علمنا من الباب السابق أن أصل المجموع الجذرى فى البذرة هو الجذير ، لأنه يكون المحور الرئيسى لذلك المجموع ، الذى يعرف بالجذر الإبتدائى ، كما رأينا أيضاً أنه فى نباتى الذرة والقمح — وغيرهما من نباتات ذوات الفلقة الواحدة — لا يستمر نمو الجذر الابتدائى طويلا ، بل يتوقف بعد فترة وجيزة ، وتخرج من قاعدة الساق الجنينية جذور إضافية ، تعرف بالجذور العرضية (Adventitious roots) ، تنمو بسرعة لتحل محل الجذر الإبتدائى وفروعه ، مكونة المجموع الجذرى المستديم..

الوظائف الأساسية للجذر

يقوم الجذر فى النباتات الراقية ، أساساً ، بالوظائف الآتية :

١ — **تثبيت النبات فى التربة :** يتغلغل الجذر الرئيسى عمودياً فى أغوار التربة ، وتضرب فروعه الجانبية مائلة فى كل اتجاه ، وتلتصق الجذور وشعيراتها التصاقاً وثيقاً بحبيبات الأرض ، ويتشعب المجموع الجذرى فى حيز كبير منها ، فيساعد كل ذلك على تدعيم النبات وتثبيته .

٢ — **امتصاص المـــاء والأملاح الذائبة :** يحدث الامتصاص بوساطة الشعيرات الجذرية وخلايا الطبقة الوبرية فى منطقة الامتصاص .

٣ — **اختزان الغذاء المدخر :** ويحدث ذلك فى حالات خاصة ، كما فى جذور البطاطا والداليا واللفت والبنجر والفجل والجزر وما إليها من الجذور المنتفخة المتضخمة .

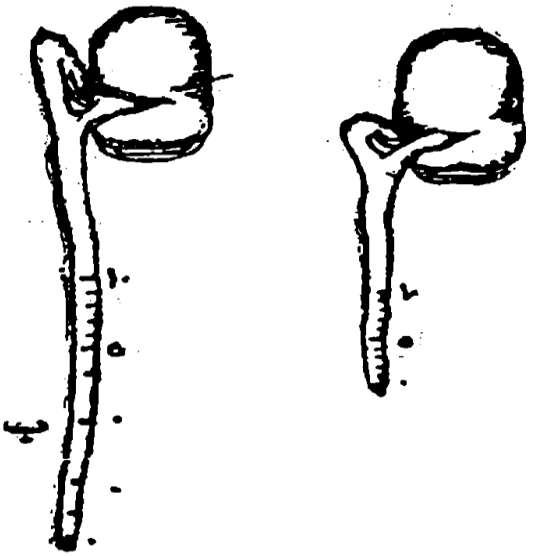
مناطق الجذر

إذا فحصنا جذير بادرة صغيرة من بادرات الفول أو الذرة ، لاحظنا وجود منطقة نمو (Growing region) فى قمته ، مكونة من خلايا إنشائية رقيقة ، تنقسم بنشاط لتعطى خلايا جديدة باستمرار . وتغطى هذه القمة النامية قلنسوة (Calyptra) تحفظها من التمزق أثناء تغلغل الجذير فى التربة . ومنطقة النمو هذه لا تقتصر على الجذير وحده ، بل توجد أيضاً فى أطراف الجذور البالغة ، سواء منها الجذور الأصلية والفرعية ؛ ويتمزق السطح الخارجى للقلنسوة بالتدريج ويصير لزجا ، مما يساعد على انسيابه بسهولة بين حبيبات التربة . ويعوض ما يتمزق من خلايا السطح الخارجى بخلايا جديدة ، تضيفها القمة النامية إلى القلنسوة من الداخل ، وبذلك يظل سمك القلنسوة ثابتاً .

وتلى القمة النامية بالجذر منطقة أخرى تعرف بمنطقة الاستطالة (Zone of elongation) ، فيها تستطيل الخلايا الجديدة المتكونة فى القمة ، ولإثبات حدوث الاستطالة فى هذه المنطقة دون غيرها تجرى التجربة البسيطة الآتية : ترسم على سطح جذير معتدل خطوط أفقية متوازية بالحبر الصينى على أبعاد متساوية . ولتكن ملليمترا واحداً مثلا ، ويبدأ بالتقسيم من طرف الجذير (شكل ١١ : ا) ، ويتابع حتى بداية الشعيرات الجذرية . تثبت البادرة بعد ذلك فى قرص من الفلين أو قطعة من الخشب بدبوس يمر بالفلقتين ، بحيث يتجه الجذر عمودياً إلى أسفل . ثم يوضع قرص الفلين أو قطعة الخشب فى مخبار يحتوى على قليل من الماء . وتبطن جوانبه الداخلية بورق نشاف مشبع بالماء . ويغطى المخبار ويحفظ فى مكان مظلم دافىء لمدة يومين ، ثم يفحص الجذر بعد ذلك ، فيلاحظ أن المسافات التى بين الخطوط المرسومة على سطحه لم تبق ثابته بل زاد بعضها زيادة ملحوظة ، فالمنطقة التى تباعدت فيها العلامات تحدد منطقة الاستطالة . ويلاحظ أن تباعد الخطوط — وهو يعبر عن سرعة النمو فى الطول — أكبر مايكون فى وسط هذه المنطقة ، ويقل بالتدريج كلما اقتربنا من طرفيها (شكل ١١ : ب) .

وتلى منطقة الاستطالة منطقة أخرى تعرف بمنطقة الامتصاص (Absorbing zone) ، وفيها يتغطى سطح الجذر بشعيرات بيضاء تعرف بالشعيرات الجذرية (Root hairs) . ولا يبدأ خروجها من الجذر إلا بعد أن تنتهى منطقة الاستطالة ، وبذلك لا يتغير موضعها فى التربة ، فلا تتمزق بالاحتكاك. والشعيرات زوائد أنبوبية رقيقة الجدر ، تمثل امتدادات من خلايا الطبقة الوبرية ، تشـــق طريقها فى التربة وتلتصق بحبيباتها التصاقاً وثيقاً . لتمتص الماء من الأغشية المغلفة لهذه الحبيبات بما فيه من أملاح ومواد ذائبة ، وتغطى الشعيرات منطقة من الجذر محدودة الطول ثابتة البعد عن القمة النامية ، ويعزى ثبوت بعدها عن تلك القمة إلى كون الشعيرات محدودة العمر تؤدى وظيفتها لبضعة أيام ثم تجف ، ويحدث ذلك بصفة مستمرة فى النهاية الخلفية للمنطقة وتتكون شعيرات فى الناحية الأمامية لتعويض الشعيرات القديمة الذاوية . فعمليـة الامتصاص مقصورة إذن على منطقة الشعيرات ، وتشترك خلايا الطبقة الوبرية التى لم تتسوبر بعد فى تلك المنطقة بنصيب فى هذه العملية. بيد أن ما تمتصه قليل لصغر سطحها الملامس للتربة ، اذا قورن بما تمتصه الشعيرات بسطحها الكبير .

(شكل ١١)



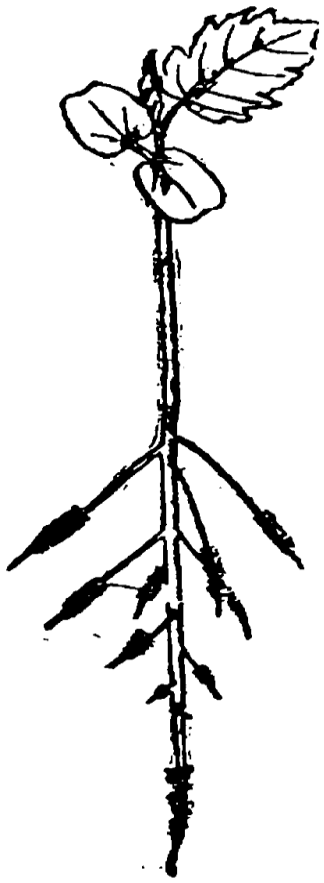
تجربة لتحديد منطقة الاستطالة فى جذير الفول (أ) البادرة عند بدء التجربة ، (ب) البادرة فى نهاية التجربة .

وتوجد منطقة الإمتصاص فى الجذر الأصلى والجذور الجانبية على السواء (شـكل ١٢) ، ولذلك فباستمرار النمو وبقاء الشعيرات على بعد ثابت من القمة النامية يستمر انتقال منطقة الإمتصاص بأكملها إلى أرجاء جديدة من التربة .

ثم تأتى منطقة جرداء خلف منطقة الامتصاص ، ومن خلفها منطقة الجـــذور الجانبية (Zone of lateral roots) ، وتخرج الأخيرة عادة من الأنسجة الداخلية للجذر الأصلى ، كما يتضح ذلك من قطاع طولى منصف. ومما تجدر ملاحظته أن أصغر الجذور الجانبية أقربها إلى القمة (شكل ١٢) ، وأن تلك الجذور لا تتفرع من الجذر الابتدائى وحده ، ولكن من فروعه أيضاً .

وتتكرر هـــذه المناطق جميعها : القلنسوة والقمة النامية ومنطقتا الاستطـــــالة والشعيرات والمنطقة الجرداء ومنطقة الجذور الثانوية ، بالترتيب المتقدم فى جميع فروع المجموع الجذرى ، من الجـذر الابتدائى إلى أدق الجذيرات .

(شكل ١٢)



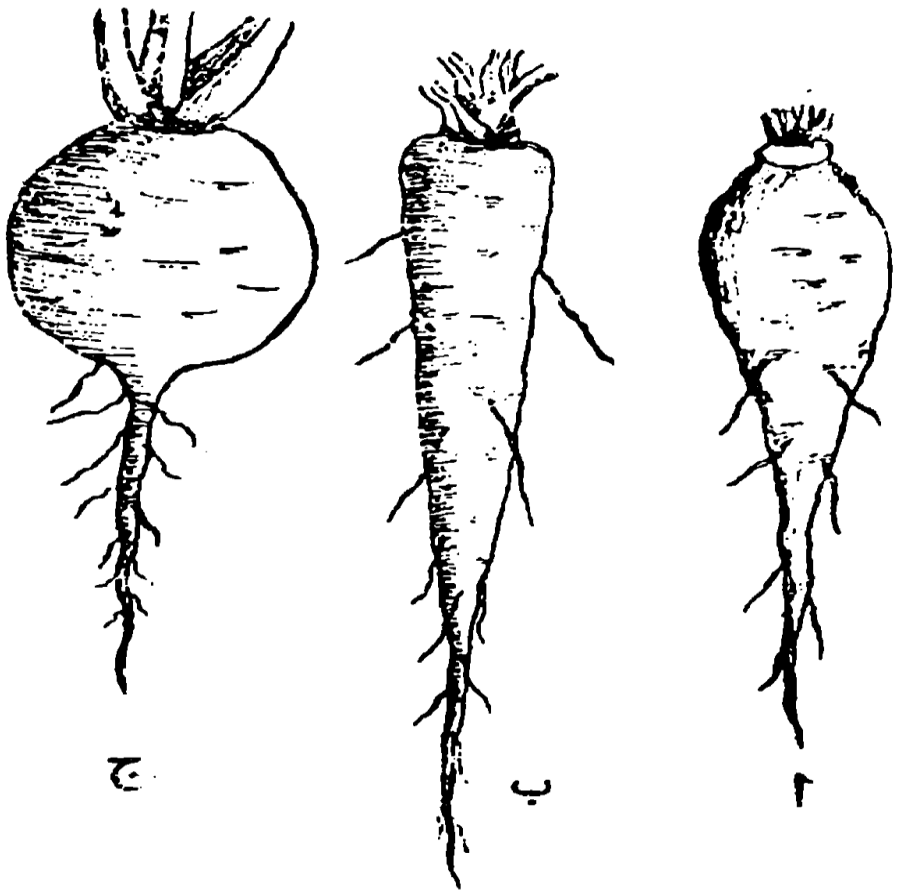
مناطق الجذر فى بادرة نبات زهرى ، يخرج من الجذر الأصلى عدد من الجذر الجانبية التى تظهر عليها الشعيرات الجذرية بالقرب من القمة

الجذور الوتدية

تنقسم الجـــــذور إلى وتدية (Tap roots) وعرضية (Adven-titjous roots) . وينشأ المجموع الجذرى الوتدى عادة من الجذر ، ويتميز بمحور رئيسى يعرف بالجذر الابتـــدائى (Primary root) ، تخرج منه جذور جانبية وجذيرات أقل منه شأناً . وهذا النوع من المجموع الجذرى هو السائد بين نباتات ذوات الفلقتين ، كالقطن والخروع والملوخية .

وفى بعض النباتات ذات المجموع الجذرى الوتدى يختزن الغذاء فى الجذر الإبتدائى فيتشحم وينتفخ ، ويتخذ أشكالا مختلفة (شكل ١٣) ، فيكون تارة مغزلى الشكل (Fusiform) كما فى الفجل ، وتارة مخروطى الشكل (Conical) كما فى الجزر ، وأحياناً متكوراً أو لفتياً (Napiform) كما فى اللفت .

(شكل ١٣)



أنواع الجذور الوتدية المختزنة: (ا) جذر الفجل ، (ب) جذر الجزر ، (ج) جذر اللفت

الجذور العرضية

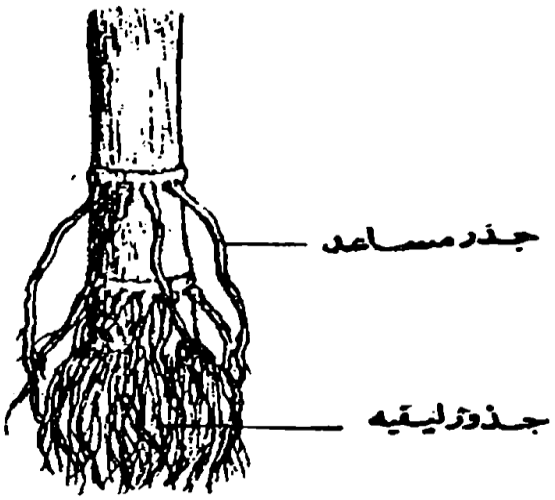
الجذور العرضية هى التى لا تنشأ من الجذير وفروعه ، ولو أن لبعض نواعها أصلا فى الجنين . كالجذور العرضية فى الذرة والقمح والشعير ، وما إليها ، حيث تنشأ من قاعدة الساق الجنينية . بيد أن غالبية الأنواع تتكون على أعضاء بالغة ، كالأجزاء الأرضية من العقل التى تستعمل فى

التكاثر الخضرى ، والعقل كما هو معروف قطع من الساق تحمل براعم . وتخرج أيضاً من قواعد السوق الهوائية ، ومن أجزائها العليا أحياناً ، كما أنها تتكون على السوق الأرضية بأنواعها ، وعلى الأوراق فى بعض الأحيان . وقد تتحور الجذور العرضية فى بعض النباتات لتؤدى أغراضاً خاصة .

وأهم أنواع الجذور العرضية هى :

١ — الجذور الليفية (Fibrous roots) — وتعرف أحياناً بالجذور الخيطية — لأنها رفيعة كالخيوط ، وتكثر فى النباتات ذوات الفلقة الواحدة كالذرة والقمح والنخيل (شكل ٣٥) ، وتنشأ مبكرة أحياناً لتحل محل الجذر الابتدائى ، الذى يتوقف عن النمو وهو صغير . كما تتكون أيضاً على السوق الأرضية ، كالأبصال والريزومات وما إليها ، وعلى السوق الهوائية المدادة والجارية كسوق النعناع والشليك .

(شكل ١٤)

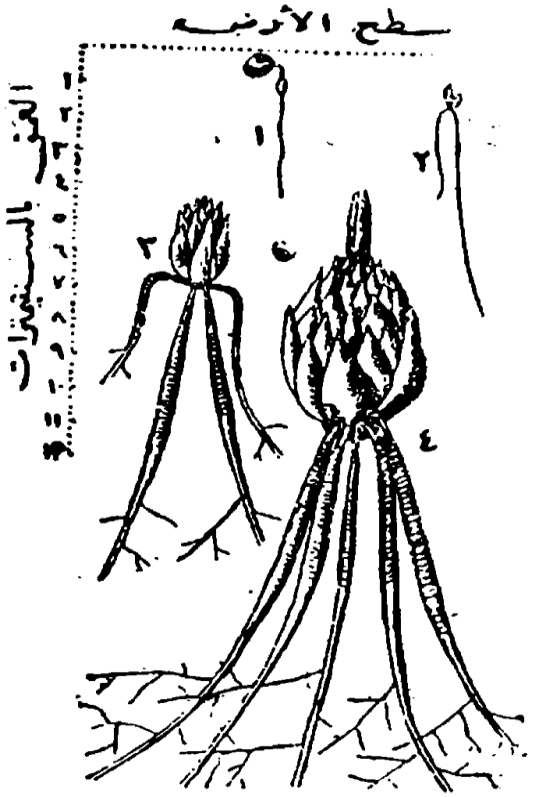


الجذور المساعدة لنبات الذرة

٢ — الجذور المساعدة (Prop roots) : وتخرج من العقد السفلى القريبة من سطح الأرض ، على سيقان بعض النباتات القائمة الرفيعة غير المتفرعة كسيقان الذرة وقصب السكر (شكل ١٤) . وتتجه هذه الجذور مائلة إلى أسفل ، حتى إذ بلغت سطح الأرض اخترقته ، وتفرعت فى باطن الأرض وانتشرت كما تنتشر الجذور العادية ، فهى لذلك تساعد على تدعيم النبات وتثبيته فى الأرض ، وحفظه قائماً برغم العواصف وغيرها من المؤثرات الجوية المختلفة ، كما أن أجزاءها الأرضية تقوم أيضاً بوظيفة الامتصاص .

٣ — **الجذور الشادة** (Contractile roots) : وهى جذور متقلصة ، توجد فى بعض أنواع النباتات ، فى أسفل الكورمات والأبصال . وتستطيع بتقلصها أن تشد النبات إلى أسفل ، فتهبط بالكورمة أو البصلة إلى المستوى الطبيعى الملائم ، إن كانت البذور قد غرست فى مستوى مرتفع قريب من سطح الأرض. وبفضل هذه الجذور تظل الساق الأرضية المختزنة دائماً على بعد ملائم من سطح الأرض (شـــكل ١٥) يزيد فى تدعيمها وتأمين أجزائها الهوائية ضد عوادى الرياح .

(شكل ١٥)



الجذور الشادة لنبات الزنبق (Lilium martagon) فى مختلف مراحل تكوينها ، ويلاحظ اتصالها بقاعدة البصلة وشدها لها شدا هبط بمستواها عن النبات البالغ كثيرا عن المستوى الذى زرعت عنده البذور بالقرب من سطح الأرض .

٤ — **الجذور الهوائية** (Aerial roots) : وهى جذور تمتد فى الهواء وتستطيع أن تمتص منه بخار الماء قبل أن تبلغ سطح الأرض ، **ومن أمثلتها جذور التين البنغالى** (**Ficus bengalensis**) ، وجذور الأراشيد (Orchids) تعيش معلقة على أفرع الأشجار العالية بالغابات ، وتغلف الجذور الهوائية لهذه الأراشيد بنسيج خاص إيجروسكوبى ، وظيفته امتصاص البخار من الهواء المحيط به .

٥ — **الجذور الدعامية** (Pillar roots) : وتوجد فى بعض الأشجار الضخمة كأشجار التين البنغالى سالفة الذكر ، وتنشأ هذه الجذور هوائية فى أول الأمر ، ثم تتدلى حتى تبلغ الأرض فتخترقها وتتفرع فيها وتنتشر ، وتتغلظ أجزاء هذه الجذور التى فوق الأرض وتتخشب ، فتعمل

بذلك على حمل الأفرع الهوائية . وفى الأشجار المسنة يوجد عدد كبير من هذه الدعائم الجذرية حول جذع الشجرة ، تلتحم أحياناً مع الجذع ، ومع بعضها البعض فتبدو كأنها من بعض أجزاء الجذع نفسه .

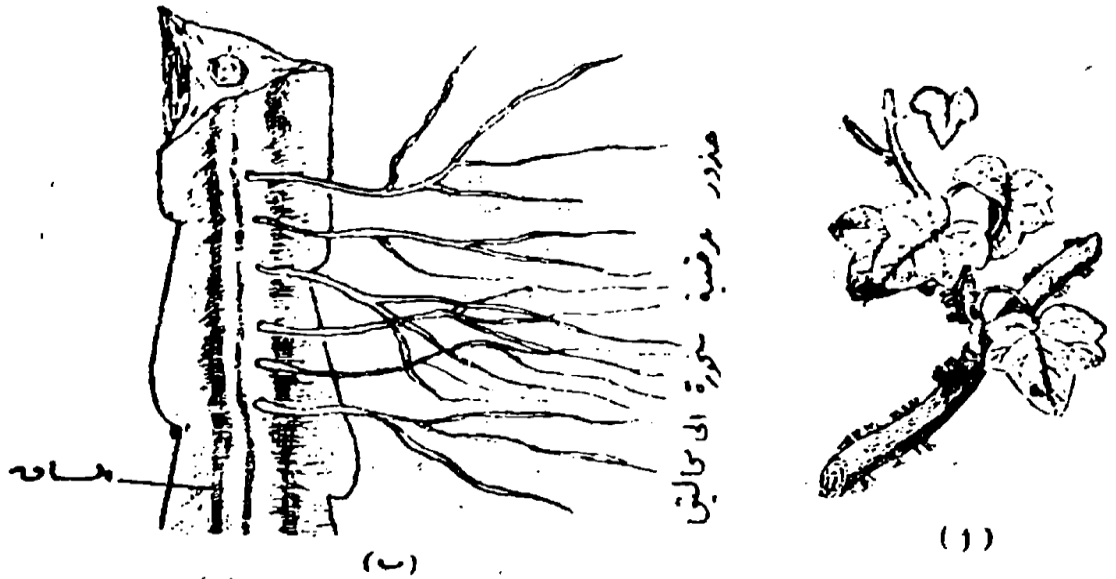
٦ — **الجذور التنفسية** (Respiratory roots) : توجد هذه الجذور فى النباتات التى تعيش فى مستنقعات طينية رخوة ، حيث التربة رديئة التهوية ومشبعة بالماء وغنية بالبقايا النباتية المتحللة . فى مثل هذه التربة ترتفع نسبة ثانى أكسيد الكربون الناشئ عن تحلل المواد العضوية ، ولا تجد جذور النباتات الراقية كفايتها من الأكسيجين اللازم لتنفسها . ومن أمثلة هذه النباتات نبات « ابن سينا » أو « الشورة » (**Avicennia marina**) ، وهو شجيرات تعيش فى بعض جزر البحر الأحمر قرب الغردقة ، وتخرج من أجزاء النبات السفلى — المغمورة فى الطين — جذور عرضية تنفسية تنبثق من جذور أفقية تمتد مسافات طويلة تحت سطح الأرض مباشرة ، وتتجه إلى أعلى بدل اتجاهها إلى أسفل ، وتحتوى أنسجتها الداخلية فراغات هوائية واسعة ، كما تنتشر على سطحها عديسات كثيرة ، وظيفتها توصيل الهواء الجوى بالفراغات الهوائية التى تتخلل أنسجة الجذور الداخلية ، وبذلك يستطيع الجذر أن يتنفس الهواء الجوى مباشرة .

والتربة الطينية فى هذه المستنقعات سائبة ، يغوص فيها بكل جسمه من يسوقه سوء طالعه إلى اقتحامها ، ثم تثقل عليه حتى لا يستطيع منها فكاكاً . ولهذا فقد عرفت تلك البيئة النباتية منذ زمن طويل باسم مقابر الإنسان (**Mangroves**) ، وهى منتشرة فى كثير من بقاع العالم ، وكم أودت بحياة الكثيرين من الرحالة .

٧ — **الجذور التسلقية أو المعاليق الجذرية** : (Climbing roots or root tendrils)

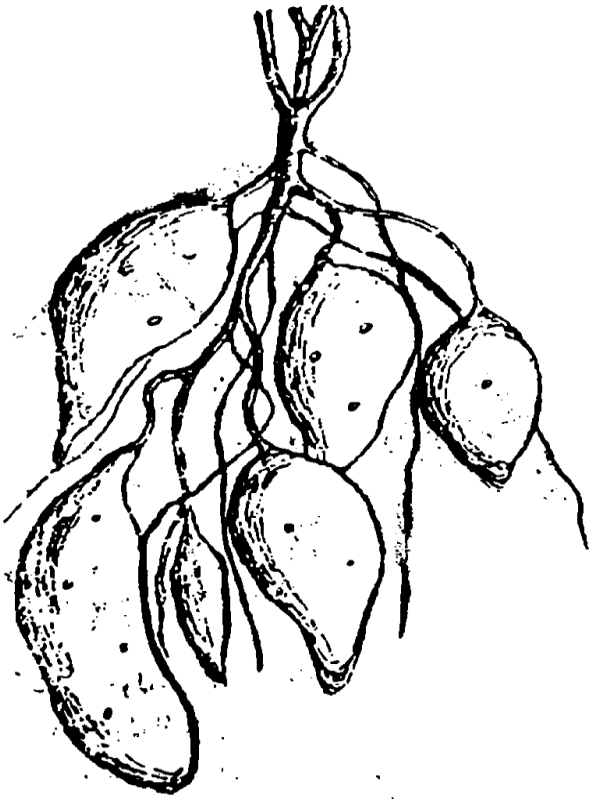
وهى جذور عرضية ، تخرج من سيقان بعض النباتات المتسلقة ، مثل نبات حبل المساكين (**Hedera helix**) (شكل ١٦ أ) أو المتسلقة مثل نبات الشمع (**Cereus**) (شكل ١٦ب) ، وهو أحد نباتات الزينة المتشحمة . تخترق هذه الجذور التسلقية الدعامة أو الحائط فتعمل بذلك على تثبيت السيقان بها ، وبذلك يستمر صعود النبات إلى أعلى . والملاحظ عادة أن هذه الجذور التسلقية تخرج من جانب الساق المواجه للدعامة .

(شكل ١٦)



الجذور المتسلقة لنبات حبل المساكين (أ) ونبات الشمع (ب)

(شكل ١٧)



الجذور الدرنية لنبات البطاطا

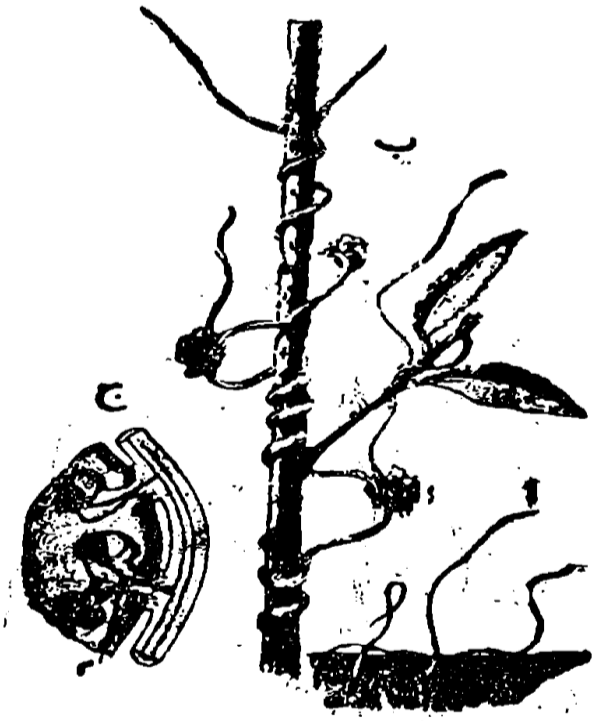
٨ ـ الجذور الدرنية

(Tuberous roots) : وهى جـــذور عرضية متشحمة ، تختزن فيها المواد الغذائية التى يعتمد عليها النبات فى بعض أدوار حياته ، ومن أمثلتها درنات البطاطا (Ipomoea officinalis) (شكل ١٧) ودرنـــات كشـــك المـــاز (Asparagus officinalis) ، والداليا (Dahlia variabilis)، والأصل فى المجموع الجذرى لكثير من هذه النباتات أنه عرضى ليفى، تشحمت بعض جذوره فى أجزاء منها مكونة هـــذه الدرنات ومختزنة فيها المواد الغذائية، وتقوم الجذور

الدرنية أحياناً — كما فى البطاطا — بوظيفة التكاثر الخضرى ، فتنبت إذا زرعت ، معتمدة على الغذاء المدخر ، لتعطى نباتات جديدة .

٩ — **الممصات** (Haustoria) : وهى جذور تخرج من سيقان وجذور بعض النباتات المتطفلة كالحامول (Cuscuta) ، والهالوك (Orobanche) (شكلا ١٨ و ١٩) وتخترق أنسجة العائل حتى تبلغ الحزم الوعائية ، فتمتص منها الماء والغذاء المجهز ، كما تمتص أيضاً المادة الحية من خلايا الأنسجة الأخرى فتنقلها إلى بقية أجزاء النبات المتطفل الذى يتغذى عليها ويبادر إلى إنتاج أزهاره وثماره ، ويتطفل الحامول على سيقان البرسيم وغيره من النباتات ، كما يتطفل الهالوك على جذر الفول

(شكل ١٨)



نبات الحامول : (ا) بادرات الحامول ، (ب) نبات الحامول المتطفل على ساق البرسيم ، (ج) قطاع مستعرض مار بساق الحامول وساق العائل ، (م) ممص يخرج من ساق الحامول ويخترق العائل ليتصل بأوعية الخشب واللحاء

(شكل ١٩)

نبات هالوك مصور متطفل على الفول ، وترى جذور الهالوك وهى تحيط بجذور الفول ذوات العقد البكتيرية