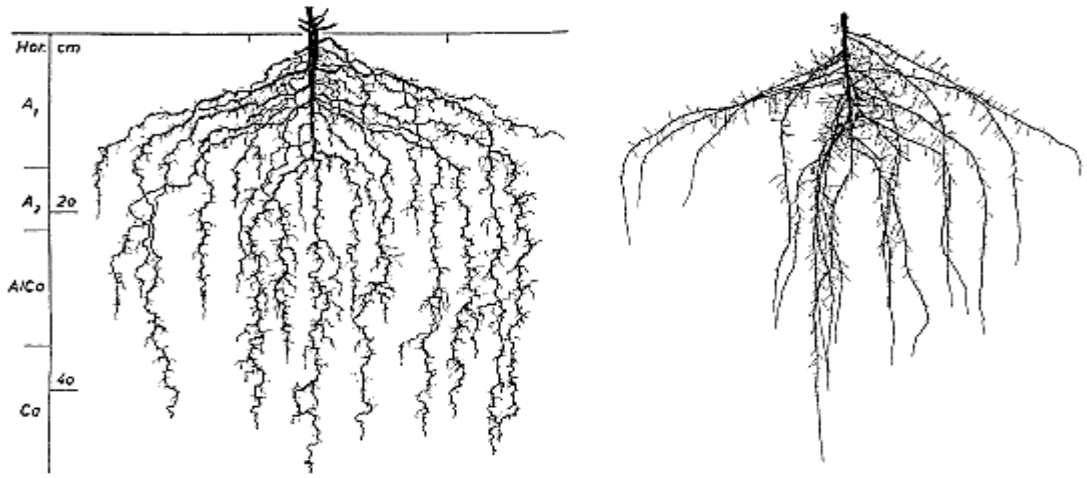
في الشكل 14 توضيح لتنوع أنماط الجذر بتنوع تفرعات الجذر الرئيسي لنبات *Anuchusa officinalis*



الشكل14: نمط الجذر ومحاكاة نظام الجذر لنبات

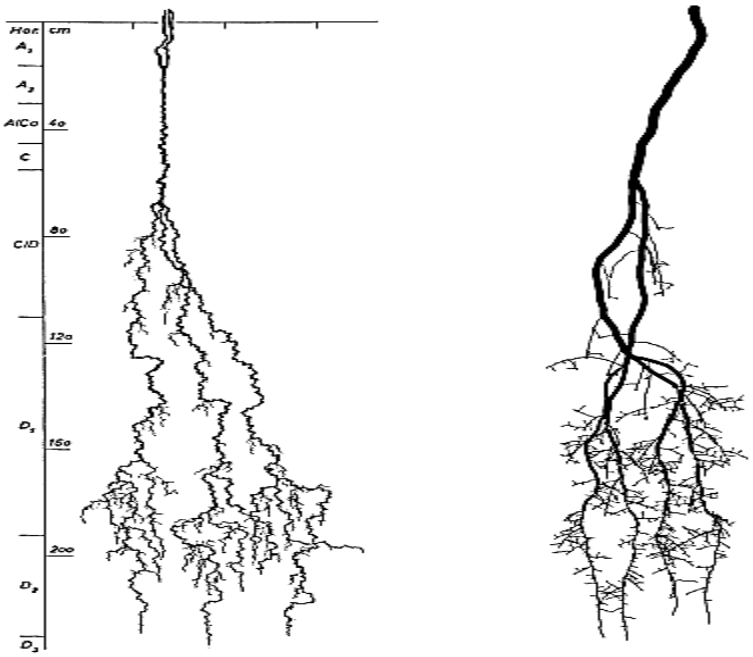
Anuchusa officinalis . (PAGES وآخرون، 2004)

الشكل 15 يوضح التغيرات في اتجاه النمو بدلالة العمق لنبات *Cernthe minor*



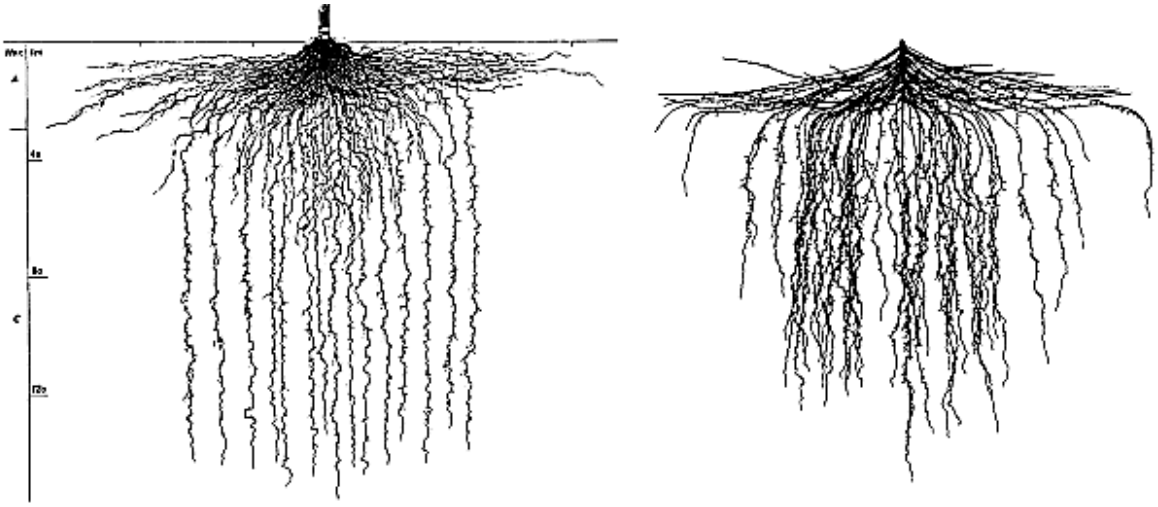
الشكل 15 : نمط الجذر ومحاكاة نظام الجذر لنبات *Cernthe minor* (PAGES وآخرون، 2004)

أما بالنسبة للشكل 16 فيبين التكرار والتقليم الذاتي لنبات *Chondrilla juncea*



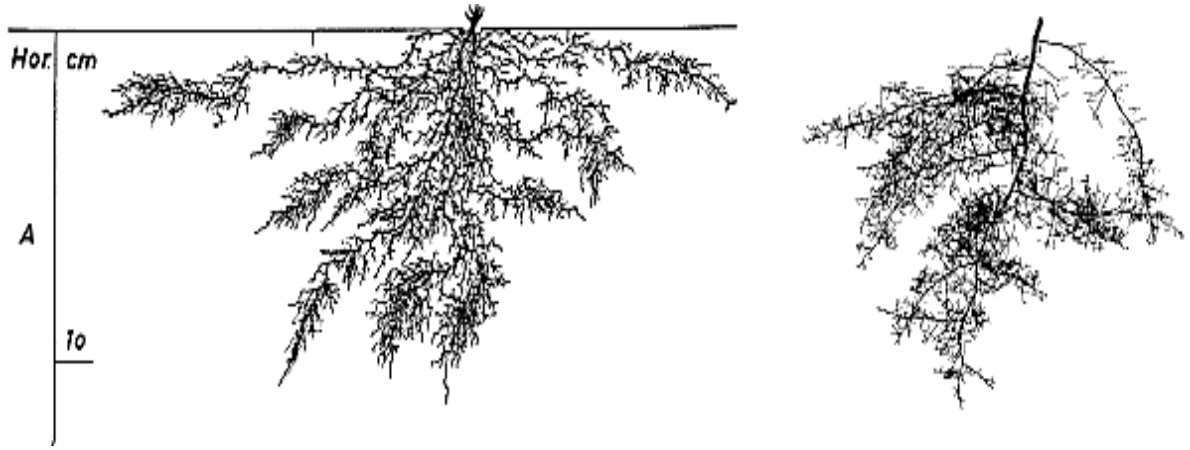
الشكل 16: نمط الجذر ومحاكاة نظام الجذر لنبات *Chondrilla juncea* (PAGES وآخرون، 2004)

الشكل 17 يوضح الانتقال أي الاختلاف في قدرات التشكل مع مرور الوقت لنبات *Helianthus annus*



الشكل 17 :نمط الجذر ومحاكاة نظام الجذر لنبات *Helianthus annus* (PAGES وآخرون، 2004)

يمثل الشكل 18التحلل والتقليم الذاتي لنبات *Stellaria media*



الشكل 18 : نمط الجذر ومحاكاة نظام الجذر لنبات *Stellaria media* . (PAGES وآخرون، 2004)

2-برامج تحليل الصور

يوجد العديد من برامج تحليل صور الجذور نذكر منها: Win-Rhizo , EZ-Rhizo , Image J ,

ونتطرق هنا إلى برنامج EZ-Rhizo بصفة إجمالية .

برنامج تحليل الصور EZ-Rhizo

هو برنامج للكشف عن هندسة الجذر وقياس النظام الجذري النباتي ، ويسمح هذا البرنامج بالإشراف على العمليات الفردية لإعداد الصور ، والكشف عن الجذور ، وتخزين البيانات .

العملية برمتها من فتح الصورة إلى حفظ البيانات في ملف نصي تستغرق بضع دقائق فقط .

يتم دمج البيانات في وقت لاحق في قاعدة بيانات.

يعمل هذا البرنامج وفق خطوات هي:

1 – فتح الصورة .

2 – وضع " أبيض / أسود " : وهو تحويل الصورة إلى صورة أحادية اللون أبيض / أسود .

3 – إزالة المربع: وهي إزالة حواف اللوحة.

4 – إزالة التشويش: تقدم هذه الوظيفة مجموعة مختارة من خوارزميات الإزالة، وتطبيقها يكون مرئيا مباشرة على الصورة.

5 – التمدد: يتم تطبيق وظيفة "" تمدد بكسل " تلقائيا لملء الفجوات داخل الجذور التي تم إنشاؤها بواسطة إزالة التشويش.

6 – وضع الهيكل .

7 – التنميق (إعادة اللمس): تسمح هذه العملية بتحرير الصورة يدويا.

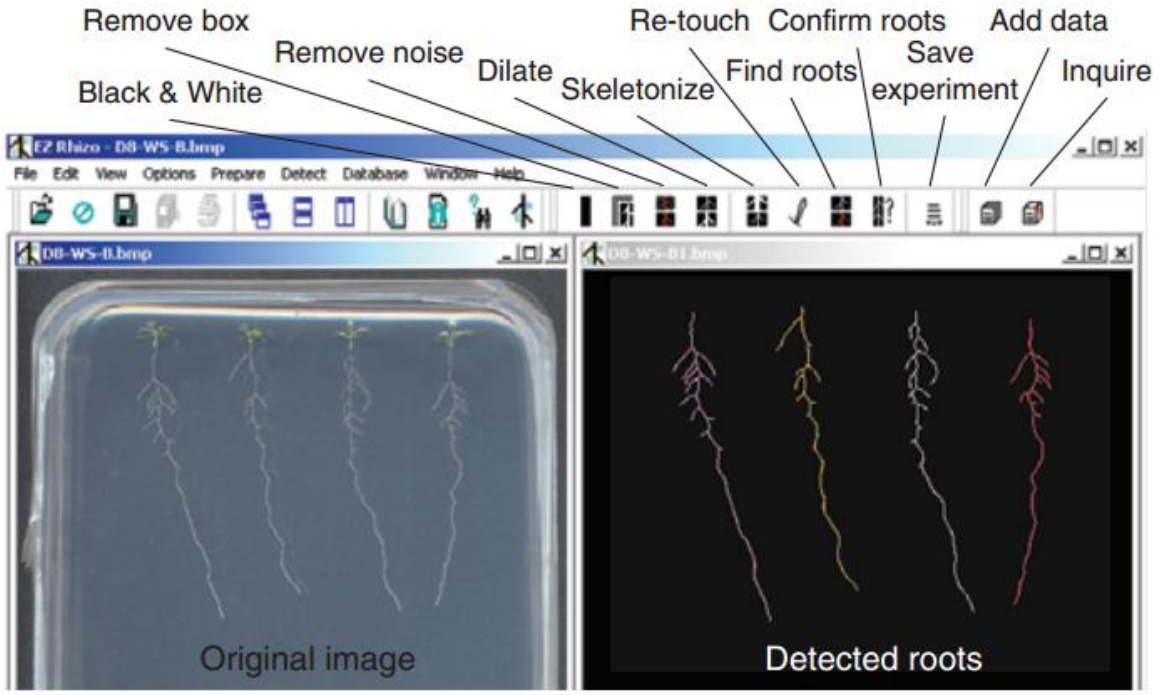
8 – البحث عن الجذور : البرنامج يكشف عن الجذور تلقائيا ويعرضها بألوان مختلفة .

9 – التأكيد على الجذور .

10 – حفظ البيانات .

11 – إدارة قاعدة البيانات: يتم فيها إضافة بيانات، أو الاستعلام عن قاعدة البيانات لكل مجموعة فرعية من هذه العمليات وحفظ البيانات التي تم استرجاعها في ملفات منفصلة.

AMTMANN



الشكل 19 : صورة واجهة برنامج AMTMANN. EZ-Rhizo

الخاتمة

اشتمل هذا البحث على عدة أنواع من المجاذير الأكثر استعمالا في مجال دراسة نمو وتطور الجذور من حيث تصميماتها واستعمالاتها المختلفة بحسب أهداف البحث .

تلعب تكلفة إنشاء المجذر دورا كبيرا في مجال دراسة نمو وتطور الجذور ، فكلما كانت التكلفة قليلة كلما سمح للباحثين باستعمال عدد كبير من المجاذير، وذلك لتلبية الحاجيات الإحصائية المهمة في مثل هذه الأبحاث .

أما بالنسبة لطرق القياس فتختلف باختلاف القياسات المراد إجراؤها لحساب مختلف أطوال الجذر ، أو قطره ، أو كثافة الجذور ،وبعضها استخدمت لتحويل قياسات طول الجذر بالمجذر إلى تقديرات إنتاج الكتلة الجذرية في وحدة مساحة أرض .

عبر الوقت استعملت نتائج المجاذير، وطرق القياسات في الوصول إلى نماذج الجذور، وآليات الهندسة الجذرية لمختلف الأنواع النباتية المدروسة.

أسهم التطور في آلات التصوير الرقمية في الحصول على نتائج دقيقة عن نمو الجذور وتوزعها في التربة، وتدارك النقائص عبر فترات البحث، كما ساهم إنشاء برامج لمعالجة وتحليل صور الجذور وتحسينها في جمع وتخزين ومعالجة البيانات المحصل عليها، وتوفير قاعدة بيانات ذات فائدة كبيرة دراسة طرق تشكل الجذور، وهندسة النظم الجذرية.

المراجع باللغة العربية:

عبد العظيم كاظم محمد . 1975 . علم فسلجة النبات . مطابع جامعة الموصل مديرية مطبعة الجامعة . ص888-890

معروف عبد الرزاق.2001.الموثق : قاموس في علم النبات (عربي – انجليزي– فرنسي). دار الغرب للنشر والتوزيع . وهران . 298 ص .

المراجع باللغة الأجنبية :

ANNA.AMTMANN.EZ Rhizo User manual .FBLS, University of Glasgow, UK

BÖHM .W., MADUAKOR H. and TAYLOR H. M., 1977.Comparison of Five Methods for Characterizing Soybean Rooting Density and Development. *Agronomy Journal*, **69,**pp. 415-419.

REWALD.B and EPHRATH .J., 2013. Minirhizotron Techniques .Taylor & Francis Group, LLC

GIORGI C V.. PONZIO and NERI. D., 2010 . Olive Root Growth with Different Organic Matters .Proc. Organic Fruit Conference Eds.: R.K. Prange and S.D. BishopActa Hort. 873,pp. 123-128

GORENFLOT R., 1983. BIOLOGIE VEGETALE .T1, Appareil vegetatif . ed Masson, Paris.

HARRIS. J.R. and FANELLI .J., 1999.Root and Shoot Growth Periodicity of Pot-in-Pot Red and Sugar Maple. *J. Environ. Hort.***17(2)**,pp.80–83.

HECKMAN J. R. and STRICK J. E.,1996. Teaching Plant-Soil Relationships with Color Images of Rhizosphere pH. J. Nat. ResourL. ife Sci. Educ., Vol. 25, no1, pp. 13–16.

HUCK M. G. and TAYLOR H. M., 1982. The rhizotron as a tool for root research *Advances in Agronomy*, VOL 35, pp. 1-35.) in JORDAN M.O., 1991.Les rhizotrons peuvent-ils être utilisés pour l'étude de la ramification des racines primaires nodales du maïs (*Zea mays L.*) ?. Agronomie 12, pp. 3-14.

JAMES .B.R ., BARTLETT R. J. and AMADON J. F., 1985.A root observation and sampling chamber (rhizotron)for pot studies. *Plant and Soil*,**85**, PP. 291-293

JORDAN M.O., 1991. Les rhizotrons peuvent-ils être utilisés pour l'étude de la ramification des racines primaires nodales du maïs (*Zea mays* L.) ?.*Agronomie***12**, pp. 3-14.

PAGES.L et al.2004.Root Typ: a generic model to depict and analyse the root system architecture. Plant and Soil 258, pp. 103–119

METCALFE.D. B., MEIRP. and WILLIAMS.M., 2007.A comparison of methods for converting rhizotron root length measurements into estimates of root mass production per unit ground area. Plant Soil, DOI 10.1007/s11104-007-9447-6

KARL.M.G and DOESCHER.P.S.,1991. Monitoring roots of grazed rangeland vegetation with the root periscope/mini-rhizotron technique. journal of Range Management 44(3), pp. 296–298

PAN.W.L., BOLTON.R.P., LUNDQUISTE.J. and HILLER L.K.,1998. Portable rhizotron and color scanner system for monitoring root development. *Plant and Soil,***200,** pp.107–112

HARRIS .R.J. and FANELLI J..,1999. Root and Shoot Growth Periodicity of Pot-in-Pot Red and Sugar Maple.*J. Environ. Hort. 17(2)*,pp.*80–83*

TENNANT D., 1975. A Test of a Modified Line Intersect Method of Estimating Root Length. Department of Agriculture, South Perth,

VEGAPAREDDY. M., RICHTER G. M. and GOULDING K. W. T..,2010. Using digital image analysis to quantify the architectural parameters of roots grown in thin rhizotrons. Plant Biosystems, Vol. 144, No. 2, pp. 499–506

WALUYO. S. H., LIE T. A. and MANNETJE L., 2004.Effect of phosphate on nodule primordia of soybean (*Glycine max Merrill*) in acid soils in rhizotron experiments . *Indonesian Journal of Agricultural Science***5(2)**,pp.37-44 WesternAustralia6151,pp . 995-1001.

WIESE A. H., RIEMENSCHNEIDER D. E. and ZALESNY R. S., 2005.An Inexpensive Rhizotron Design for Two Dimensional, Horizontal Root Growth Measurements .*Tree Planters' Notes*,pp.40-46

ملخص

هذا البحث عبارة عن استعراض نظري لجهاز مهم وأساسي للأبحاث حول جذور النباتات الا وهو المجذر Rhizotron . نعرض خلاله مجمل أنواع المجاذير المستعملة في دراسة نمو وتطور الجذور بالتطرق إلى تركيبها واستعمالاتها ، وتطبيقاتها المحتملة .

نجد أنواع متعددة من المجاذير المقترحة من طرف باحثين عدة ، حيث تختلف الأنواع باختلاف الاستعمالات . فنجد منها ما يستعمل لأغراض بيداغوجية ، كما نجد أخرى موجهة لأغراض بحثية بحتة . وكان لتطور الأجهزة الرقمية الدور الكبير في هذا المجال بتوفير صور عالية الدقة يمكن استخدامها في برامج معاجة الصور . هاته البرمجيات في تطور مستمر لإظهار معطيات أكثر عن الجذور .

وقد تطرقنا في نهاية هذا العمل إلى الطرق الكثيرة المستعملة في قياسات الجذور والتي تعطي فكرة عن كيفيات وطرق نمو الجذور وتطورها والمعايير المستعملة لدراستها .

الكلمات المفاتيح :المجذر ، جذور ، طرق القياسات .

Abstract

This work is a bibliographic presentation of an important and fundamental device for research on the plants roots field, which is a Rhizotron. We present all the types of rhizotrons used in the study of the growth and roots development of by addressing the structure and uses, and potential applications.

We found several types of rhizotrons proposed by several researchers, where the type vary according to uses. Some of them are used for pedagogic purposes, others are for purely research purposes. The development of digital devices played a major role in this field by providing high-resolution images that can be used in image-processing programs. This software are constantly evolving to show more data about roots.

Finally, we discussed the methods which are used in root measurements, which give an idea of the ways and methods of growth and development of roots .

Keywords: rhizotron, roots, methods of measurements .