

﴿ الباب الثامن ﴾

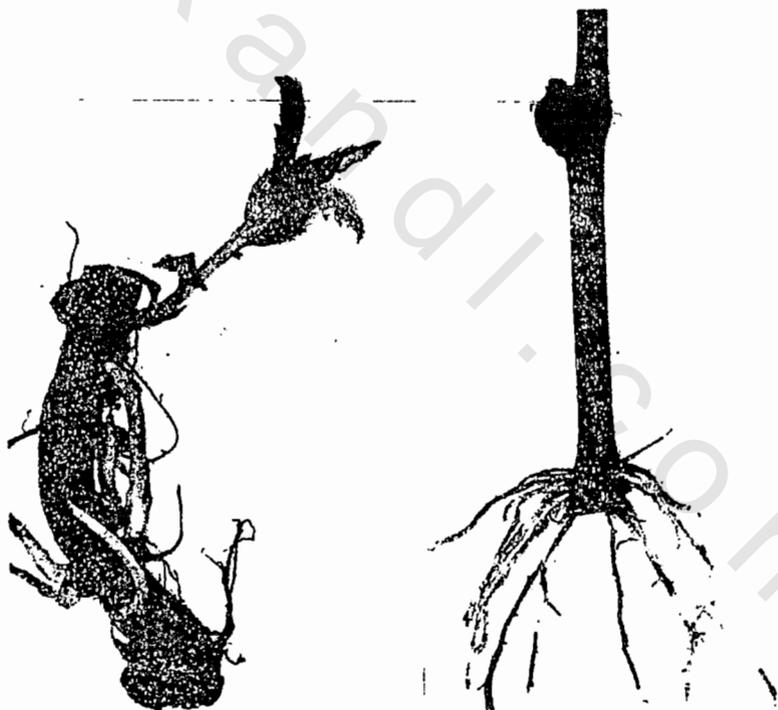
الأسس الفسيولوجية والتشريحية
للتكاثر بالعقل

obeikandi.com

الأسس الفسيولوجية والتشريحية

للتكاثر بالعقل

يحتاج نجاح التكاثر بالعقل الساقية إلى تكوين مجموع جذرى ، حيث أن المجموع الخضرى ينشأ من البراعم التى توجد على هذه العقل . ويحتاج نجاح التكاثر بالعقل الجذرية إلى تكوين مجموع خضرى من براعم عرضية على هذه العقل . ومن حسن الحظ فإن كثيراً من الخلايا فى أنسجة النبات لها القدرة على أن تعود إلى الحالة المرستيمية وتكوين المجموع الجذرى والمجموع الخضرى وبذلك يكون التكاثر بالعقل ممكناً (شكل ١٤) .



شكل ١٤ : نمو الجذور والأفرخ من العقل الساقية والعقل الجذرية على التوالي :
يمين : جذور عرضية نامية من عقل ساقية . يسار : أفرخ عرضية نامية من عقل جذرية .

تكوين الجذور على العقل :

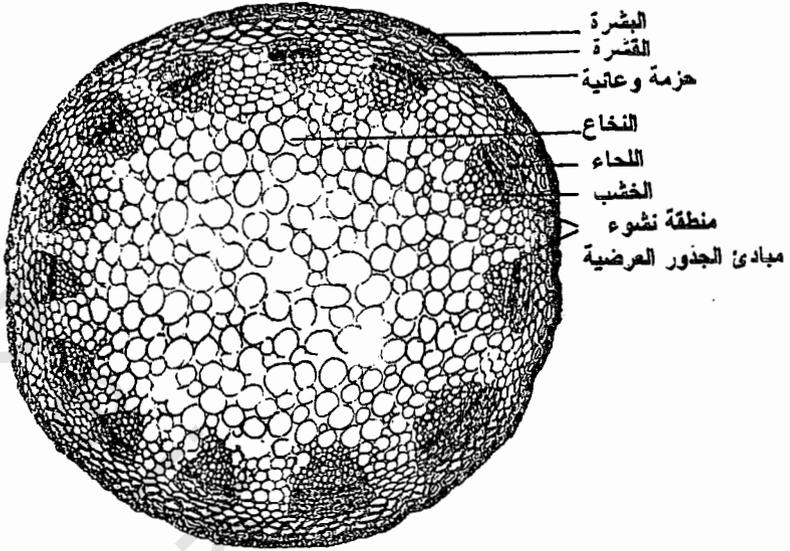
العقل الساقية :

يلزم معرفة التركيب التشريحي للساق حتى يمكن تفهم منشأ الجذور العرضية .

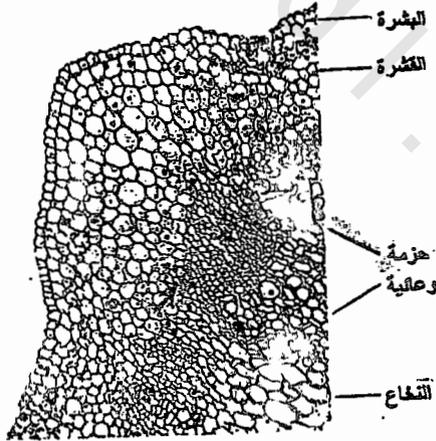
تكوين مبادئ الجذور :

تتكون الجذور العرضية في معظم النباتات بعد عمل العقل ، وعموماً تنشأ الجذور العرضية في العقل الساقية من مجاميع الخلايا التي توجد بين الحزم الوعائية والتي لها القدرة على أن تتحول إلى مرستيمية ، هذه الخلايا تنقسم مكونة مجاميع الجذور ويستمر انقسام هذه الخلايا وسرعان ما تكون كل مجموعة منها قمة جذر ، وتتكون أنسجة وعائية في مبادئ الجذر الجديدة ، وهذه تتصل بالحزم الوعائية المجاورة . ويستمر نمو قمة الجذور إلى الخارج في القشرة والبشرة إلى أن تظهر على الساق مكونة زاوية قائمة معها ، أي أن الجذور العرضية على السوق تنشأ داخل أنسجة الساق وتتمو إلى الخارج وتنشأ مبادئ الجذور في السوق الصغيرة السن بالقرب من الجانب الخارجي للحزم الوعائية ، بينما في السوق الأكبر سناً فمنشأ الجذور يكون عادة قريباً من الكميوم الحزمي (شكلى ١٥ و ١٦) . وفي العقل التي تؤخذ من النباتات الخشبية المعمرة ، حيث توجد طبقة أو أكثر من الخشب واللحاء الثانويين فإن الجذور تنشأ غالباً في أنسجة اللحاء الثانوي الحديثة التكوين وفي بعض الأحيان قد تنشأ هذه الجذور كذلك من الأنسجة المختلفة مثل الأشعة النخاعية أو الخلايا البرانشيمية أو النخاع .

ويوضح شكلى (١٧ ، ١٨) مناطق تكوين الجذور العرضية في العقل الساقية للدخان والبرقوق .



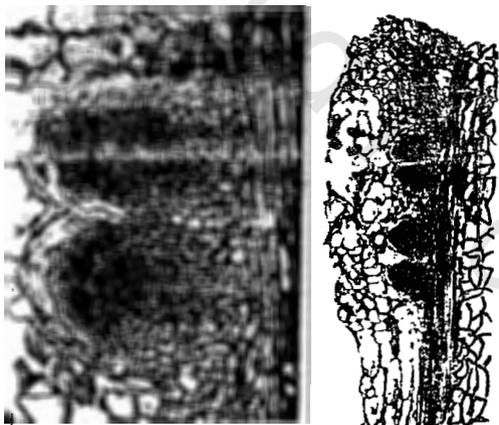
شكل ١٥ : قطاع عرضي في ساق عشبي من نوات الفلقتين
يوضح منطقة نشوء مبادئ الجذور العرضية



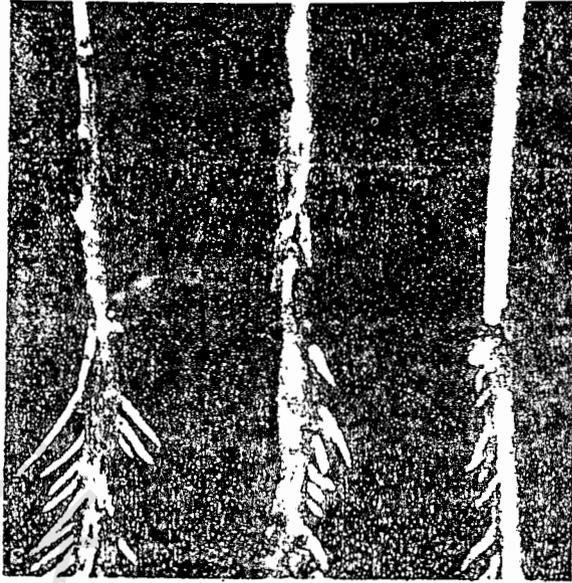
شكل ١٦ : جزء من قطاع عرضي في ساق كرز انثيم
تشير الأسهم إلى بادئ جذر في طور مبكر جداً
يوضح العلاقة الوثيقة بين تكوين مبادئ الجذور والحزم الوعائية

ويختلف الوقت الذي يبدأ فيه تكوين مبادئ الجذور بعد زراعة العقل ، ففي إحدى التجارب على بعض نباتات الربيعة ، أمكن رؤية مبادئ الجذور بالميكروسكوب بعد ٣ ، ٥ ، ٧ يوم على التوالي في الأراولة والقرنفل والورد ، كما وجد أيضا أن الجذور تظهر على الساق بعد عشرة أيام في الأراولة ، وبعد ثلاثة أسابيع في كل من الورد والقرنفل .

في بعض النباتات قد تتكون مبادئ الجذور أثناء نمو الأفرع على النبات كما في السفرجل وبعض أصناف التفاح ، وعند أخذ عقل ساقية من هذه النباتات تكون مبادئ الجذور موجودة أصلا بها وتسمى *Preformed Root Intials* وعادة تبقى مبادئ الجذور هذه ساكنة إلى أن تعمل العقل وتزرع تحت الظروف المناسبة لنمو هذه المبادئ وخروجها من الساق كجذور عرضية .



شكل ١٧ : نمو جذور عرضية في ساق الدخان يلاحظ نشوء مبادئ الجذور في منطقة الكميوم
مجموعة من أربعة مبادئ جذر النخاع إلى اليسار والقشرة إلى اليمين
منظر مكبر من بادئ (إلى يمين الصورة) يوضح الخشب إلى اليسار واللحاء إلى اليمين



شكل ١٨ : تكوين الجذور العرضية في عقل البرقوق الساقية
 لاحظ أن الجذور تتكون طوليا في صفوف تظهر مباشرة أسفل البراعم



شكل ١٩ : أ - انتقاقات Burr Knots على أفرع مسنة نوعا في السفرجل •
 ب - تكوين الجذور العرضية بسهولة على هذه الانتقاقات •

وفي الأشجار المسنة لبعض أصناف التفاح والسفرجل ، فإن مبادئ الجذر المتكونة أصلا تسبب انتفاخات على الأفرع ، وهذه الانتفاخات تسمى Burr knots (شكل ١٩) ووجود هذه الانتفاخات يساعد على نجاح التكاثر بالعقل الساقية ، فلو حظ أن عقل السفرجل التي أخذت من خشب عمره سنة بكعب من خشب عمره سنتين تكون نسبة نجاحها أعلى بكثير من العقل التي أخذت بدون كعب ويعزى إلى احتواء الكعب على مبادئ جذر متكونة أصلا ووجود مبادئ الجذور المتكونة أصلا ليس ضروريا لسرعة تكوين الجذور ، فمعظم أصناف العنب تثبت عقلها بسهولة وبسرعة بالرغم من عدم وجود هذه المبادئ المتكونة أصلا .

الكلس :

في بعض الأحيان وبعد زراعة العقل تتكون طبقة من الكلس عند قاعدة العقل من كتلة غير منتظمة من خلايا برانشيمية ملجننة بدرجات مختلفة من الكلس من الكميوم الحزمي واللحاء المجاور ، وقد يتكون كذلك من خلايا القشرة والنخاع ، وفي معظم الأحيان يظهر الجذر الأول من الكلس ، مما أدى إلى الاعتقاد أن تكوين الكلس ضروري لتكوين الجذور ، والحقيقة أن تكوين الجذور وتكوين الكلس يكون مستقلا عن الآخر تماما ، إلا أن العوامل التي تؤدي إلى تكوينهما ، داخلية كانت أو بيئية ، تكون متشابهة . وتكوين الكلس قد يكون مفيدا في النباتات التي تتكون الجذور على عقلها بصعوبة ، لأنه يعمل في هذه الحالة كطبقة واقية تؤخر من تعفن وتلف العقل ، ومن جهة أخرى فطبقة الكلس في بعض الحالات قد تعوق امتصاص العقل للماء .

العقل الجذرية :

يحتاج نجاح التكاثر بالعقل الجذرية إلى تكوين أفرخ عرضية ، وفي بعض الحالات جذور عرضية ، وفي كثير من النباتات تتكون البراعم العرضية على جذر النبات وخاصة إذا جرح الجذر ، ويلاحظ أن تكوين جذور جديدة يكون أصعب بكثير من تكوين براعم عرضية ويكون منشأ الجذور الجديدة على العقل

الجزرية من مبادئ جذر ساكنة توجد فى أفرع الجذر المسنة والتي قد توجد فى العقل المستعملة . كذلك قد تنشأ مبادئ الجذر فى منطقة الكمبيوم الحزمى .

وتكوين الأفرخ الخضرية على العقل الجزرية يحدث بطرق مختلفة ، ويتوقف على نوع النبات ، وفى معظم الحالات تتكون الأفرخ أولاً ثم تتكون الجذور . وفى بعض النباتات يتكون المجموع الجذرى أولاً ، ثم يبدأ تكون الأفرخ بعد ذلك . وفى الأنواع الأخرى لا توجد قاعدة واحدة فبينما نجد فى بعض الأفراد أن تكوين الجذور يسبق تكوين الأفرخ ، نجد فى أفراد أخرى أن تكوين الأفرخ يسبق تكوين الجذور ، وفى بعض الأنواع قد تتكون الجذور فقط أو قد تتكون الأفرخ فقط ، أو قد لا تتكون جذور ولا أفرخ وفى هذه الحالات تموت العقل الجزرية .

وتتشابه العقل الجزرية والعقل الساقية فى أن العقل التى تؤخذ من أشجار بذرية صغيرة السن Juvenile تكون نسبة نجاحها أعلى من مثيلاتها المأخوذة من أشجار مسنة mature ويجب مراعاة أنه ليس من الضرورى أن تكون النباتات الناتجة من العقل الجزرية صادقة لنوعها كما هو الحال فى جذور النباتات التى بها كيميما محيطية وفى هذه الحالة تكون خلايا الطبقة الخارجية للعقل الجزرية مختلفة فى تركيبها الوراثى عن خلايا الأنسجة الداخلية وبالتالي تكون النباتات الناتجة من مثل هذه العقل الجزرية مختلفة عن آبائها ، وفى Thornless Loganberry تكون النباتات الناتجة من العقل الساقية عديمة الأشواك ، بينما النباتات الناتجة من العقل الجزرية التى بها كيميما محيطية تكون شوكية .

واستعمال المواد الشبيهة بالهرمونات لا يؤثر على نجاح التكاثر بالعقل الجزرية مثلما يؤثر فى العقل الساقية ، أو بعبارة أخرى فاستعمال المواد الشبيهة بالهرمونات يكون له تأثير منشط على تكوين الجذور العرضية فى العقل الساقية ، وعلى العكس يكون له تأثير مثبط أو مانع لنمو البراعم العرضية فى العقل الجزرية .

الأسس الفسيولوجية لتكوين الجذور على العقل :

من الثابت أنه توجد تركيزات معينة من الهرمونات والمركبات الكيماوية فى أنسجة النبات تكون مناسبة لتكوين الجذور العرضية على العقل ، وهناك أبحاث كثيرة لتقدير هذه العلاقة .

ويعرف الهرمون النباتى بأنه مادة عضوية ، تتكون من أنسجة النباتات الراقية وتنظم نشاطها الفسيولوجى ، وينتشر الهرمون من مكان بنائه إلى الأنسجة الأخرى حيث تظهر فاعليته بتركيزات ضئيلة جدا .

ويوجد 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 كبير على النمو ومظاهر النشاط الفسيولوجى المختلفة فى النبات .

وتوجد مجاميع متعددة من الهرمونات النباتية وهى :

- ١- الأوكسينات Auxins
- ٢- هرمونات الجروح Traumatic acid or wound hormones
- ٣- الكالينات Calines
- ٤- هرمونات التكاثر Reproductive hormone or florigen
- ٥- الفيتامينات

الأوكسينات :

تلعب الأوكسينات دورا فعالا فى نشاط النبات مثل نمو الساق وتكوين الجذور وتثبيط نمو البراعم الجانبية وسقوط الأوراق والثمار ونمو الثمار وتنشيط خلايا الكميوم وغير ذلك من مظاهر النشاط الحيوى للنبات .

وقد اختلف مدلول لفظ الاوكسينات باختلاف الباحثين . أما الأكثر شيوعاً فهو اعتبار الاوكسينات مواد عصبية تنشط النمو في اتجاه المحور الطولى ، فى الظروف المناسبة للإستزالة . اذا أعطيت جرعات ضعيفة إلى الأعضاء التى تحتوى على تركيزات ضعيفة من هذه المواد ، والمراد بعبارة تركيزات ضعيفة هو عادة ما قل تركيره عن ١٠ ١٠ جريء .

وتوجد عدة مركبات تركيبية أى صناعية لها فاعلية الأوكسينات الطبيعية على النبات ، كما تتشابه معها فى التركيب الجزيئى . أما أكثر هذه المواد شيوعاً فهو حمض الإندول خليك وحمض ألفا نفتالين خليك وحمض الإندول بيوترك ، ٢ : ٤ ثنائى فينوكسى خليك ، وحمض ألفا نافثوكسى خليك .

وتتكون الأوكسينات الطبيعية فى النبات فى الأنسجة المرستيمية القمية للأجزاء الهوائية ، مثل البراعم المنتفخة والأوراق الصغيرة والأزهار أو النورات أو أعناق الأزهار النامية وتنتقل الأوكسينات المختلفة فى النبات من القمة إلى القاعدة ، ولكن إذا عولمت أجزاء النبات بتركيزات عالية من الأوكسينات الصناعية مثل نقع قواعد العقل فى محلول حمض الإندول بيوترك فهذا قد يؤدى إلى انتقال هذه المواد ربما عن طريق الخشب .

ومن أهم الأبحاث المختلفة ظهرت عدة تطبيقات لهذه المواد الهرمونية ومنها تنشيط تكوين الجذور على العقل .

أهمية الأوكسينات فى تكوين الجذور :

المعروف منذ سنين عديدة أن وجود البراعم على العقل يساعد على تكوين الجذور . كذلك ينشط تكوين الجذور فى وجود البراعم النشيطة أكثر مما فى البراعم الساكنة وكذلك فى وجود الأوراق خاصة الصغيرة السن . وقد ساد الاعتقاد بعض الوقت أن البراعم والأوراق الصغيرة تفرز مادة منشطة لتكوين الجذور العرضية على العقل . وقد ثبت بعد ذلك أن الأوكسينات تنشط تكوين الجذور العرضية فى العقل الساقية (Went سنة ١٩٤٣ Went, Thimann سنة

١٩٣٤) . ومن التجارب المختلفة التي استعمل فيها مستخلصات حبوب اللقاح وبعض المنتجات النباتية الأخرى مثل بيرة فطر Rhizopus ، وجميعها غنية في الأوكسين الطبيعي ، أمكن استنتاج أن هناك هرمونات معينة تشجع تكوين الجذور ، وأن هذه الهرمونات توجد مع الأوكسينات ، كذلك وجد أن درجة التأثير على تكوين الجذور مماثل تماما أو قريب الشبه جدا من الأوكسين . وقد ثبت أن حمض الإندول خليك يتكون طبيعيا في النبات ، وله أثر فعال في تنشيط تكوين الجذور ، وثبت أيضا أن المركب المحصر صناعيا منه ، له نفس التأثير . ومن ذلك أمكن معرفة أن أحد هرمونات الجور على الأقل يشابه الأوكسين الطبيعي .

وهناك عدد من الأوكسينات الصناعية لها نفس تأثير حمض الإندول خليك على تشجيع تكوين الجذور العرضية على العقل الساقية ، وأكثر هذه المواد تأثيرا على تشجيع تكوين الجذور هي حمض الإندول بيوترك وحمض ألفا نفتالين خليك .

ولما كانت معاملة أنسجة الساق بالأوكسين تسبب تكون الجذور في عدد كبير من النباتات ، لذلك يبدو أن تركيز الأوكسين (طبيعيا أو صناعيا) الموجود بالأنسجة له صلة وثيقة بتكوين مبادئ الجذور . ولقد ثبت من التجارب على ساق نبات الدخان ، أنه إذا كان تركيز الأوكسين عالى نسبيا ، فإنه يشجع تكوين الجذور ويمنع تكوين البراعم العرضية . وثبت أيضا أنه عندما تزداد كمية المكونات الأخرى مثل Adenine أو Kinetin (6-Furfuryl adenine) فإنها تشجع تكوين البراعم العرضية وتمنع تكوين الجذور . ووجد أيضا أنه عندما كان الأوكسين والإندين موجودان بتركيز واحد تقريبا فهذا يشجع تكوين الكلس بينما لا تتكون الجذور والبراعم . وفي العقل الجذرية كذلك فإن تكوين الأفرخ والجذور يكون مرتبطا تماما بتركيز الأوكسين . ومن التجارب على نبات Dandelion ، Chicory وجد أن تركيز الأوكسين في قمة العقلة الجذرية يكون أقل منه عند القاعدة ، وكذلك تتكون الأفرخ عند القمة وتتكون الجذور عند القاعدة ، هذا بغض النظر عن اتجاه العقلة بالنسبة للجاذبية ، وإذا زيد تركيز

الأوكسين بطول العقلة الجذرية صناعيا فهذا يشجع تكوين الأفرخ عند القمة والقاعدة ، من ذلك يظهر أن الأساس الفسيولوجي لتكوين مبادئ الجذور ربما يتوقف على تركيز الأوكسين في الأنسجة ، أو يتوقف على مدى التوازن الموجود بين الأوكسين وبعض المكونات النباتية الأخرى مثل الكينتين والأدينين .

الكالينات :

افترض Went (١٩٣٨) وجود مجموعة من الهرمونات في النباتات يطلق عليها الكالينات وهي :

- ١- Rhizocaline ويتم تجهيزه في الأوراق وهو لازم لتكوين الجذور .
- ٢- Caulocaline ويخلق في الجذور ولكنه لازم لاستطالة الساق .
- ٣- Phyllocaline ويصنع أو يختزن ، على الأقل ، في الفلقات وهو لازم لنمو الأوراق .

ويتكون الـ Rhizocaline في الأوراق وفي وجود الضوء فقط وضروري لتكوين الجذور ، وافترض أن هذه المادة تتجمع في قاعدة العقل تحت تأثير الأوكسين ويتسبب عنها تكوين الجذور . هذا الافتراض يتمشى مع ما افترضه Sachs (١٨٨٠) من وجود مواد تتكون في الأوراق وتنتقل إلى قاعدة الساق وتشجع تكوين الجذور .

وقد لاحظ Van Der Lek (١٩٢٥) أن البراعم النامية بقوة تشجع تكوين الجذور في العقل في بعض النباتات مثل الصفصاف والهور والعنب ، وعلى هذا الأساس افترض وجود بعض المواد الشبيهة بالهرمونات تتكون في البراعم النامية وتنتقل داخل اللحاء إلى قواعد العقل حيث تشجع تكوين الجذور ، ومن ناحية أخرى لاحظ أن وجود البراعم غير ضروري دائما لتكوين الجذور حتى في الأنواع التي لا تتكون بها مبادئ جذور قبل فصلها من النبات ، ففي العنب لا توجد مبادئ جذور في العقل ، وعلى الرغم من ذلك تتكون الجذور على العقل التي أزيلت براعمها كما في العقل التي تستعمل أصول ، وهذه طريقة شائعة الاستعمال بالرغم من أن العقل التي أزيلت براعمها تكون جذورا بصعوبة عن مثيلاتها التي لم تزال براعمها .

وتوجد مركبات تتكون طبيعياً في النبات ، خلاف الأوكسين ، ضرورية لتكوين الجذور ، ولكن لم يمكن فصلها عن النبات ، هذه المركبات توجد بكثرة في بعض النباتات وبقلة في البعض الآخر ، هذه المركبات أمكن إثبات وجودها بالتجربة ، فعولمت عقل التفاح وعقل الليمون الأضاليا بالأوكسين ، ثم أجرى تحليل هذه العقل لتقدير كمية الأوكسين بها ، ووجد أنه لا توجد فروق تذكر في كمية الأوكسين في النوعين من العقل بالرغم من أن جميع عقل التفاح لم تكون جذورا ، بينما عقل الليمون كونت جذورا . ومن ذلك افترض وجود مواد داخل النبات ، لم يمكن تعريفها بعد ، تساعد على تكوين الجذور ، هذه المواد لا توجد في التفاح بينما توجد في الليمون الأضاليا وهذه المواد ربما تكون هي الـ Rhizocalines وحصل كل من Thimann (١٩٣٤) و Delisle (١٩٣٩) على نتائج مماثلة من تجاربهم على بعض نباتات معراة البذور المستديمة الخضرة كذلك أمكنهم استنتاج أن هذه المواد ربما توجد بكثرة في النباتات الصغيرة السن كشتلات البزيرة التي عمرها سنة ، وهذا الافتراض قد يفيد في تـ ير ظاهرة Juvenility من حيث علاقتها بتكوين الجذور على العقل الساقية .

ومن تجارب Van Overbeek وآخرون (١٩٤٥-١٩٤٦) على عقل نبات الـ Hibiscus أمكن استنتاج وجود مادة أو أكثر ، بالإضافة إلى الأوكسين ، ضرورية جدا لتكوين الجذور ، هذه المادة أو المواد تأتي من الأوراق ، ولكنها ليست Rhizocaline حيث حصل على نفس التأثير سواء في الظلام أو الضوء ، كما أن تأثير الأوراق أمكن الاستعاضة عنه بمركبات كيميائية معروفة مثل السكروز مع الأرجينين أو السكروز مع كبريتات الأمونيوم .

ووجد Went (١٩٣٤) من تجاربه على البسلة ، أنه لا بد من وجود برعم واحد على الأقل على العقلة ليساعد على تكوين الجذور ، وإلا فلا تتكون الجذور ، بالرغم من معاملتها بالأوكسين ، وهذا دليل آخر على وجود مادة أخرى ، غير الأوكسين ، تتكون في البراعم ولازمة لتكوين الجذور .

ومن الواضح أن الأوكسين ما هو إلا مركب من مركبات كثيرة ضرورية لتكوين الجذور ، والريزوكالين ربما يكون واحدا من هذه المركبات ، وعموما فإنه من الثابت أن الأوراق أو البراعم أو هما معا هي مصدر هذه المواد ويمكن تقسيم النباتات إلى ثلاثة مجاميع من حيث علاقتها بالمواد التي تنشط تكوين الجذور :

١- مجموعة النباتات التي تحتوى الأفرخ فيها على المواد المختلفة ، ومنها الأوكسين ، واللازمة لتكوين الجذور . هذه النباتات إذا أخذ منها عقل وزرعت تحت الظروف البيئية المناسبة ، تتكون جذورها بسرعة وبدرجة كبيرة .

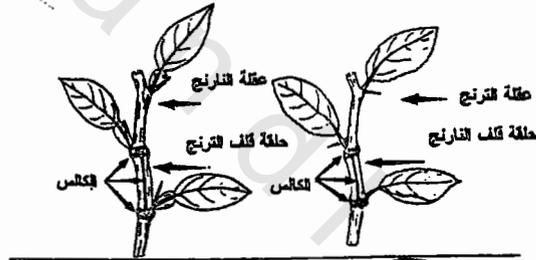
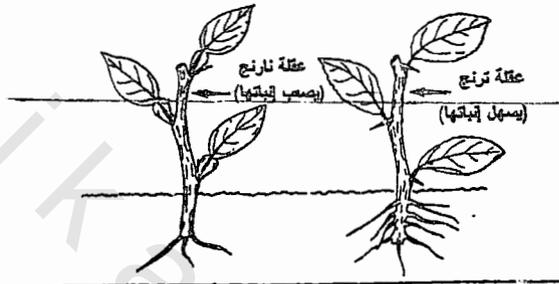
٢- مجموعة النباتات التي تحتوى على المواد الداخلية اللازمة لتكوين الجذور ، سواء كانت ذات طبيعة هرمونية ، أو غذائية ، ولكن ينقصها الأوكسين ، وبإضافة الأوكسين فإنه يشجع تكوين الجذور بسرعة وبدرجة كبيرة .

٣- مجموعة النباتات التي ينقصها عامل أو أكثر من العوامل الداخلية ، سواء كان ذات طبيعة هرمونية أو غذائية أو هما معا ، بينما الأوكسين الطبيعى قد يوجد بكمية كافية ، واستعمال الأوكسين فى هذه الحالة يكون له تأثير ضئيل جدا أو يكون عديم التأثير على نجاح العقل . وذلك لنقص عوامل أخرى ، غير معروفة ، ومشجعة لتكوين الجذور .

التركيب التشريحي للساق وعلاقته بتكوين الجذور :

على الرغم من أن صعوبة أو سهولة تكوين الجذور العرضية على العقل يمكن تفسيره على أسس فسيولوجية ، إلا أنه يجب أن نأخذ فى الاعتبار علاقة التركيب التشريحي للساق بتكوين الجذور ، وعلى سبيل المثال ، يوجد فى بعض النباتات مبادئ جذور متكونة أصلا فى الساق قبل عمل العقل ، وفى نباتات أخرى فإن تكوين الجذور يتبع نظام خاص يتمشى مع التركيب التشريحي للساق ، وهذا واضح فى العنب حيث الجذور العرضية على العقل الشاقية تظهر فى صفوف رأسية بطول الأشعة النخاعية الأولية التى تنشأ منها الجذور ، أى بطول السلامة .

توجد بعض أنواع معينة من تركيب الساق أو النسيج تكون مناسبة جدا لتكوين الجذور وبدرجة أحسن من غيرها ، وهذا واضح فى الترنج حيث ينتج جذورا بكثرة بطول الساق بعد وقت قصير من زراعة العقلة ، بينما النانرج يكون جذورا قليلة عند قاعدة العقلة بعد الزراعة بعدة أسابيع ، ووجد أنه إذا أخذت حلقة من القلف من ساق نانرج طعمت على ساق ترنج بالبرعمة الحلقية ، وبالعكس أخذ حلقة ترنج وطعمت على ساق نانرج وتركت الطعوم إلى أن يتم الالتحام (يراعى أن الأفرع المطعمة لا زالت متصلة بالأم) فإذا أخذت عقل ساقية محتوية على القلف الجديد عند القاعدة ، فإن تكوين الجذور يطابق تماما ما يحدث فى النباتات الأصلية غير المطعمة بحلقة من القلف (شكل ٢٠) فعقلة النانرج المحتوية على حلقة من قلف الترنج كونت جذورا بسهولة وبكثرة على قلف الترنج ، والعكس غير صحيح فى عقل الترنج المحتوية على حلقة من قلف النانرج عند القاعدة ، ولكن يتضح أن تكوين الجذور له علاقة وثيقة بالتركيب التشريحي لحلقة قلف النانرج التى يصعب فيها تكوين جذور ، بالرغم من تطعيمها على ساق ترنج ، ويمكنها أن تحصل على ما تحتاج إليه من هرمونات أو مواد غذائية أخرى من أوراق الترنج ، تفشل فى تكوين الجذور ، من ذلك يتضح أن تكوين الجذور العرضية فى أى نبات معين ، ربما يكون له علاقة كبيرة بعوامل وراثية معينة فى الخلايا نفسها ، وليس متعلقا بهرمونات النمو أو المواد الغذائية الأخرى المنشطة لتكوين الجذور ، ومن المحتمل جدا أنه يحدث تداخل بين عوامل خاصة داخل الخلية نفسها غير قابلة للانتقال ، وعوامل أخرى قابلة للانتقال مثل هرمونات الجذور والمركبات الغذائية الأخرى ، هذا التداخل يؤدي إلى ظهور حالات داخل النبات تناسب أو لا تناسب تكوين الجذور العرضية .



شكل ٢٠ : ملاءمة التركيب التشريحي لتكوين الجذور العرضية في الترنج وال نارنج

العوامل التي تؤثر على تكوين الجذور على العقل :

يوجد اختلاف كبير بين أنواع النباتات المختلفة وكذا بين أصناف النوع الواحد من حيث مدى نجاح تكاثرها بالعقلة . ويصعب التنبؤ بمدى نجاح تكاثر سلالة معينة بالعقلة ، وعلى الرغم من أن العلاقة النباتية تعطى فكرة عن ذلك ، إلا أنه يجب التأكد من ذلك بالتجربة لكل سلالة على حدة . وهناك أصناف لا ينجح تكاثرها إطلاقا بالعقلة تحت الظروف العادية ، بينما توجد أصناف معينة يمكن أن تتكاثر بصعوبة بالعقلة ، وهذه تحتاج إلى إجراء معاملات خاصة وكذا توفير العوامل المناسبة . وهذه العوامل يمكن تلخيصها فيما يلي :

١- الحالة الغذائية للنبات الأم :

تدل الأبحاث المختلفة أن الحالة الغذائية للنبات الأم تؤثر بدرجة كبيرة على العقل الساقية المأخوذة من هذه النباتات ، ففي الطماطم وجد Kraybill, Kraus (١٩٢٨) ، أن العقل الساقية (مصفرة اللون) المأخوذة من نباتات بها مواد كربوايدراتية عالية وأزوت منخفض ، أنتجت جذورا كثيرة ، ولكن الأفرخ المتكونة كانت ضعيفة . بينما العقل (مخضرة اللون) المأخوذة من نباتات بها كمية كافية من المواد للكربوايدراتية وأزوت عالي ، أنتجت جذورا قليلة ، وأفرعا قوية النمو ، إذا قورنت بالحالة السابقة ، أما العقل الغضة (خضراء اللون) المأخوذة من نباتات بها مواد كربوايدراتية قليلة وأزوت عالي ، لم تتجح زراعتها مطلقا .

ويمكن اختيار الأفرع المناسبة والمحتوية على كمية كافية من المواد الكربوايدراتية وذلك لعمل عقل منها ، على أساس متانة هذه الأفرع ، فالأفرع الفقيرة في المواد الكربوايدراتية تكون طرية وسهلة الالتواء ، بينما الأفرع الغنية في المواد الكربوايدراتية تكون متينة وقوية وتتكرر دون أن تتثنى . ويجب عدم الخلط بين هذه الأفرع المتينة والأفرع الناضجة القوية نتيجة لنضج الأنسجة الناتج من الزيادة في السمك والخلايا الملجئة .

والطريقة الدقيقة لتحديد الأفرع المناسبة لعمل العقل بالنسبة لما تحويه هذه الأفرع من النشا ، هي عمل اختبار اليود ، حيث تغمس النهايات المقطوعة حديثا للعقل فى محلول من اليود فى يوديد البوتاسيوم بتركيز ٢٠ر٠% لمدة دقيقة . والعقل التى تحتوى على نشا أعلى يكون لونها أدكن من العقل التى تحتوى على نشا أقل . وعلى هذا الأساس يمكن تقسيم العقل على أساس النشا الموجود إلى عقل ذات محتوى عالى وعقل ذات محتوى متوسط وعقل ذات محتوى منخفض من النشا ، ومن التجارب التى أجريت على العنب (Winkler - ١٩٢٧) ، وجد أن ٦٣% من العقل ذات المحتوى العالى من النشا كونت جذورا ، وكانت هذه النسبة ٣٥% فى العقل ذات المحتوى المتوسط من النشا ، ١٧% فى العقل ذات المستوى المنخفض من النشا .

ووجد أن العقل التى تعمل من نباتات نامية فى أوانى كالكباصى والبراميل ، تنتج جذورا أحسن وأسرع من مثيلاتها المأخوذة من النباتات الغزيرة النمو المنزرعة فى الحقل والسبب فى ذلك يرجع إلى أن نمو النباتات فى الحالة الأولى يقف مبكرا فى موسم النمو وبذلك تتراكم المواد الكربوايدراتية وينخفض الأزوت وهذا يناسب تكوين الجذور إذا قورنت بالحالة الثانية . ويجب توفر العناصر الغذائية الأخرى كالفسفور والبوتاسيوم والمغنسيوم والكالسيوم لأن نقص هذه العناصر يقلل نجاح زراعة العقل . بينما انخفاض الأزوت نسبيا فى الأفرع يسبب زيادة نجاح العقل . ويجب ملاحظة أن النقص الكبير فى الأزوت يقلل نسبة نجاح العقل (Pearse ١٩٤٦) . والتجارب التى أجريت على الجرانسيوم *Pelargonium hortorum* تؤيد ذلك (Cornell, Haun ١٩٥١) .

ويمكن الوصول بالنبات الأم إلى الحد المناسب من الكربوايدرات والأزوت (كربوايدرات عالى وأزوت منخفض نسبيا) لتكوين الجذور على العقل ، بطرق مختلفة منها :

(أ) تقليل الأزوت المضاف إلى النبات الأم ، وبذلك يقل نمو الأفرخ وتتراكم المواد الكربوايدراتية فيها . كذلك الطرق التي تحد من نمو الجذور مثل زراعة الأمهات في أواني خاصة ، أو زراعتها على مسافات ضيقة وفي صفوف متقاربة ، تعمل على تقليل النمو الخضري وتساعد على تراكم المواد الكربوايدراتية .

(ب) اختيار الأفرع المناسبة من النبات الأم وذلك لعمل عقل منها ، مثال ذلك الأفرع الجانبية التي قل نموها وتجمعت فيها المواد الكربوايدراتية، تفضل على الأفرع القمية الغضة السريعة النمو .

(ج) اختيار الجزء من الفرخ المعروف عنه أنه منخفض في الأزوت وعالي في الكربوايدرات ، ففي الورد وجد من التحليل الكيماوى للأفرخ التي تؤخذ العقل منها ، أن الأزوت الكلى يزيد تدريجيا من القاعدة إلى القمة، بينما النشا يزيد من القمة إلى القاعدة ، وعلى ذلك فالأجزاء القاعدية لهذه الأفرخ يكون فيها الأزوت منخفض وانه بوايدرات عالية، وهذه الأجزاء ينصح عمل العقل منها حيث تكوين الجذور فيها يكون عاليا (Takey و Green ١٩٣٤) ، والتجارب التي أجريت على البرقوق الماريانا والسفرجل تؤيد ذلك (Hansen و Hartmann ، ١٩٥٨) .

وليس ضروريا أن يرتبط المحتوى العالى من الكربوايدرات بسهولة تكوين الجذور على العقل . ولكن قد توجد عوامل أخرى تؤثر بدرجة أكبر على تكوين الجذور على العقل . ففي الورد ، وجد أن أربعة أنواع منه تختلف من حيث كمية النشا المخزن فيها في فصل الشتاء فالنوع *Rosa setigera* يحتوى على نشا بكمية كبيرة ، ولكن لا يمكن إطلاقا إنبات عقل منه ، أما النوع *R. arvensis* يحتوى على نشا بكمية معقولة ، كانت نسبة نجاح العقل المأخوذة منه ٩٧% ، والنوع *R. odorata* يحتوى على كمية معقولة من النشا ، كانت نسبة نجاح العقل المأخوذة منه ٨٢% ، بينما النوع *R. canina* فالنشا المخزن فيه منخفض ، كانت نسبة نجاح العقل المأخوذة منه ٩٢% (Brandon ، ١٩٣٩) .

والنباتات التي تكون جذورا على عقلها بصعوبة ، يمكن معاملتها بطرق مختلفة بحيث يمكن تغيير الحالة الغذائية للنبات الأم أو أجزاء منه . هذه المعاملات تسبب زيادة نسبة نجاح العقل ، ومنها :

الإظلام : Etiolation

وفيه يسمح للنبات أو أجزاء منه أن تنمو في غياب الضوء ، وهذا يسبب تكوين أوراق صغيرة ورفيعة ، وأفرخ طويلة ، ويكون لون هذه الأجزاء مبيضا أو مصفرا . حيث تغطي الأفرخ النامية حديثا ، ما عدا القمة ، بحيث لا يصل الضوء إليها مطلقا . ويكون ذلك بلف هذه الأجزاء بشريط مشمع أو قماش أسود أو بتكوين التراب حولها ، وتترك هكذا مدة من الزمن إلى أن تصل إلى طول مناسب ، مع استمرار تغطية الأجزاء النامية حديثا أو لا بأول وعندما تصل الأفرخ النامية إلى طول مناسب تفصل من الأم مباشرة ، وتترك إلى أن ينتهي موسم النمو ، ثم تعمل عقل من الأجزاء المغطاة وتزرع ، ووجد أن هذه المعاملة تناسب تكوين الجذور على العقل .

وغياب الضوء يظهر أنه مناسباً لتكثيف مبادئ الجذور في أنسجة الساق المعاملة ولكن لا يعرف بالضبط سبب ذلك ، ومن المحتمل أن غياب الضوء يساعد على تكوين بعض هرمونات الجذور ، وتتراكم هذه الهرمونات في الأجزاء المغطاة وتساعد على تكثيف مبادئ الجذور ، وقد تؤثر عملية الإظلام على الأغذية المعدنية أو الأغذية العضوية أو قد تؤثر على تركيب الساق الداخلي وهذا يؤدي إلى زيادة تكثيف مبادئ الجذور ، كما وجد من التجارب المختلفة على التفاح (Garner 1937) .

كذلك وجد في بعض الحالات ، أن التحليق أو ربط سلك حول قاعدة الفرخ النامي يساعد على تكوين الجذور على العقل المأخوذة من هذه الأفرخ المعاملة كما هو الحال في شجرة المطاط والموالج والمانجو (Hunter 1932 و Babiloff 1934 و Thakurta 1941) . وهذه المعاملات لها علاقة بتجميع المواد الكربوهيدراتية والمواد الهرمونية فوق الحلقة المزلة أو فوق السلك . ووجد

كذلك أن تعريض أجزاء من سيقان النبات لأشعة إكس يساعد على نمو الجذور على العقل في بعض النباتات ، وهذه المعاملة تؤثر على التركيب التشريحي للساق وتسبب تكوين كتل من خلايا اللحاء تمنع حركة المواد الكربوهيدراتية والأوكسين وهذا يناسب تكوين مبادئ الجذور (Christensen 1954) .

وفي العنب وجد أن العقل المأخوذة من كرمات سمدت بالزنك أعطت نسبة عالية من الإنبات إذا قورنت بعقل مأخوذة من كرمات غير معاملة (Samish 1957) . وهذا يرجع إلى زيادة في تكوين الأوكسين الناتج من زيادة تركيز التربيتوفان Tryptophane في الكرمات المعاملة ، ووجد نفس هذا التأثير في أشجار البرقوق الماريانا التي أضيف إليها زنك . فالعقل الساقية الناضجة المأخوذة من هذه الأشجار كانت نسبة إنباتها عالية (تجارب جنوب أفريقيا) .

٢- عمر النبات الأم :

في النباتات التي يسهل تكاثرها بالعقلة ، لا يكون لعمر النبات الأم تأثير يذكر على نجاح التكاثر بالعقلة . أما في النباتات التي يصعب إنبات العقل فيها يكون لعمر النبات التي تؤخذ منه العقل تأثير كبير على نجاح التكاثر بالعقلة . وفي هذه الحالة وجد أن العقل الساقية الناضجة المأخوذة من شتلات بذرية صغيرة السن تنبت بسهولة وبنسبة عالية عنه في العقل المأخوذة من نباتات نامة النضج ومسننة (Stoutemyer 1937 و O'rouke 1951) هذه الظاهرة تعرف بظاهرة الشباب Juvenility وهذا حقيقى أيضا في العقل الجذرية . فالتجارب التي أجريت على العقل الساقية الناضجة في التفاح والكمثرى والكريز وغيرها من أنواع الفاكهة الأخرى ، توضح أن قدرة العقل على تكوين الجذور يقل بزيادة عمر النبات البذري (Gardner 1929) .

وهذه الظاهرة كذلك تنطبق على العقل الجذرية ، ففي التفاح وجد أن العقل الجذرية المأخوذة من شتلات بذرية صغيرة السن تنجح بدرجة كبيرة . كذلك وتجد أن نسبة نجاح هذه العقل الجذرية يقل بزيادة عمر هذه الشتلات البذرية .

وفى الأشجار المسنة تقشل هذه العقل الجذرية فى الإنبات تماماً (Yerkes ، ١٩٢٣ ، Gardner ، ١٩٣٢) .

ودور النمو الشاب Juvenile وكذلك دور النمو الناضج Mature تمتاز أحياناً بصفات مورفولوجية معينة مثل حجم الورقة وشكلها ووجود الأشواك وطول السلاميات ، وفى التفاح يمتاز دور النمو الشاب بتكوين أوراق رفيعة وقليلة الزغب ، بينما فى دور النمو الناضج تكون الأوراق سميكة وكثيرة الزغب ، وفى التفاح Asiatic crab (Malus sargentii) فالأوراق تكون كاملة وغير مفصصة فى دور النمو الشاب بينما تكون الأوراق مفصصة فى دور النمو الناضج (Stoutemyer ، ١٩٣٧) .

والسبب فى أن العقل الشابة تنجح زراعتها بسهولة عن العقل الناضجة غير معروف تماماً ، وهناك بعض الآراء ترجح أن السبب قد يرجع إلى عوامل كيموحيوية وليس إلى اختلافات تشريحية فالتركيب التشريحي لا يختلف فى دور النمو الشاب عنه فى دور النمو الناضج ، أى أنه متشابه تماماً . ووجد فى التفاح (Stoutemyer ، ١٩٣٧) أن التركيب التشريحي للسوق متشابه تماماً إلا أنه فى دور النمو الناضج كانت خلايا البريسيكل ملجننة بدرجة أكبر من خلايا البريسيكل فى السيقان فى دور النمو الشاب . ومن دراساتها فى هذا المجال ، وجد أن العقل الساقية الشابة فى كل من النارج واليوسفى كليوباترا يسهل جدا تكوين الجذور عليها وذلك بمقارنتها بالعقل الساقية الناضجة كما تتكون الجذور عند قاعدة العقلة حول منطقة القطع فقط ، بينما تتكون هذه الجذور فى العقل الساقية الشابة على جميع أجزاء العقلة المدفونة تحت سطح التربة .

ووجد أن محتوى العقل الساقية الناضجة من الكربوهيدرات على أساس الوزن الرطب ، أعلى منها فى العقل الساقية الشابة . وبين تقدير النتروجين الكلى على أساس الوزن الجاف أن العقل الساقية الشابة تحتوى على نسبة أعلى من النتروجين الكلى عنه فى العقل الساقية الناضجة وكذلك كانت نسبة الرطوبة فى العقل الساقية الشابة أعلى منها فى العقل الساقية الناضجة ، وأظهر التحليل

الكروماتوجرافى أنه لا توجد فروق وصفية بين الأحماض الأمينية الحرة والمرتبطة التى وجدت فى كل من العقل الساقية الشابة والعقل الساقية الناضجة .

وأوضح الفحص الميكروسكوبى للعقل الساقية الشابة أن الجذور العرضية داخلية المنشأ وتكون ملاصقة للحزم الوعائية وأنها تكون عمودية على المحور الرأسى للساق ثم تنمو خلال أنسجة العقل الموجودة خارج منطقة نشوئها ووجد أن العقل الساقية الناضجة تحتوى على ألياف لحائية ملجننة ونادراً ما توجد هذه الألياف فى العقل الساقية الشابة .

والأفرخ العرضية التى تتكون على جذور الأشجار الناضجة تمتاز بكونها شابة ، وفى التفاح يمكن تشجيع تكوين هذه الأفرخ العرضية على العقل الجذرية إذا وضعت الأخيرة فى طبقة مبللة وجيدة التهوية من البيت موس ، وتوضع على الرمل فى مرأقد التكاثر بحيث تكون هذه المرأقد محكمة القفل والرطوبة النسبية بها عالية وحرارة طبقة تحت التربة حوالى ٧٠ ° ف (Stoutemyer ، ١٩٣٧) .

كذلك وجد أن الأفرخ الأسفيروبلاستية (Sphaeroplast shoots) تكون شابة كذلك وتكون نسبة نجاح العقل المأخوذة منها عالية جداً كما فى التفاح (Hatcher و Garner ١٩٥٥) . والعقل النامية والتى كونت جذوراً فى هذه الطريقة ، إذا أخذت وزرعت وكوثرت بالترقيد التاجى ، فالأفرخ الناتجة تستمر شابة وتحفظ بالصفات المورفولوجية التى تمتاز بها فى دور النمو الشاب .

ووجد فى التكاثر بالترقيد التاجى أن الأفرخ الناتجة فى الأجيال المتتالية تبقى شابة إلى ما لا نهاية (Fritzsche ١٩٤٨) .

٣ - نوع الخشب :

يختلف نوع الخشب الذى تؤخذ منه العقل ، فيمكن أن تعمل العقل من خشب يختلف من الأطراف الغضة للأفرخ النامية إلى الأفرع المسنة التى يبلغ عمرها بضع سنوات . ومن الصعب جداً تحديد نوع معين من العقل يناسب تكاثر جميع النباتات . ففى نبات ما قد يناسبه نوع معين من الخشب ، بينما فى نبات آخر

لا يصلح له هذا النوع من الخشب إطلاقاً وفي أنواع النباتات التي بينهما قرابة نباتية من المحتمل أن يناسبها نوع معين من العقل .

(أ) الاختلافات بين أفراد النباتات الناتجة من البذرة :

تختلف النباتات المختلفة الناتجة من البذرة اختلافاً كبيراً من حيث قدرة العقل المأخوذة من كل هذه النباتات المختلفة على الإنبات . شأنها في ذلك شأن الصفات الخضرية والثمارية حيث وجد اختلاف كبير في هذه الصفات من شجرة إلى أخرى من الأشجار الناتجة من البذرة .

(ب) الاختلافات بين الأفرخ القمية والأفرخ الجانبية :

وجد من التجارب التي أجريت على البرقوق أن أنواع العقل الساقية الغضة المأخوذة في شهر يونيو تختلف اختلافاً كبيراً من حيث نسبة إنباتها فوجد أن نسبة نجاح العقل المأخوذة من الأفرخ القمية كانت ١٠% ، بينما العقل المأخوذة من الأفرخ الجانبية النشطة النمو كانت نسبة نجاحها ١٩% ، أما العقل التي أخذت من الأفرخ الجانبية التي وقف نموها كانت نسبة نجاحها ٣٥% (Knight ، ١٩٦٧) .

هناك بعض نباتات يحتوى الفرخ الرئيسي فيها على نخاع كبير مثل Rhododendron Ash (Fraxinus) Bottle Tree (Sterculia) وبعض أنواع العقل التي تؤخذ من الأفرخ الجانبية ، وفيها تكون نسبة الخشب إلى النخاع كبيرة وبها غذاء مخزن بكمية كبيرة ، يكون نسبة نجاحها أعلى بكثير من السابقة (Graham ، ١٩٣٠) . كذلك في بعض أنواع من النباتات تختلف طبيعة نمو النباتات الناتجة من عقل مأخوذة من الأفرخ الرئيسية القائمة النمو ففى نبات البن Coffee (Coffea arabica) فالنباتات الناتجة من عقل مأخوذة من الأفرع القائمة النمو يكون نموها كذلك ، بينما النباتات الناتجة من العقل المأخوذة من الأفرع الجانبية المتدلية يكون نموها منتشراً إلى الجوانب وغير قائم .

(ج) الاختلافات بين الأجزاء المختلفة في الفرع الواحد :

في النباتات الخشبية يختلف التركيب الكيماوى فى الفرع الواحد من القاعدة إلى القمة ووجد أن العقل الساقية الناضجة المأخوذة من الأجزاء المختلفة للفرع الواحد تختلف من حيث قدرتها على الإنبات أو تكوين جذور عليها حيث تقل نسبة نجاح العقل من القاعدة إلى القمة . ففي الزيتون وجد أن العقل المأخوذة من قاعدة الفرع الذى عمره سنة يكون نسبة إنباتها أعلى وأسرع من العقل المأخوذة من قمة هذا الفرع (Podluzhuiu ، ١٩٤٦ و Hartmann ، ١٩٤٠) ووجد نفس هذا التأثير فى شجرة Tung (Aleurites fordii) (Liu, Yin ١٩٣٨) وكذلك فى شجيرات Blueberry (Vaccinium corymbosum) (Rourke 1944) .

وقدر عدد مبادئ الجذور التى فى سيقان بعض النباتات الخشبية ووجد أن هذا العدد يقل من قاعدة الأفرع إلى قمته (Lek ١٩٣٠) ونتيجة لذلك تكون قدرة العقل المأخوذة من قاعدة الأفرع على تكوين جذور أكبر من العقل الطرفية لهذه الأفرع وعلى العكس من ذلك وجد فى الكريز P. cerasus, P. avium, P. mahaleb أن العقل الساقية الغضة النامية تحت السرى الرذاذى والمأخوذة من أطراف الأفرع كانت نسبة إنباتها أعلى من تلك العقل الغضة النامية تحت نفس الظروف والمأخوذة من قاعدة الأفرع (Brooks, Hartmann ١٩٥٨) كما يتضح من الجدول التالى :

الصف	نسبة نجاح العقل	
	الطرفية	القاعدية
Stockton Morello	٧٧	٣٠
Bing	١٠٠	صفر
Montmorency	١٠	١٠

وقد يرجع السبب فى ذلك أنه فى حالة العقل الساقية الناضجة الخشب المأخوذة من قاعدة أفرع عمرها سنة أو أكثر يكون بها مواد كربوايدراتية بكمية عالية نسبيا عنه فى الأجزاء الطرفية ، وأيضا قد تحتوى كذلك على بعض مبادئ الجذور . أما فى الحالة الثانية حيث تستعمل العقل الغضة فلا يوجد بها مواد كربوايدراتية مخزنة ولا يوجد بها كذلك مبادئ الجذور والسبب فى أن إنبات العقل الطرفية يكون أعلى منه فى العقل القاعدية الغضة قد يرجع إلى وجود تركيزات أعلى من هرمونات الجذور التى تتكون فى قمم الأفرخ النامية وتشجع نمو الجذور .

وفى النباتات الخشبية التى يسهل تكاثرها بالعقلة فقد وجد أنه لا يوجد فرق بين نسبة إنبات العقل المأخوذة من الأجزاء المختلفة فى الفرع الواحد .

(د) الأفرع الزهرية والأفرع الخضرية :

فى معظم النباتات يمكن عمل العقل من أفرع زهرية أو أفرع خضرية فى الأنواع التى يسهل تكاثرها بالعقلة لا يوجد فرق بين إنبات العقل سواء أخذت من أفرع زهرية أو أفرع خضرية ، أما فى الأنواع التى يصعب إنبات عقلها فهذا العامل يكون له تأثير كبير فى *Blueberry (Vaccinium atrococum)* وجد أن العقل الساقية الناضجة المأخوذة من أفرع عليها براعم زهرية لا تتجح مطلقاً بينما العقل المأخوذة من أفرع خضرية كانت نسبة نجاحها ٢٩% ووجد أن إزالة البراعم الزهرية قبل عمل العقل لم يكن له تأثير على نسبة إنبات العقل ، وهذا يدل على أن العامل المحدد ليس مجرد وجود البراعم الزهرية أو الأزهار ، ولكنه يكون متعلقاً بالحالة الفسيولوجية والتشريحية المرتبطة بوجود الأزهار (*O'Rourke* ، ١٩٤ ، ١٩٤٤) ، وفى عقل *Rhododendron* وجد أن إزالة البراعم الزهرية من على الأفرع التى تعمل منها العقل شجع تكوين الجذور ، بينما إزالة البراعم الخضرية قلل تكوين الجذور (*De Boer* ، ١٩٥٢) .

ويوجد من التجارب المختلفة أن عمل العقل قبل الإزهار أو بعده كان أحسن منه أثناء الإزهار (*Dore* ، ١٩٥٣) .

وفي بعض الحالات وجد أن العقل التي تؤخذ في أى وقت من السنة من أشجار لازالت في مرحلة النمو الخضرى ، أمكنها أن تثبت جيداً ، ولكن عندما بدأت الأشجار فى الإثمار لم تتجح العقل فى الإنبات (Wellensiek ، ١٩٥٢) . ومن المحتمل أن هناك تضاد بين تكوين الجذور على العقل والأزهار . وقد يكون ذلك متعلقاً بتركيز الأوكسين ، حيث من المعروف أن التركيز العالى من الأوكسين الذى يناسب تكوين الجذور على العقل الساقية قد يمنع الأزهار (Thimann ١٩٣٧ و Bonner, Thurlow ١٩٤٧) .

(هـ) وجود كعب على العقلة :

ينصح أحيانا عند تحضير العقل الساقية الناضجة الخشب أن تؤخذ بكعب (الكعب عبارة عن جزء من الخشب القديم الذى يحمل الفرع الذى تؤخذ منه) لكي نحصل على نسبة إنبات عالية . ففي السفرجل ، وجد أن نسبة إنبات العقل التي تؤخذ بكعب أعلى منها فى العقل التي تؤخذ بدون كعب ، والسبب ، فى ذلك يرجع إلى وجود مبادئ جذور تكشفت فى الخشب القديم (Tukey و Brase ١٩٣١) ومن عيوب ذلك أنه يصعب الحصول على عدد كبير من العقل ذات الكعب ، إلا أن نسبة الإنبات العالية قد تعوض ذلك النقص فى عدد العقل الذى يمكن عمله .

٤ - ميعاد أخذ العقل :

يمكن تحضير العقل فى أى وقت من السنة ، وفى الأشجار المتساقطة الأوراق تعمل العقل الساقية الناضجة أثناء موسم السكون ، أما العقل النصف ناضجة والعقل الغضة فتؤخذ أثناء موسم النمو من الخشب النصف ناضج أو الخشب الغض .

وفى الأشجار المتساقطة الأوراق وجد أن العقل الغضة التي تؤخذ أثناء الربيع والصيف تكون جذورا بسهولة عنه فى العقل الناضجة التي تؤخذ فى الشتاء فى الكريز لم تتجح العقل الناضجة المأخوذة فى الشتاء إطلاقاً ، بينما

العقل الغضة التي أخذت في موسم الربيع كانت نسبة إنباتها عالية في معظم الأصناف (Knight, 1927 و Hartmann و Brooks, 1958) .

وفي الفواكه المتساقطة الأوراق يمكن عمل العقل الناضجة في أي وقت ابتداءً من سقوط الأوراق وحتى ابتداء نمو البراعم في الربيع . وفي الأنواع التي تتكاثر بسهولة بالعقل الساقية فلا يتأثر إنبات العقل بميعاد تحضيرها في موسم السكون ، وأحياناً البراعم النامية تشجع تكوين الجذور ، بينما البراعم التي في دور الراحة قد تعيق نمو الجذور (Lek, 1934) .

وفي إنجلترا ، تزرع عادة العقل الناضجة الخشب في المشتل في الخريف حتى ولو كانت الأوراق لازالت موجودة وتبقى هكذا طول الشتاء . ويتكون الكلس عادة بعد زراعتها بوقت قصير . ولا تتكون جذور عادة حتى يأتي الربيع حيث يبدأ نمو الجذور والأفرخ .

وفي أمريكا ، تحضر العقل في أوقات مختلفة في الخريف والشتاء ثم تخزن تحت ظروف باردة ورطبة حتى الربيع ، أو قد تجهز العقل وتزرع مبكراً في الربيع (Autcher 1930) والتجارب التي أجريت على عقل البرقوق الماريانا في كاليفورنيا وجد أن أحسن وقت لعمل العقل هو منتصف نوفمبر ، وتعامل العقل باندول حامض البيوتيرك وتخزن تحت ظروف رطبة على درجة ٦٠ °ف لمدة ٦ أسابيع ، ثم تنقل وتخزن على درجة ٣٦ °ف حتى وقت زراعتها في الربيع (Hartmann و Hansen, A,B, 1958) وبهذه الطريقة تتكون مبادئ الجذور أثناء فترة التخزين الدافئ وبعد معاملتها بالهرمون ، وتخزين العقل بعد ذلك على ٣٦ °ف يقلل من نشاط نمو الجذور ، علاوة على أنها ينهي دور راحة البراعم ، وفي الربيع ينشط نمو الجذور وتخرج من العقل بسرعة وتكون قادرة على الامتصاص وإمداد الأوراق النامية باحتياجاتها من الماء والأملاح .

وأنسب ميعاد لتحضير العقل الغضة هو أن تؤخذ هذه العقل من الأفرخ النامية في الربيع ولكن بعد تمام تكوين الأوراق عليها وأن تكون الأفرخ ناضجة جزئياً .

وفى أصناف كثيرة من التفاح وجد فى العقل الغضة ، أن تأثير المواد المنشطة لتكوين الجذور فى هذه العقل يقل مع زيادة عمر هذه العقل حتى ولو فى خلال فترة طولها شهر واحد . وأحسن نتائج حصل عليها عندما أخذت مبكراً فى شهر مايو من أفرخ طولها ٤-٧ بوصة (Hitchcock ، ١٩٤٢) .

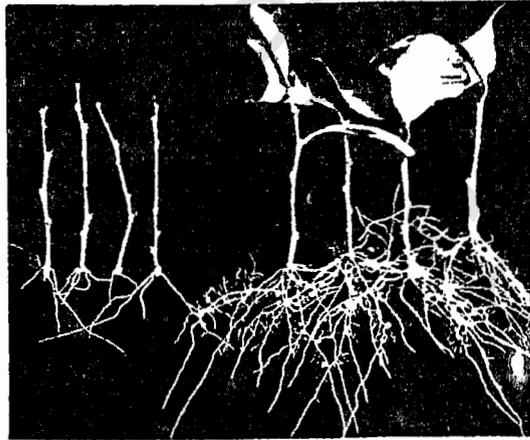
وفى التكاثر بالعقل الجذرية وجد أن ميعاد أخذ العقل قد يكون له تأثير كبير على نسبة إنبات هذه العقل . وفى Red Raspberry على سبيل المثال ، وجد أن ميعاد أخذ العقل عامل محدد جداً فى نجاحها ، حيث وجد أن العقل التى أخذت فى منتصف الصيف لم تتجح إطلاقاً بينما العقل التى أخذت بعد ذلك زادت نسبة نجاحها تدريجياً حتى الخريف وأن أعلى نسبة للإنبات كانت فى العقل التى أخذت فى الشتاء ، ثم حدث نقص تدريجى فى نسبة إنبات العقل من الربيع إلى الصيف (Hudson ، ١٩٥٦) .

تأثير البراعم والأوراق (شكلى ٢١ ، ٢٢) :

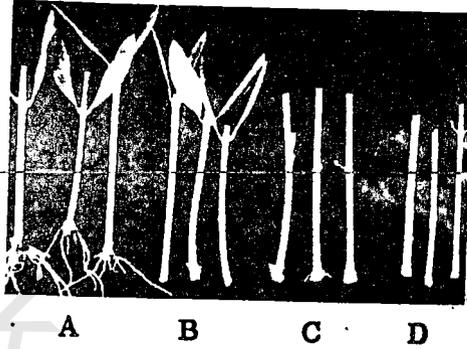
لوحظ أن وجود البراعم يشجع تكوين الجذور على العقل بدرجة كبيرة خصوصاً إذا كان البرعم بادناً فى النمو . ووجد كذلك أن إزالة البراعم من على العقل يمنع تكوين الجذور بناتاً وخصوصاً فى الأنواع التى لا تحتوى على مبادئ جذور متكشفة فى الأفرع وهى متصلة بالأم . وفى بعض النباتات إذا أجرى التحليق تحت البرعم مباشرة فتكوين الجذور يقل جداً ، وهذا يدل على أن التأثير الناتج من البرعم ينتقل فى اللحاء إلى قاعدة العقلة ويشجع تكوين الجذور . وإذا أخذت العقل فى الشتاء فالبراعم تكون ساكنة ولا يظهر أى تأثير على العقلة ، ولكن إذا أخذت العقل مبكراً فى الربيع عندما تكون البراعم قد خرجت من دور راحتها وابتدأت فى النمو يظهر ثانياً تأثير البراعم على تنشيط تكوين الجذور .

وفى التركيب المنضدى ، فى العنب ، تزال عادة البراعم من عقلة الأصل لكى تمنع تكوين السرطانات ، وفى هذه الحالة تتكون الجذور ولكن بصعوبة كبيرة وفى العقل التى تؤخذ من أفرع بها مبادئ جذور متكشفة وهى متصلة بالأم كما فى التفاح والصفصاف ، وجد أن وجود البراعم أو إزالتها لا يؤثر على

تكوين الجذور (Sudds ، ١٩٢٩) وتدل التجارب المختلفة أن وجود الأوراق على العقل في النباتات المستديمة الخضرة والعقل النصف ناضجة الخشب يؤثر بدرجة كبيرة على تكشف الجذور (Went ١٩٢٩ و Rappaport ١٩٤٠ و Cooper ١٩٣٨) (شكلي ٢١ ، ٢٢) . وتلعب المواد الكربوايدارية التي تتكون في الأوراق دورا كبيرا في ذلك ، ففي الكاكاو (Cacao) (Theobromacao) تساهم الأوراق أساسا بالكربوايدات ، ففي العقل التي أزيلت أوراقها وعولمت بحمض اندول البيوتيرك ، وجد أنه بإضافة سكروز إلى هذه العقل كانت نسبة إنباتها ٨٠-٩٠% ، ولكن بدون إضافة سكروز لم تنجح إطلاقا (Evans ، ١٩٥٣) .



شكل ٢١ : تأثير الأوراق وآلـ IBA على تكوين الجذور في صنف الليمون لشبونة .
العقل نامية تحت رذاذ مقطع ومعاملة بالـ IBA تركيزه ٤٠٠٠ جزء / مليون لبضعة ثواني .



- شكل ٢٢ : تأثير الأوراق والـ IBA على تكوين الجذور في الزيتون .
- A أوراق + IBA
 - B أوراق فقط .
 - C لا توجد أوراق ولكن معاملة فقط بالـ IBA .
 - D بدون أوراق وبدون معاملة بالـ IBA .

وعادة فالتأثير المنشط للبراعم والأوراق على تكوين الجذور يرجع أساسا إلى الأوكسين ، وهذه الأعضاء معروف عنها أنها هي المنتجة للأوكسين ، والأوكسين ينتقل إلى قاعدة العقلة ويؤثر على تكوين الجذور .

وقد وجد Van Overbeek وآخرون (عامى ١٩٤٥ ، ١٩٤٦) من التجارب التي أجريت على نبات الـ *Hibiscus rosasinensis* (Hibiscus) أن هناك عوامل داخلية تحدد تكوين الجذور على العقل الساقية . استعمل صنفان أحدهما أحمر وسهل التكاثر بالعقلة ، والآخر أبيض وصعب التكاثر بالعقلة ، وعقل الصنف

الأحمر التي عليها أوراق تكون جذوراً كثيرة إذا عوملت بحمض الإندول بيوتيرك ، بينما لا تتكون جذوراً على عقل الصنف الأبيض بهذه المعاملة ، كذلك لم تتجح عقل الصنف الأبيض حتى إذا طعمت بالأقلام من الصنف الأحمر الذي يسهل تكاثره بالعقلة ، ولكن عندما عوملت هذه التراكيب بحمض الإندول بيوتيرك تكونت جذور بكثرة ، وهذا يحل دلالة قاطعة على أنه يوجد عاملان هامان لتكوين الجذور في الصنف الأبيض ، هذان للعاملان هما :

(١) المواد الشبيهة بالهرمونات التي عوملت بها العقل .

(٢) عامل ، أو عوامل ، غير معروفة توجد في أوراق الصنف الأحمر أو بمعنى آخر يمكن القول أن عقل الصنف الأبيض لم يمكنها تكوين جذور لنقص الأوكسين وفشل الأوراق في إنتاج عامل ، أو عوامل ، غير معروف طبيعتها ، وهذه بالإضافة إلى الأوكسين ضرورية لتكوين الجذور .

وتجارب Van Overbeek عام ١٩٤٦ ، على طبيعة هذا العامل أو العوامل المنبهاة لتكوين الجذور والتي توجد في أوراق الصنف الأحمر ، بينت أن التأثير على تكوين الجذور يكون واحداً سواء وضعت في الضوء أو الظلام . ووجد كذلك أن التأثير المنبه لأوراق الصنف الأحمر يمكن إحلاله بغمر قواعد العقل لمدة ٢٤ ساعة في محلول من السكر تركيزه ٤% مضافاً إليه مادة نيتروجينية (أرجينين بمعدل ١٠ جزء / مليون ، أو سلفات الأمونيوم بمعدل ١٠٠٠ جزء / مليون) كذلك المعاملة بحمض الإندول بيوتيرك كانت ضرورية لتكوين الجذور بالإضافة إلى السكر والنترجين . وأحد هاتين المادتين كل عديم التأثير .

ومن هذه التجارب اتضح أن الوظيفة الرئيسية للأوراق بالنسبة لتكشف الجذور ، هي إمداد العقل بالمواد السكرية والنيتروجينية . والتحليل الكيماوى الكمي وضح أن الأوراق تمد العقل فعلاً بهذه المواد الغذائية حتى في الظلام .

الاستقطاب : Polarity

يكون الكثير من ارتباطات النمو قطبياً ، بمعنى أن طرفى المحور النامى يتخذان طريقتين مختلفتين تماماً . وأشهر الأمثلة المعروفة عن الاستقطاب هو تكوين الجذور على العقل . وفى العقل الساقية ، تتكون الجذور عند القاعدة والأفرخ الخضرية عند القمة ، وفى العقل الجذرية تتكون الجذور عند القمة والأفرخ الخضرية عند القاعدة ، وحتى إذا تغير وضع العقل بالنسبة للجاذبية فلا يحدث تغيير نتيجة لذلك ، أى أن الجذور فى العقل الساقية تنمو عادة من الجزء القاعدى مورفولوجياً فقط ، وتنمو الأفرخ من الجزء القمى مورفولوجياً فقط ، غير أنه ليس من العسير تحفيز الجذور على النمو عند الطرف العلوى من الساق ، وذلك باستخدام تركيزات عالية نسبياً من منظمات النمو .

وبينما نجد المظاهر الواضحة للاستقطاب مورفولوجية ، فإن كل هذه الظواهر تعتمد فى أساسها على آليات فسيولوجية ، وربما كان الكثير من ظواهر الاستقطاب فى النباتات ناتجاً عن الانتقال القطبى للأوكسينات أو سهرمونات الأخرى . ويمكن مثلاً تفسير الاستقطاب فى العقل ، بدرجة كبيرة إن لم تكن كلية ، على أساس الهرمونات . وحركة الأوكسينات فى السوق قطبية عادة فى اتجاه القاعدة ، ويبدو أن هذا الاستقطاب فى الانتقال مرتبط بطراز أساسى فى تنظيم البروتوبلازم ولا يمكن تغييره بسهولة وقطع الساق التى حفزت الجذور على النمو عند طرفها المورفولوجى العلوى يمكن أن يقلب وضعها وزراعتها مدة أسابيع وهى فى الوضع المقلوب دون تغيير الاستقطاب فى حركة الأوكسين من القمة إلى القاعدة (Fint 1941) . وبعد أن يمضى عليها 3 أو 4 أسابيع وهى فى الوضع المقلوب يظهر استقطاب جديد . فتنقل عقل الساق حينئذ الأوكسين من القاعدة الأصلية إلى القمة المورفولوجية كما تنقله فى الاتجاه الأسمى . فالاستقطاب الذى يتجه فى السوق من القمة إلى القاعدة يبقى كما هو ، ولكن يوجد استقطاب جديد أيضاً فى الاتجاه العكسى والمفروض أن الاستقطاب الجديد يكون مقصوراً على الخلايا التى تتكون أثناء النمو والعقلة فى وضعها المقلوب .

عمل الجروح : Wounding

وجد أن عمل جروح فى الجزء القاعدى من العقل الساقية يفيد كثيراً فى تشجيع تكوين الجذور على العقل الساقية فى أنواع معينة ، خصوصاً إذا كان جزء من قاعدة العقلة من خشب أكبر عمراً ، وبعد عمل الجروح يتكون الكلس وتنمو الجذور بغزارة بطول الأجزاء المجروحة . ومن الثابت أن الخلايا المجروحة أو الخلايا المجاورة لها والقريبة من قاعدة العقلة تنشط وتنقسم وتكون مبادئ جذور جديدة . وهذا قد يرجع إلى تراكم الأوكسين والمواد الكربوإيدراتية فى الأجزاء المجروحة . وثبت أيضاً من بعض التجارب أن العقل المجروحة تمتص ماء من البيئة المزروعة بها للعقل أكثر من العقل غير المجروحة (Day 1933) . ومن ناحية عملية قد تساعد هذه الجروح فى امتصاص كميات أكبر من المواد المنظمة للنمو والتي تعامل بها العقل وذلك بواسطة الأنسجة فى قاعدة العقل .

منظمات النمو :

وجد من التجارب المختلفة أن معاملة العقل الساقية بالمواد المنظمة للنمو يساعد كثيراً على تكوين الجذور وكذا يسرع فى تكوينها وتستعمل هذه المواد عادة فى التكاثر بالعقل الساقية الناضجة والعقل الساقية النصف ناضجة والعقل الساقية الغضة .

كما أن مقارنة فعالية المواد المنظمة للنمو التى تستعمل فى تكوين الجذور على العقل صعب جداً . وذلك لأن استجابة العقل للمواد المختلفة تختلف باختلاف نوع النبات وكذا الحالة الفسيولوجية للعقل المستعملة والبيئة التى تستعمل لتكوين الجذور .

والمواد المستعملة بكثرة هي :

- ١- حمض الأندول بيوتيريك Indolebutyric Acid (IBA)
- ٢- حمض الإندول خليك Indoleacetic Acid (IAA)
- ٣- حمض نفتالين خليك Naphthaleneacetic acid (NAA)

وأكثر هذه المواد شيوعاً هو حمض الإندول بيوتيرك لأنه يساعد على تنشيط تكوين الجذور فى أنواع كثيرة من النباتات ، كما أن مدى فعاليته أو تأثيره كبير ، كذلك لا تنتج عنه أضرار تذكر كالأضرار التى تحدث عند استعمال بعض المركبات الأخرى .

وتختلف النباتات المختلفة فى استجابتها للمواد المستعملة فوجد Marques De Almeida (١٩٤١) ، أن إندول حمض الخليك (LAA) أحسن من نفثالين حامض الخليك (NAA) عند معاملة عقل البرتقال ، ومن أبحاث Cooper (١٩٤٠) على العقل الساقية فى أصناف مختلفة من الموالح ، وجد أن حمض الإندول بيوتيرك وحمض الإندول خليك أحسن بكثير فى تأثيرها على تكوين الجذور على العقل عن حمض نفثالين خليك فى معظم الأصناف .

وقد وجد Kordes (١٩٤٣) أن حمض إندول بيوتيرك أحسن من حمض الإندول خليك عند معاملة عقل العنب الأوروبى .

ومن التجارب المختلفة وجد أن حمض الإندول بيوتيرك أحسن بكثير فى تكوين الجذور على العقل حيث أن مدى تأثيره كبير ، ولا يحدث أضرار ، كما أنه يؤثر على تكوين الجذور فى عدد كبير من أنواع النباتات ، والجذور المتكونة تكون ليفية وكثيرة التفريع وبذلك يسهل نقل العقل من المراقده ومن عيوب حمض نفثالين خليك أن مدى تأثيره ضيق جداً ويحدث أضراراً إذا استعمل بتركيزات عالية عن الدرجة المثلى . أما مركب حمض الإندول خليك فهو غير ثابت وقابل للتحلل وعدم استجابة العقل لهذا المركب فى بعض الحالات يرجع إلى أنه يفقد تأثيره بسرعة .

وهناك مجموعة مركبات الفينوكسى Phenoxy compounds ، ولكن استعمالها قليل حيث أن مجال تأثيرها محدود جداً ، كذلك تأثيرها إما أن يكون سام أو يسبب نمو غير طبيعى . ووجد أن خلط هذه المركبات بالمواد الهرمونية الأخرى يكون له تأثير جيد على تكوين الجذور فى حالات قليلة ، فقد وجد أن

مخلوط من جزء واحد من مركب 2,4 Dichlorophenoxy acetic acid (2,4D) و ٣ جزء من حمض الإندول بيوتيريك أو حمض نفتالين خليك (أو من مخلوط منهما) يشجع تكوين الجذور في بعض الحالات .

كذلك وجد Stoutemyer (١٩٤١) أن مشتقات الأמיד لحمض الإندول خليك وحمض نفتالين خليك أكثر تأثيراً على تكوين الجذور عما لو استعمل الحامض نفسه وذلك في بعض الأنواع من النباتات بينما في البعض الآخر كانت عديمة التأثير .

مخاليط المواد المنظمة للنمو :

في بعض الحالات وجد أن مخلوط من اثنين أو أكثر من المواد المنظمة للنمو يساعد على تنشيط تكوين الجذور عما لو استعملت مادة واحدة .

ووجد Zimmerman, Hitchcock ١٩٤٠ ، أن استعمال مخلوط بنسبة ١ : ١ من حمض الإندول بيوتيريك وحمض نفتالين خليك بتركيز ٤ مليجرام لكل جرام كان تأثيره أحسن على تكوين الجذور حيث أن نسبة أعلى من العقل كونت جذوراً . كما أن تكوين الجذور على العقل كان بدرجة متماثلة ، كذلك لوحظ تكون عدد أكبر من الجذور بالعقلة في النباتات عما لو استعملت مادة واحدة بنفس التركيز ، ووجد في بعض الحالات أن إضافة فيتامين ب ١ ، ب ٦ إلى مخلوط من المواد المنظمة للنمو كان له تأثير أحسن على تكوين الجذور على العقل .

والطرق المختلفة لمعاملة العقل بهذه المواد المنظمة للنمو سيأتي ذكرها في الباب التالي .

المواد الأخرى التي تساعد على تكوين الجذور :

١- الفيتامينات :

وجد أن إضافة فيتامين ب ١ (Thiamine Chloride) إلى المواد المنظمة للنمو ، كان له تأثير منشط على تكوين الجذور في العقل كما في عقل الليمون الأضاليا والأوركيد .

٢- المواد الكربوايدراتية :

وجد أن إضافة الدكستروز والسكروز إلى المادة الهرمونية المستعملة ساعد على تنشيط تكوين الجذور بدرجة أحسن مما لو استعمل الهرمون بمفرده وذلك في حالات قليلة جدا في عقل البسلة البيضاء (الخالية من الكلورفيل) .

٣- الأحماض الأمينية والمركبات النيتروجينية :

وجد أن تأثير هذه المركبات على تكوين الجذور على العقل غير ثابت ، ووجد في عقل البسلة البيضاء ، أن الأحماض الأمينية ليس لها تأثير على تكوين الجذور في العقل ما عدا التريبتوفان (Tryptophane) حيث أنه يتحول إلى حمض الإندول خليك في داخل العقلة . ووجد أن إضافة مخلوط من الأحماض الأمينية إلى المادة المنظمة للنمو ساعد على تنشيط تكوين الجذور في حالات قليلة جدا أما المركبات النيتروجينية من حيث تأثيرها على تكوين الجذور على العقل فغير معروف بالضبط ويحتاج إلى دراسة ، وعموما وجد أن العقل المأخوذة من نباتات تعاني نقصا شديدا في الأزوت تكون جذورا أسرع من نباتات تسمد بغزارة بالأزوت .

٤- الأغذية المعدنية :

المعروف عند المشتغلين بالتكاثر (أصحاب المشاتل) أن التربة الغنية تكون غير مناسبة لزراعة العقل عندما يراد تكوين جذور عليها ، كما أن نسبة كبيرة من العقل تموت ، إلا أنه في حالات قليلة جدا وجد أن إضافة العناصر الغذائية المعدنية في صور محلول Hoagland ساعد على تكوين الجذور على العقل .

وفي حالات قليلة أيضا وجد أن إضافة حامض الخليك يساعد على تكوين الجذور على العقل كما وجد أن معاملة العقل بمحلول برمنجنات البوتاسيوم لمدة ٢٤ ساعة إلى ٥ يوم ، ساعد على تكوين الجذور على العقل في حالات قليلة ، كذلك وجد Winkler ١٩٢٧ أن برمنجنات البوتاسيوم تنشط تكوين الكالس وتكوين الجذور إلى حد ما في عقل العنب .

العوامل البيئية التي تؤثر على تكوين الجذور فى العقل :

١- الرطوبة : يجب المحافظة على درجة عالية من الرطوبة فى مرآقد العقل لمنع جفافها وموتها قبل تكوين الجذور ، وهذا مهم خاصة فى العقل العشبية والغضة والنصف ناضجة وكذلك عقل الفواكه المستديمة 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 النتح من الأوراق ، قد يؤدى إلى نقص المحتوى المائى للعقل إلى درجة تموت معها العقل قبل تكوين الجذور . وفى الأنواع التى تكون جذورا بسرعة ، فالتكوين السريع للجذور يسمح بامتصاص الماء بسرعة وتعويض الماء المفقود بالنتح . أما فى الأنواع التى تكون جذورا بصعوبة فيجب تقليل النتح من الأوراق إلى أقل حد ممكن بحيث تبقى العقل حية حتى تتكون الجذور . ولتقليل النتح من الأوراق التى توجد على العقل يجب أن يكون ضغط بخار الماء فى الجو المحيط بالأوراق مساو بقدر الإمكان لضغط بخار الماء فى المسافات البيئية للورقة .

ويجب رش المرآقد وكذا الجدران والطرق فى الصوب الزجاجية حتى يكون الجو المحيط مشبعا بالرطوبة وبذلك نحافظ على العقل من الجفاف ، ومن الطرق الحديثة التى 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 .

الردى الرذاذى : Mist Propagation

وجد أن استعمال هذه الطريقة ساعد كثيرا على نجاح التكاثر بالعقل العشبية والعقل الغضة والعقل المستديمة الخضرة وغيرها ، وفى هذه الطريقة يعمل رذاذ من الماء على فترات بواسطة أجهزة ميكانيكية وينتشر هذا الرذاذ حول العقل داخل المرآقد أو الصوب الزجاجية ، وهذا الرذاذ يعمل غشاء من الماء على الأوراق مما يؤدى إلى زيادة ضغط بخار الماء حول الورقة وكذلك يعمل على تخفيض درجة حرارة الهواء والورقة وكلها عوامل تؤدى إلى تخفيض معدل

النتح ، ومن التجارب المختلفة ، وجد أن درجة حرارة الورقة تحت الري الرذاذى تقل من ١٠ - ١٥° ف عن أوراق المقارنة (Langhans ١٩٥٤) ومن تجارب أخرى وجد أن درجة حرارة الهواء تحت الري الرذاذى داخل الصوب كانت ثابتة وبمعدل ٧٠° ف تقريبا ، بينما في العقل المغطاة بالبوليثلين والعقل الموجودة في مرقد محكمة ، كانت درجة حرارة الهواء متفاوتة بدرجة كبيرة وبلغ معدلها ٩٠° ف أثناء الوقت الحار من النهار .

ويجب مراعاة أن التأثير المبرد للري الرذاذى كان فعالا بدرجة كبيرة لدرجة أنه يمكن وضع المرقد في الشمس بدون أن ترتفع درجة حرارة الأوراق . كما أن كثافة الضوء العالية التي تحصل عليها العقل من الشمس تؤدي إلى نشاط التمثيل الضوئى في الأوراق بمقارنتها بالعقل التي توجد في المرقد الموضوعة في الظل .

ويجب التمييز جيدا بين الترطيب بالماء والري الرذاذى ، وعموما فالظروف التي تؤدي إلى زيادة الرطوبة النسبية ينتج عنها زيادة ضغط الماء في الجو المحيط بالورقة . ويحدث ذلك تحت ظروف الري الرذاذى بالإضافة إلى أن الورقة نفسها تغطي بغشاء من الماء ، وهذا الغشاء يعمل على خفض درجة حرارة الورقة وبالتالي خفض ضغط بخار المار الداخلى ويقل معدل النتح تبعا لذلك .

وفي طريقة الري الرذاذى ، تكون الظروف المحيطة مثالية للنمو وتكوين الجذور في العقل الغضة والنصف ناضجة والمستديمة الخضرية . ويقل النتح إلى حد كبير ويراعى أن تكون كثافة الضوء عالية ، وبالتالي تزداد كفاءة التمثيل الضوئى . ومن ناحية أخرى ففي مرقد التكاثر المحكمة ترتفع الحرارة باستمرار وتحتاج إلى تهوية وتظليل وإلا احترقت العقل . وتحت هذه الظروف من الحرارة العالية يرتفع معدل النتح وكذا يقل التمثيل الضوئى تحت تأثير قلة كثافة الضوء الناتجة من التظليل . وتحت هذه الظروف تستنفذ العقل الغذاء المخزن بدرجة أكبر من معدل تمثيل المواد الغذائية ويؤدي هذا لسرعة موت

العقل ، وعلى العكس فالعقل تحت الري الرذاذى يزيد معدل التمثيل فيها عن معدل الاستهلاك ، وهذه المواد الغذائية تلعب دورا كبيرا فى تشجيع تكشف الجذور ونموها .

وهناك طريقتان للرى الرذاذى :

١- الري الرذاذى المستمر .

٢- الري الرذاذى المتقطع .

ويجب الحذر عند استعمال الري الرذاذى المستمر لأنه قد ينتج عن الكميات الكبيرة من الماء الرذاذى المستمر ، نقص درجة حرارة بيئة نمو الجذور إلى درجة حرارة الماء ، وهذه أقل كثيرا من الدرجة المثلى لتكشف ونمو الجذور أما فى الري الرذاذى المتقطع فالماء المستعمل يكون قليل نسبيا ولا تتأثر درجة حرارة بيئة نمو الجذور . ودرجة الحرارة فى منطقة تكوين الجذور تحت الرذاذ المستمر تكون أقل منها تحت الرذاذ المتقطع وبذلك تكون مناسبة بدرجة أكبر لتكشف ونمو الجذور .

وفى أنواع معينة من النباتات تتلف الأوراق إلى حد ما تحت الرذاذ المتقطع ويظهر تلف الأوراق بدرجة أكبر تحت الرذاذ المستمر ، والأبحاث المختلفة (Evans ، ١٩٥١ ، Long ، وآخرون ١٩٥٦) والتي استعملت فيها النظائر المشعة تدل على أن تعريض الأوراق للمطر الطبيعى أو الصناعى أو حتى نقع الأوراق فى الماء يزيل الأغذية المعدنية من الأوراق ، وعلى ذلك نتوقع أن العقل المورقة بعد تركها مدة طويلة تحت الرذاذ تفقد كميات لا بأس بها من الأغذية المعدنية ، ووجد فى الخوخ ظهور إصفرار على أوراق العقل الغضة المنزرعة تحت الري الرذاذى (نسبة البوتاسيوم على أساس الوزن الجاف ٢٣٥ ، ١٤٠ ، ١٠٥ ، ٢٨ عنى التوالي فى أوراق المقارنة والرذاذ المتقطع والرذاذ المستمر وذلك بعد ٢٨ يوم من ابتداء التجربة (Sharpe ١٩٥٦) وظهور حالات مرضية على العقل تحت الري الرذاذى يكون متوقعا ، وفى الحقيقة لا يحدث ذلك ، ولكن العكس

هو الذى يحدث . مثال ذلك الورد المنزرع فى الصوب الزجاجية ، فقد وجد أن الأوراق لا تصاب بالبياض تحت الري الرذاذى ، أما أوراق النباتات فى المقارنة فقد أصيبت بالبياض ، والسبب فى ذلك يرجع إلى فشل نمو جراثيم البياض فى الماء الحر (Langhans ١٩٥٤) ، ووجد من التجارب كذلك (Yarwood ١٩٣٩) أن الري بالرش يمنع نمو البياض الدقيقسى (*Sphaerotheca pannosa*) وباستعمال الري الرذاذى يمكن زراعة العقل الغضة مبكرا فى موسم النمو وفى مرحلة النمو المناسبة لتكوين الجذور . وأما إذا استعملت الطرق العادية فى الزراعة ، فهذا النوع من العقل تنجح زراعته فى معظم الأحيان . ويجب مراعاة أنه إذا استعمل خشب غير ناضج أكثر من اللازم تذبذب العقل وتموت حتى تحت الري الرذاذى .

وسياتى الكلام عن إنشاء وإقامة نظم الري الرذاذى فيما بعد :

٢- الحرارة : تعتبر درجة حرارة ٧٠-٨٠ °ف أثناء النهار ، و٦٠-٧٠ °ف أثناء الليل مناسبة جدا لتكوين الجذور على العقل فى معظم أنواع سباتات ، إلا أنه فى أنواع قليلة فى تناسبها درجات حرارة أقل . ودرجات الحرارة المناسبة تنظم تكوين الجذور العرضية ومن المهم جدا أن تنمو الجذور قبل الأفرخ . وفى مرادد التكاثر ، تستعمل طرق لرفع درجة حرارة التربة حول العقل المنزرعة عن درجة الحرارة حول البراعم فى قمة العقل ، وهذا يساعد على نمو الجذور قبل نمو البراعم ، ودرجة حرارة ٧٠ °ف حول قواعد العقل تعتبر مناسبة جدا لذلك ، على أن تكون هذه الدرجة ثابتة لا تتغير بدرجة كبيرة ويمكن التحكم فى ذلك باستعمال منظم حرارى .

٣- الضوء : يختلف تأثير الضوء على تكوين الجذور فى العقل باختلاف نوع العقل المستعملة . والمعروف أن عملية الإظلام Etiolation التى تجرى أحيانا تساعد على تكشف مبادئ الجذور فى بعض النباتات ، ومن ناحية أخرى تحتاج العقل المورقة إلى تعريض الأوراق للضوء لكى يحدث تكوين الجذور .

والتجارب التي أجريت على عقل بسلة بيضاء وليس عليها أوراق وعملت باندول حمض الخليك كان تكوين الجذور في الضوء أقل منه في الظلام (Went 1938, Went, Thimann 1938) ، ووجد أنه إذا تركت ورقة واحدة على هذه العقل ولم تعامل بالهرمون ، كان تكوين الجذور في الضوء أكبر بكثير منه في الظلام ، أي أنه في هذه الحالة الأخيرة ، كان الضوء ضرورياً على الأقل لتمثيل الأوكسين وبالتالي تكشف الجذور ، أما في الحالة الأولى فيظهر أن وجود الضوء يمنع تكشف الجذور .

وفي الفواكه المتساقطة فالعقل الساقية الناضجة التي بها أوكسين مخزن تتكشف الجذور فيها بدرجة أحسن في الظلام ، أما العقل المورقة الصغيرة التي بها أوكسين قليل أو لا تحتوي أوكسين مخزن ولا مواد كربوايدراتية مخزنة ، فتحتاج إلى ضوء للتمثيل الضوئي وتكوين الأوكسين وبالتالي تكشف وتكون الجذور . ولمبات الفلورسنت البيضاء التي تعطي ضوءاً كثافته ١٥٠-٢٠٠ قدم شمعة ، تناسب تكوين الجذور على العقل ، ولو أن كثافة الضوء هذه منخفضة (ضوء الشمع الساطع يعطي كثافة ضوئية قدرها ١٠٠٠٠ ر ١٠ قدم شمعة) إلا أنها تناسب تكوين الجذور في بعض الأنواع ، كذلك وجد أن الطيف الأحمر يناسب تكوين الجذور عنه في الطيف الأصفر أو الأخضر أو الأزرق .

ووجد أن الفترة الضوئية التي ينمو عليها النبات الأم قبل أخذ العقل منه ، تؤثر على تكوين الجذور عند أخذ العقل ، وقد يرجع ذلك إلى تراكم المواد الكربوايدراتية ، ووجد أن تكوين الجذور كان أحسن في الفترات الضوئية المحفزة لزيادة تكوين الكربوايدرات . كما أن الفترة الضوئية التي تنمو عليها العقل تؤثر على تكشف الجذور في بعض الأنواع . وكان تكون الجذور أحسن في العقل النامية تحت النهار الطويل والضوء المستمر عنه في النهار القصير . ويمكن الاستفادة بالفترة الضوئية تجارياً حيث تؤثر على النمو الخضري للعقلة بعد تكوين الجذور عليها ، وبعض النباتات يقف نموها الخضري بتغيير الفترة الضوئية ، ففي الأروالة يقف نمو النبات الخضري وتبدأ البراعم الزهرية في

التكشف عندما يقصر طول النهار فى الخريف وتعرض النباتات إلى نهار طويل يساعد على النمو الخضرى لهذه النباتات وتصل إلى حجم مناسب يمكن معه بيعها فى وقت قصير نسبيا .

بيئات نمو الجذور :

تقوم هذه البيئات بثلاث وظائف :

١- تثبيت العقل فى مكانها بعد الزراعة .

٢- إمداد العقل بالرطوبة المناسبة .

٣- توفير الهواء حول قواعد العقل .

والبيئة المثالية هى التى تسمح بالتهوية الجيدة وقدرتها الحافظة للماء عالية نسبيا وسهلة الصرف . كما يجب أن تكون البيئة خالية نسبيا من الفطر والبكتريا، خاصة فى حالة العقل الغضة والنصف ناضجة .

ويؤثر نوع البيئة على نوع المجموع الجذرى المتكون فالعقل المنزرعة فى الرمل تكون جذورها طويلة وغير متفرعة وخشنة وسهلة الكسر . أما فى بيئة البيت موس تكون الجذور جيدة التفريع ورفيعة وأكثر ليونة . والنوع الأخير يكون مناسب عند استخراج العقل وإعادة زراعتها ، والسبب فى اختلاف نوع المجموع الجذرى المتكون من الرمل عنه فى البيت موس يرجع إلى اختلاف فى محتوى البيئة من الرطوبة ، ووجد أنه تحت الظروف المثلى لتكوين الجذور فى العقل ، يحتوى البيت موس على أكثر من ضعف الهواء الموجود فى الرمل ، كذلك يحتوى على أكثر من ثلاثة أمثال الرطوبة الموجودة فى الرمل (على أساس الحجم) ، وهذا يبين أن المجموع الجذرى الذى يتكون على العقل والذى يناسب العمليات الزراعية يكون له علاقة كبيرة بكمية الرطوبة الموجودة فى البيئة .

وتوفير الأوكسجين فى البيئة يناسب تكوين الجذور ولو أن الاحتياجات إلى الأوكسجين تختلف باختلاف نوع النبات ، مثال ذلك عقل الصفصاف فإنه يمكنها أن تكون جذورا مباشرة فى الماء الذى يحتوى على أوكسجين منخفض جدا أى واحد جزء فى المليون ، أما نبات English Ivy فيحتاج إلى ١٠ جزء فى المليون ، وعقل القرنفل والأرولة المنزرعة فى الماء زاد تكوين الجذور فيها بزيادة الأوكسجين من صفر - ٢١ ٪ وعندما تتكون الجذور على سطح البيئة فالأوكسجين فى هذه البيئة لا يكون كافيا لتكوين الجذور .

وسياتى الكلام عن أنواع البيئة فى الفصل التالى .

الفواكه التي تتكاثر بالعقل

يتكاثر بعض أنواع الفاكهة بالعقل الساقية بسهولة تحت الظروف العادية كما هو موضح فى الدول التالى ، هذه الفواكه مرتبة ترتيباً تنازلياً حسب نجاحها (العزوى ١٩٧٠) .

ميعاد الزراعة	طريقة الزراعة	سمك العقله	طول العقله	الفاكهة
فبراير ومارس	على خطوط تبعد عن بعضها ٦٠-٧٠ سم وبين العقله الأخرى ٣٥ سم	١-١٥ سم	٢٥-٣٠ سم	السفرجل البلى
فبراير ومارس	على خطوط تبعد عن بعضها ٦٠ سم وبين العقله والأخرى ٣٥ سم	١-٢٥ سم	٢٥-٢٠ سم	التين
فبراير ومارس	على خطوط تبعد عن بعضها ٦٠ سم وبين العقله والأخرى ٦٠ سم	١-١٥ سم	٢٥-٣٠ سم	الرمان
فبراير ومارس	على خطوط تبعد عن بعضها ٦٠ سم	١٥-٢٠ سم	٢٥-٣٠ سم	للجميز
فبراير ومارس	على خطوط أو حياض على أبعاد تتراوح بين ٣٠×٣٠ سم، ٥٠×٥٠ سم	١٥-٢٠ سم	٢٠-٥٠ سم	العنب
فبراير ومارس	على خطوط تبعد عن بعضها ٦٠ سم	١-١٥ سم	٢٥-٣٠ سم	البرقوق المارباتا
فبراير ومارس	على خطوط تبعد عن بعضها ٦٠ سم وبين العقله والأخرى ٣٠-٤٠ سم	١-١٥ سم	٣٠-٣٥ سم	الترنج والليمون الطلو
فبراير ومارس	على خطوط تبعد عن بعضها ٦٠ سم	١-١٥ سم	٢٥-٣٠ سم	الفيجوا
فبراير ومارس	على خطوط تبعد عن بعضها ٦٠ سم	١٥-٢٠ سم	٢٥-٣٠ سم	التوت الرومى
فبراير ومارس	على خطوط تبعد عن بعضها ٦٠ سم	عقل سميكه ٢-١ سم أو أكثر عقل رفيعة خضراء ١ سم أو أقل	٢٠ سم	الزيتون
مارس وأبريل	على خطوط تبعد عن بعضها ٦٠ سم	١-١٥ سم	٢٥-٣٠ سم	قنطه هندی

فواكه تتكاثر بالعقل الساقية

تحت ظروف خاصة

(العزوني ١٩٧٠)

ميعاد الزراعة	طريقة الزراعة	سمك العقلة	طول العقلة	الفاكهة
فبراير ومارس	في أتية للزراعة في الصوبات أو على خطوط في العراء بنسبة نجاح أقل	١-١٥ سم	٢٥-٣٠ سم	الكمثرى (بعض الأصناف الأسبوية والهجن)
فبراير ومارس	في الصوبات الزجاجية	١-٢ سم	٢٥-٣٠ سم	الجوافة
فبراير ومارس	في الصوبات الزجاجية المدفأة	١-٢ سم	٢٥-٣٠ سم	التفاح (بعض الأصول البرية والهجن)

ملحوظة :

يمكن استعمال العقل الساقية الغضة ، وزراعتها في صوب زجاجية مدفأة
وتحت ظروف الري الرذاذي ، في بعض أنواع الفاكهة ، وتعطى نسبة عالية من
الإنتاج .

الفواكه التي يمكن إكثارها بالعقل الجذرية

(العزوني ١٩٧٠)

ميعاد الزراعة	طريقة الزراعة	سمك العقلة	طول العقلة	الفاكهة
لوانل الربع والخريف	في المكان المستديم أو في المشتل	١٠ سم أو أكثر أقل من ١٠ سم	للقرم الجذرية (٢٠-٣٠ سم)	للزيتون
فبراير ومارس	قصاري على خطوط	١٥ سم	٧-٥ سم إذا زرعت في قصاري ٣٠-٢٠ سم إذا زرعت في الأرض	للنظر ابلس
فبراير ومارس	قصاري على خطوط	١٥ سم	٧-٥ سم إذا زرعت في قصاري ٤٠-٢٥ سم إذا زرعت في الأرض	لثمران
فبراير ومارس	قصاري على خطوط	١٥ سم	٧-٥ سم إذا زرعت في قصاري ٣٥-٢٠ سم إذا زرعت في الأرض	الكمشري (بعض الأصناف)
فبراير ومارس	قصاري على خط	١٥ سم	٧-٥ سم إذا زرعت في قصاري ٢٥-٢٠ سم إذا زرعت في الأرض	للتفاح (بعض الأصناف)

ملحوظة :

تدل نتائج الأبحاث المختلفة أن الفواكه التي تكون سرطانات بسهولة يمكن أن تتكاثر بالعقل الجذرية بسهولة .

وتدل بعض الملاحظات أنه يمكن تشجيع نمو بعض الشتلات من جذور أشجار الفاكهة الكبيرة بقطع أجزاء من الجذور باستعمال كريك يدك في التربة إلى أسفل فتقطع بعض الجذور تتكون عليها فيما بعد أفرخ خضرية من براعم عرضية تتكون على أجزاء الجذور المفصولة ويلاحظ أن هذه الأفرخ النامية تكون شابة Juvenile .