انواع الماء :1-الماء العسر: وهذا النوع من أنواع المياه في الطبيعة مُشبّع بالكالسيوم والحديد والمغنيسيوم والعديد من المعادن غير العضوية الأخرى، وتُصنّف كل المياه في البحيرات والأنهار وفي الآبار العميقة على أنها مياه مُشبّعة.

1. **2-الماء الخام**: والمقصود بهذا النوع من أنواع المياه في الطبيعة هو ذلك الماء الذي لم تصل درجة حرارته حد الغليان، وقد تكون المياه الخام صلبة مثل الماء المشبع بالكالسيوم أو سائلة مثل ماء المطر، وهو يحتوي على الملايين من الجراثيم والفيروسات، وقد تؤثر بعض هذه الفيروسات والبكتيريا سلبًا على الغدة الدرقية والكبد وأعضاء الجسم الحيوية الأخرى
2. **3-الماء المُقطّر**: وهذا النوع من أنواع المياه في الطبيعة هو ماء تحوّل لأول مرة إلى بخار بحيث ترك كل الشوائب وراءه ثم من خلال التكثيف تم تحويله مرة أخرى إلى ماء نقي، وهذا هو الماء النقي الوحيد من أنواع المياه في الطبيعة.
3. **الماء المُفلتر:** يمر هذا النوع من أنواع المياه في الطبيعة من خلال مصفاة دقيقة ويتم الاحتفاظ ببعض الكالسيوم والمواد الصلبة الأخرى في التصفية، ولا يوجد مُرشّح يمكن أن يمنع الجراثيم بشكل كامل.
4. **الماء المغلي**: وهذا النوع من أنواع المياه في الطبيعة يعتمد على الغليان في إزالة الشوائب الموجودة وهو يركز المعادن غير العضوية، ويتم التغلب فيه بشكل فعّال على كافة أنواع الجراثيم الموجودة بذلك النوع من أنواع المياه في الطبيعة.
5. **الماء العذب:** وهذا النوع من أنواع المياه في الطبيعة قد يحتوي على العديد من المعادن والمواد الكيميائية والفيروسات والبكتيريا.
6. **الماء منزوع الأيونات**: ويتكون هذا النوع من أنواع المياه في الطبيعة نتيجة عملية تبادل الأيونات

التركيب التشريحي للنبات وعلاقته بالبيئة

Ecological Anatomy

كان الإهتمام قاصراً في الفصول السابقة، على تركيب النبات الطبيعي الذي ينمو في مناطق محتواها المائي متوسط أو أمثل . وتسمى مثل هذه البيئة وسطية "Mesophytic" وتوجد في الأماكن المنزرعة من المنطقة المعتدلة ، وكذلك في أجزاء من المناطق الإستوائية ، وخصوصاً على إرتفاعات متوسطة . وتسمى النباتات التي تعيش في هذه البيئة نباتات وسطية "Mesophytes" وتشمل معظم النباتات البرية والمنزرعة بالمناطق المعتدلة . وهناك نباتات كثيرة أيضاً ، تعيش في ظروف متطرفة بالنسبة للماء الميسر "available water" ، مثل المجموعات الكبيرة من النباتات الوعائية المسماة بالنباتات المائية "Hydrophytes" والتي تعيش طافية فوق سطح الماء أو مغمورة عند أعماق مختلفة حتى تصل إلى حيث تقل شدة الإضاءة ، وتصبح الظروف الآخرى عوامل تحدد إستمرار بقاء النبات من هذا النوع . وينمو في البيئة المعروفة بالجفافية "Xerophytes" حيث الماء الميسر قليلاً ، عدد أكبر من الأنواع ، تظهر إختلافاً بيناً في تركيبها . وتشمل مجموعة النباتات الجفافية "Xerophytes" ، أنواعاً من عدة فصائل ، لا ترتبط ببعضها البعض من ناحية النشوء القبلي بتاتاً ، ولكنها متقاربة نوعاً في تركيبها الخضري، وهي في هذه البيئة . وتوجد بين النباتات الصحراوية في جانب والمائية في الجانب

الآخر ،أنماط عدة ودرجات كثيرة من الإختلاف التركيبي للنباتات التى تتوسط بيئتها الطبيعية بين الوسطية والصحراوية في طرف وبين الوسطية والمائية في الطرف الآخر .

أنواع البيئة الجفافية Types of Xerophytic Enviroment

تظهر التحورات التركيبية التي تتصف بها النباتات الصحراوية تحت ظروف بيئية كثيرة منوعة، ولكنها أكثر شيوعاً في الصحاري والأماكن شبه الجافة حيث يشح المطر طول العام أو أثناء جزء كبير منه فتظهر عدة نباتات ليست نموذجاً للنباتات الصحراوية في تركيبها ، لأنها تنمو أثناء موسم ممطر قصير وتقضي موسم الجفاف على هيئة بذور ، أو أبصال ساكنة أو كورمات أو جذور تحت سطح الأرض – ويوجد عدد لا بأس به من الأنواع ، في مثل هذه الأماكن فيما عدا الصحاري المتطرفة حيث لا تنمو نباتات راقية، ولهذه النباتات سوق وأوراق ، أو سوق فقط ،تظهر فوق الأرض طول العام . وتوجد بالإضافة إلى هذه البيئات ،التي تتميز بنقص حقيقي في الماء ، توجد أيضاً البيئات التي يبدو أن ماءها وفير ، ولكنه غير ميسر للنباتات لسبب فسيولوجي "Unavilable" فهناك مجموعة معروفة من النباتات تسمى النباتات الملحية Halophytes وتنمو في المستنقعات الملحية ، أو في أنواع خاصة من التربة القلوية السامة قليلاً للنباتات ، ورغم بقاء هذه النباتات في الماء عادة فإن تحوراتها التركيبية محكمة ، تشبه كثيراً تلك الموجودة في نباتات الصحراء لتمنع فقد الماء . وورغم وجود الماء فإن درجة تركيز الإسموزية عالية بدرجة لا تساعد على إمتصاصه بواسطة النبات ، وتوجد حالة مشابهة نوعاً في نباتات الأراضي الغدقة" Peat bogs" بالمناطق المعتدلة الأكثر برودة ،وبالمناطق تحت القطبية ولا يمتص الماء في هذه الأماكن بسبب درجة تركيزه الإسموزية العالية ويحتمل عدم إمتصاصه بسبب الأثر السام على جذور النباتات فيمنع نموها أو يسبب الإنخفاض الشديد في درجة حرارة التربة. وتظهر مجموعة أخرى من

الظروف الفسيولوجية الصحراوية في مناطق لا يوجد بها نقص حقيقي للماء ولكنها باردة أثناء فترة من السنة . فتوقف درجات الحرارة المنخفضة معدل إمتصاص الجذور للماء وتقلل عملية الإنتقال عامة ورغم إنخفاض النتح ، فهناك نقص فسيولوجي في الماء .وتصبح هذه الحالة شديدة الوضوح عندما تتجمد التربة إلى عمق كبير . وتبدو هذه النباتات التي تحتفظ بأوراقها تحت هذه الظروف ذات تركيب صحراوي نموذجي مثال ذلك الأنواع عاريات البذور ذوات الأوراق الإبرية التي تنتشر في المناطق المعتدلة وتحت القطبية عامة.

والتعرض للرياح الدائمة العالية السرعة ،وللضوء والحرارة الشديدين، يهيئ الظروف الجفافية أيضاً، وثمة ظروف جفافية كثيرة تنشأ نتيجة تضافر عدد من العوامل البيئية المذكورة، ففي الصحراء تشترك عوامل فقد الماء من التربة ومن الجو والضوء والحرارة الشديدين والرياح عالية السرعة.

1- نباتات الجفاف Xerophytes

تختلف نباتات الجفاف عن النباتات الوسطية (Mesophytes) من الناحيتين الفسيولوجية والتركيبية . ومع أن الأعضاء والأنسجة الوسطية المعتادة لا يتغير تركيبها ، إلا أنها تصبح أكثر فاعلية من حيث الوظيفة، مثال لذلك تكون النباتات التي تنمو في ظروف الجفاف ،كشجرة الزيتون تكون مجموعاً جذرياً كبيراً بدرجة غير عادية يكون قادراً على الإمتصاص بكفاءة عالية والنباتات الملحية مثل آخر لهذا النوع من التحورات ، حيث درجة التركيز الإسموزية داخل النبات أعلى منها في النباتات الوسطية المعتادة، وتمكن هذه الدرجة من التركيز النبات من إمتصاص الماء من التربة الملحية . ويشترك مع إرتفاع درجة التركيز الإسموزية قدرة خلايا هذه النباتات على مقاومة الأثر السام للمحلول الملحي ، الذي يضر دون شك بكثير من النباتات الأخرى الى درجة تركيزها الإسموزية عادية، ويصاحب التحورات الفسيولوجية عادة تحورات تركيبية تقلل من فقد الماء الممتص كما توجد أجسام متخصصة شديدة التعقيد ،

جلدية Sclerophytesصفات نباتات الجفاف

اولا: التلجنن والتكوتن Lignification and Cutinization

يكثر التأدم الغليظ (Heavy and Cuticularization) وأقصى تكوتن للبشرة وكذلك خلايا تحت البشرة في نباتات الجفاف . وتوجد جمي ع درجات الثخانة بالأدمة إبتداء من ثخانة أكبر قليلاً من المعتاد ، مثل نباتات البيئة نصف الجفافية

(Semixerphytes) إلى ثخانة تامة بالنباتات الجفافية المتطرفة .(Extreme xerophytes) حيث ثخانة الأدمة مثل أو أغلظ من قطر خلايا البشرة . كما تتكوتن جدر خلايا البشرة عادة، وقد يمتدد التلجنن حتى أجزاء من خلايا البرنشيمة العمادية في بعض الأعضاء كما في أوراق السيكاس (Cycas) (Fig 179) . وتتكون في كثير من النباتات طبقة من الشمع تغطي البشرة . وتفرز نباتات كثيرة الشمع بكميات تجعلها ذات قيمة تجارية مثل ذلك نخلة الشمع Copernicia وشجرة الشمع Ceroxylon وهما مورد شمع كارنوبا(Carnauba wax) الذي يتكون بكميات تكفي لجعلها ذات قيمة تجارية .وتحتوي كثير من نباتات الجفاف بالإضافة إلى تكوين البشرة على طبقة أو عدة طبقات من خلايا تقع تحت البشرة مباشرة ، وتسمى طبقة تحت البشرة Hypodermis (figs.179C.182B,E) وتشبه خلايا هذه الطبقة خلايا البشرة في التركيب عادة، وأحياناً تنشأ تكوينات من خلايا البشرة الصغيرة وتعتبر تحت البشرة نسيجاً متوسطاً من الناحية الشكلية في أوراق معظم النباتاتوقد تكون على صورة طبقة من الخلايا الإسكلرنشيمية(Sclereid) أو شريطاً من النسيج الليفي – وتتكوتن تحت البشرة في السوق والأوراق إلى حد ما أو غالباً ما تتلجنن كما يكثر وجود الصموغ والتانين في هذه الطبقة (fig 180.A)

ثانيا:وجود الإسكلرنشيمة Sclerenchyma {ألياف + خلايا حجرية}

تحتوي أوراق نباتات الجفاف العامة، بالإضافة إلى تحت البشرة على كمية من الإسكلرنشيمة أكبر من الموجود بالنباتات الوسطية عادة ويترتب هذا النسيج في طبقات منتظمة نوعاً من الألياف أو من الخلايا الاسكاريدية(حجرية) بين النسيج المتوسط للورقة والبشرة أو تحت البشرة. ويوجد في بعض النباتات شريط رقيق نوعاً من الاسكلرنشيمة بين تحت البشرة والنسيج المتوسط كما في بانكسيا (Banksia) (fig.180 A) كما توجد في أنواع أخرى ،أشرطة غليظة متوازية من الألياف أسفل البشرة . وتغطي هذه الأشرطة النسيج المتوسط فيما عدا فتحات صغيرة تؤدي إلى الثغور داخل الورقة . وتمنع هذه الطبقات الاسكلرنشيمية فقد الماء ، كما تساعد على تدعيم العضو، وتعمل كحاجز جزئي ضد الضوء الشديد. وتوصف نباتات الجفاف التي تحتوي أوراقها على كوتنة ولجننة كثيرة بأنها ذات أوراق جلدية.

ثالثا: وجود الشعيرات في الورقة (Trichomes)

تمنع التحورات السابق ذكرها فقد الماء من النبات بتكون طبقات هي ذاتها غير منفذة نوعاً. يضاف إلى ذلك ان إعاقة مرور الهواء على سطح يمنع التبخر السريع

خلال الثغور . ويغطي سطح الأوراق السفلي أو أينما وجدت الثغور بكثرة بطبقة من الشعيرات تمنع فقد الماء في كثير من النباتات خصوصاً نباتات مناطق الألب المعرضة للرياح الشديدة كما يكثر وجود الشعيرات فوق جميع أجزاء النبات المعرضة للهواء وتكون الشعيرات فوق البشرة مسافات محبوسة الهواء درجة رطوبتها النسبية تقارب درجتها داخل الورقة . وتوصف النباتات الصحراوية التي تحتوي أوراقها وسوقها على طبقة من الشعيرات بأنها مشعرة (Trichophyllous) في الجذر-اما شعيرات الجذر فتسمى Root Hair

رابعا :إلتفاف الأوراق Rolling of leaves

تلتف أوراق بعض نباتات الجفاف إلتفافاً تاماً تحت ظروف الجفاف ، ومن امثلتها المعروفة الحشائش الصحروية (xerophytic grasses) تقع الثغور في هذه الأوراق أما على السطح العلوي أوالسطح السفلي فإذا إلتفت حواف الورقة إلى الداخل حتى نتلامس او تتداخل ، بقيت الثغور بعيدة عن الهواء الخارجي . وخير مثل لهذا النوع يشاهد في سبارتينا (Spartina) وهو نبات نجيلي ملحي ، تلتف ورقته إلى أعلى إلتفافاً تاماً ، والثغور محمية لوجودها في أخاديد (fig . 180 C,D) فتقل حركة الهواء كثيراً فوق المساحات الثغرية.(توجد في اوراق كثير من الحشائش خلايا حركة خاصة على السطح العلوي للورقة تساعد على أن تلتف بطريقة معينة ، ويمكن مشاهدة هذه الخلايا بوضوح تام في النجيليات الصحراوية) وهناك نوع من الأوراق يلتف عندما تقل كمية الماء في النبات كما في الأوراق الشريطية مثل أنواع من داسيليريون (Dasylirion) وأنواع أخرى من بعض الأجناس ذوات الأوراق العريضة كما في رودوديندرون(Rhododendron)

خامسا :تركيب الثغر Stomato Structure

فتحات الثغور ذات أهمية للنبات، لأنها تسمح بدخول ثاني أكسيد الكربون والأكسجين وربما سمحت أيضاً بدخول وخروج غازات أخرى ، ويخرج الماء من الثغور عندما تكون مفتوحة، حتى لو كان فقده ضاراً بالنبات كله. وكذلك ان إنخفاض ذا أهمية قصوى للنباتات الصحراوية ، ومما يساعد على إنخفاض النتح: إختزال عدد الثغور- إما بإختزال سطح الورقة أو بإختزال عدد الثغور في وحدة المساحة أو تحور كامل في تركيب الجهاز الثغري . ولا يقل فقد الماء في النباتات الصحراوية نتيجة لوجود غطاء شعري ولإلتفاف الأوراق فحسب، ولكن وجود الثغور غائرة في مستوى منخفض عن باقي خلايا البشرة مما يساعد على قلة فقد الماء أيضاً، وللخلايا المساعدة بهذه الثغور شكل معني وترتيب خاص يجعلها تكون

غرفة أو غرفاً خارجية متصلة بالثغر خلال فتحات ضيقة . وتساعد هذه الحالة على عزل الفتحة بين الخليتين الحارستين عن الهواء الخارجي ، حيث نسبة الرطوبة منخفضة . ويكثر وجود هذا النوع من الثغور في نباتات الجفاف ، المتطرفة كما يوجد في الصنوبر(pinus) (figs,182.B.C) وذيل الحصان (Equisetum) (fig.182 D) وليبتوكاربس (Leptocarpus) (fig.181.B) وجدر الخلايا المساعدة وكذلك أجزاء من جدر الخلايا الحارسة بهذه الثغور تكون غليظة ملجننة غائرة أو مكوتنة بشدة ويحمي الثغور الغائرة أيضاً وجود الشعيرات كما في الكازورينا وبانكسيا والدفلة (fig.180.A)

سادسا :إختزال سطح الورقة Reduced Leaf Surface

تمثل النباتات ذوات الأوراق الصغيرة مجموعة من أكبر مجموعات النباتات ، ويساعد إختزال سطح الورقة بهذه المجموعةعلى منع فقد الماء جزئياً ، حيث السطح الكلي المعرض من جسم النبات صغير نسبياً إذا قورن بمثيله في النباتات الوسيطة المعتادة . ومن أمثلة هذه المجموعة أنواع كثيرة تمثل كل المجموعات النباتية مثل ذيل الحصان والصنوبر وكازورينا واسبرجس ونباتات الكالتس وبوليمبونيللا (fig.181 C) . وأوراق هذه الأنواع صغيرة جداً ، إذا كانت وظيفتها طبيعية وغالباً ما تختفي من النبات البالغ أو تبقى على هيئة حراشيف صغيرة ، أو قنابات معظمها لا يؤدي وظيفة الورقة ، وتتم عملية البناء الضوئي في سوق بعض الأجناس كما في ذيل الحصان ولبتوكاربس، وبوليجونيللا ، حيث أنسجة البناء الضوئي نامية جداً ويصاحب إختزال سطح الورقة عادة زيادة الإسكلرنشيمة وظهور الثغور الغائرة واختزان الماء.

سابعاً : وجود تحورات الأوراق الإبرية في عاريات البذور Needle Leave of the Gymnosperms

أوراق عاريات البذور الإبرية نوع هام من الأنواع الصغيرة الأوراق . وتتعرض أنواع كثيرة من الصنوبر وبسيا(Picea) وغيرها من أجناس المخروطيات ، تتعرض لظروف الجفاف أثناء الشتاء حيث درجة حرارة التربة والهواء منخفضة تمنعى امتصاص الماء وانتقاله وفي الوقت نفسه لا تمنع فقد الماء من الأوراق ، وتوجد بهذه الأوراق بالإضافة إلى إختزال السطح كوتنة ثقيلة وثغور غائرة . ومن الأوراق الإبرية المميزة ورقة الصنوبر (Pinus) (fig.182.A-C) .

يتكون النسيج الوعائي في هذه الورقة ، من حزمتين محوُرتين ، يتكون كل منهما من لحاء وخشب متساويين تقريباً ، معظمهما ثانوي النشأة وتحيط بالأنسجة الوعائية

مباشرة، منطقة تسمى النسيج الناقلTransfusion tissue يحدها اندودرمي ظاهر جداً. وبعض خلايا النسيج الناقل وهو في موضع البريسيكل – يحتوي على نقر مضفوفة، مع أن للنسيج مظهر البرنشيمة . ويوجد نسيج البناء الضوئي خارج الاندودرمي ، ويتكون من خلايا متوسطةخاصة، يتسع فيها سطح الجدارلوجود بروزات إلى الداخل . وتتوزع البلاستيدات الخضراء حول هذا السطح الكبير . والجدر الخارجية لخلايا البشرة مكوتنة، وتمتد الكوتنة على الصفائح الوسطى بين وحول الخلايا. والجدار شديد التغلظ لدرجة أن فجوة الخلايا تكاد تكون مسدودة ويلي البشرة (تحت البشرة) hypodermis وهي نامية جداً أو ثخانتها عدة طبقات تتكون خلايا سكلرنشيمية طويلة تمتد موازية للمحور الطولي للورقة والثغور غائرة نوعاً مرتبة في صفوف طولية محددة . ويظهرتركيب الثغور في القطاعات العرضية والطولية للورقة في شكل (figs.182 B.C) والأوراق الإبرية العاريات البذور الأخرى، مع اختلافها عن أوراق الصنوبر، إلا أنها تشبهها كثيراً في الصفات العامة.

2-نباتات الجفاف العصيرية Fleshy Xerophytes Succulents

هي المجموعة الثالثة الكبيرة من نباتات الجفاف التي لها أوراق أو سوق لحمية، وتوصف بأنها عصيرية . والأنسجة التي تخزن الماء والمواد المخاطية واضحة بهذه النباتات . وتقع بين البشرتين العليا والسفلى بالأوراق ، وعلى جانبي الورقة وفي مركزها بالأوراق المتطرفة. والخلايا المخزنة كبيرة عادة، رقيقة الجدران غالباً كما في بيجونيا(Bigonia) (fig.180 B) والجدر مدعمة بطريقة تمنع تقلصها إذا قل انتفاخ الخلايا. وواضح أن هذا النسيج المختزن يعمل كمصدر للماء المختزن أثناء الجفاف، أو يظلل الأنسجة السفلي من الضوء الشديد . ولبعض الأنواع أوراق غليظة اسطوانية ملساء ، حزمها الوعائية مرتبة في أسطوانة أشبه بالهيكل الوعائي. والنسيج المتوسط المكون من نسبة كبيرة من النسيج العمادي عادة أكثر إحكاماً عنه في النباتات الوسطية . كما أن كمية أنسجة البناء الضوئي أكبر بمقارنتها بمساحة السطح المعرض من الورقة . ويعتبر سطح الورقة مختزلاً نسبياً . وينتشر نسيج اختزان الماء في كثير من نباتات الجفاف صغيرة الأوراق ، خصوصاً نباتات الكاكتس (Cacti) والنباتات التي تشبهها في الصفات وكذلك بعض الأجناس الملحية مثل الخريزة(Salicornia) .

genera, for example, *Copernicia* and *Ceroxylon*, the sources of carnauba wax, produce this substance in quantities sufficient to be commercially valuable. (Wax is sometimes produced by plants not growing under xerophytic conditions.)

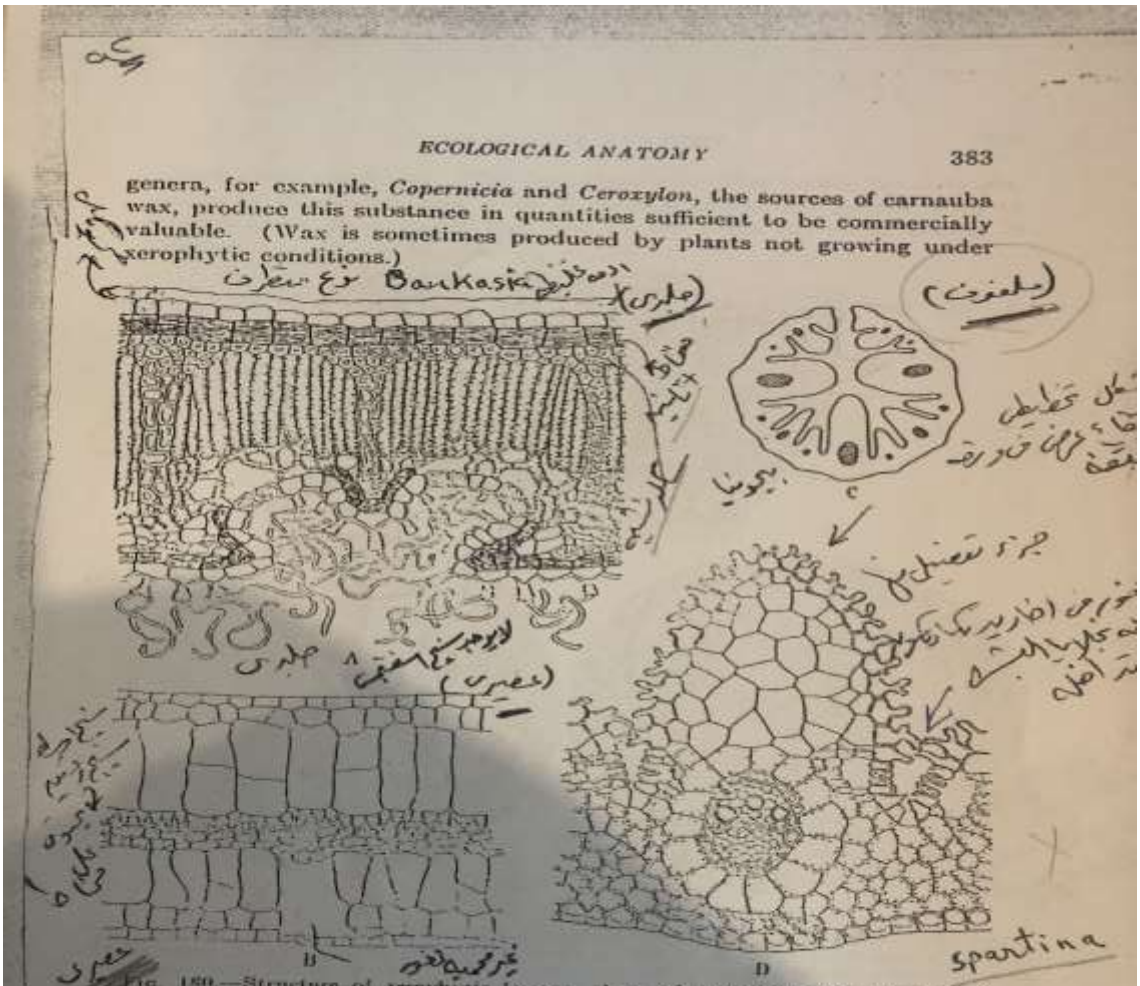


FIG. 150.—Structure of xerophytic leaves. *A*, a sclerophyllous type, *Banksia*; *B*, a malacophyllous type, *Hoppeola*; *C*, *D*, a rolling type, *Spartina*. *A*, an extreme type with very thick cuticle, outer hypodermal layer filled with mucilage and tannin, mesophyll pockets enclosed in sclerenchyma, stomata in hair-filled pockets, spongy parenchyma sparse; *B*, mesophyll thin, protected by layers of mucilage-containing cells, stomata unprotected; *C*, diagram of cross section of leaf in rolled condition; *D*, detail of portion of same; stomata in furrows nearly closed by interlocking epidermal cells.

النباتات العالقة Epiphytes

يختلف ترتيب النباتات العالقة تبعاً للبيئة. وكثير منها جفافية في تركيبها العام مثل تلاندسية(Tillandsia) وكثير من السحلبيات(Orchids). للأولى غطاء شعري وللثانية بشرة غليظة مكوتنة وسطحها الورقي صغيرنسبياً. ويتكون المجموع الجذري للنباتات العالقة جزئياً من مواسك تثبت النبات ، أو من جذور ماصة تتصل بالسطح المعلق منه النبات ، وفي بعض الأجناس ، يتكون من جذور هوائية، تعيش بعض النباتات العالقة في بيئات رطبة دائماً وليس لها تركيب جفافي.

تلاندسية Tillandsia

3 -النباتات المائية Hydrophytes

عدد الأنواع من النباتات الوعائية التي تنمو مغمورة في الماء أوطافية أصغر من عدد النباتات الجفافية, ولا يظهر على النباتات المائية تباين في تركيبها كما في نباتات الجفاف، فيقابل إنتظام البيئات المائية اختلاف في البيئات الجفافية. والعوامل التي تؤثر في النباتات المائية أساساً هي الحرارة ودرجة التركيز الاسموزي

والتسمم – ويعتمد العاملان الأخيران على كمية وطبيعة المواد في المحلول – والصفات التركيبية المميزة للنباتات المائية أساساً هي اختزال الأنسجة الواقية والدعامية والناقلة ووجود غرف هوائية {يمكن ملاحظة قدرة التركيب الجفافي على مواجهة الجفاف عندما يعرض نبات جفاف مثل نبات سيدم(Sedum) ونبات مائي مثل لسان البحرPotamogaton لظروف الجفاف، فيبقى الأول حياً عدة أيام، بينما يجف الثاني بعد ساعات قليلة جداً}

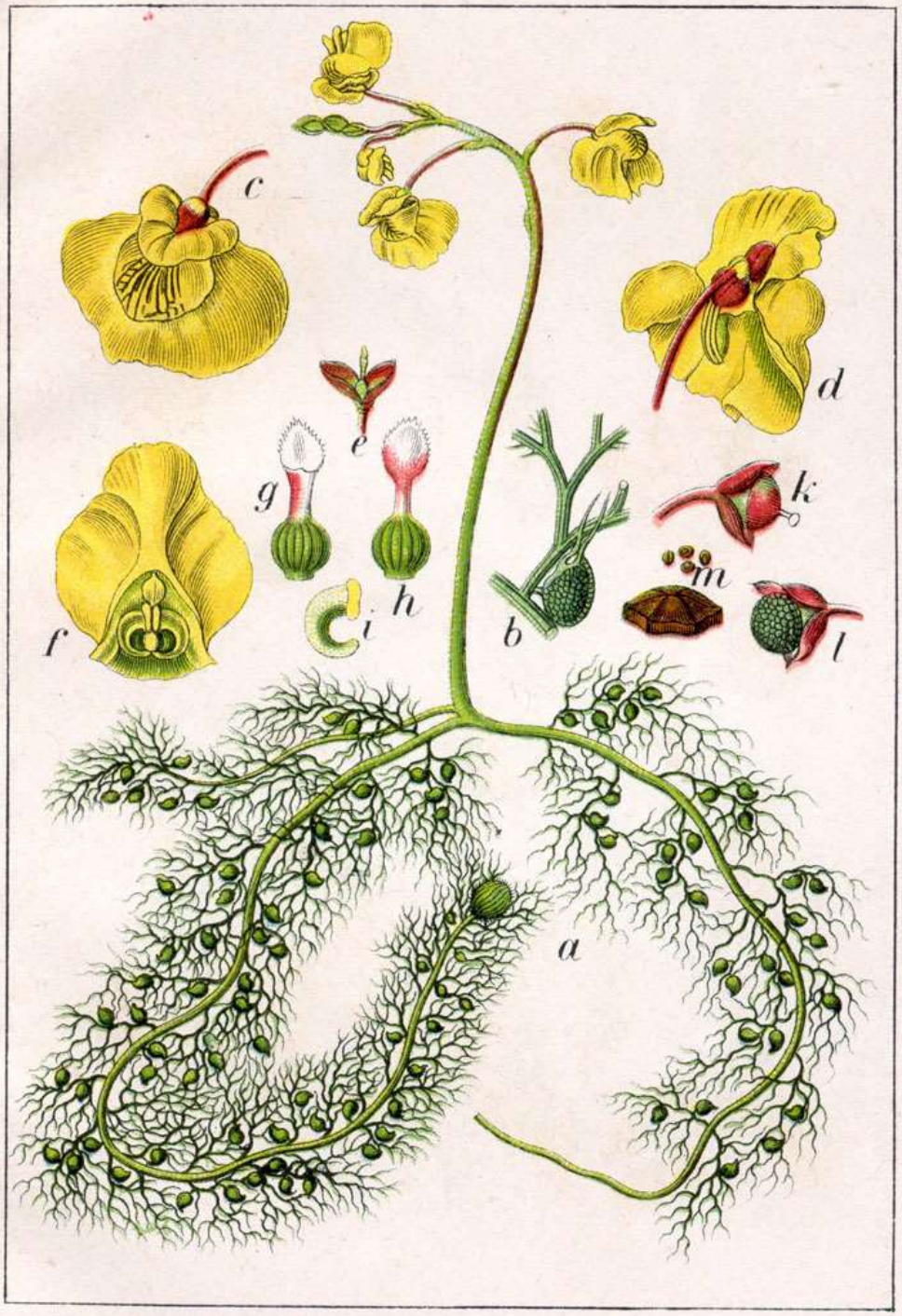
البشرة في النباتات المائية Epidermis in hydrophytes

هناك فرق واضح بين بشرة النباتات المائية وبشرة النباتات الهوائية من حيث التركيب والوظيفة . فالبشرة طبقة غير وقائية في النباتات المائية. ولكنها تمتص الغازات والمواد الغذائية من الماء مباشرة . ولهذه الطبقة أدمة متناهية الرقة، وجدر سليلوزية رقية تسمح بالامتصاص من الماء المحيط بالنباتات . وتحتوي البشرة في النباتات المائية عموماً على بلاستيدات وهي تكون لذلك جزءاً لا بأس به من نسيج البناء الضوئي خصوصاً عندما تكون الأوراق رقيقة جداً . ولا توجد ثغور في النباتات المائية المغمورة (ولو أنها قد تكون أثرية جداً) ويتم التبادل الغازي خلال الجدر الخلوية مباشرة . أما الأوراق الطافية للنباتات المائية فيحتوي سطحها العلوي على الثغور بكثرة.

الأوراق المجزأة Dissected Leaves

في كثير منأنواع النباتات المائية تتجزأ الأوراق المغمورة إلى اجزاء صغيرة جداً فتكون سطحاً ورقياً كبيراً نسبياً ملاصقاً للماء . وتسمح القطع الإسطوانية الرقيقة لهذه الأوراق بالإتصال المباشر بين نسيج البناء الضوئي والنبات ،ومن أمثلة هذا النوع من النباتات المائية ذوات الأوراق المجزأة الحزنبل(Hyriophyllum) وحامول الماء(Utricularia) . وتوجد لبعض الأنواع ذوات الأوراق المغمورة المجزأة أوراق أخرى طافية أو هوائية كاملة مسننة أو مفصصة.

Tafel 63.



Gewöhnlicher Wasserschlauch, Utricularia vulgaris.

الغرف الهوائية Air Chambers

يكثر وجود الغرف والممرات المملوءة بالغازات في أوراق وسوق النباتات المغمورة وتتكون فجوة تخزين الهواء من فجوة واحة ومع ذلك فالغرف الهوائية كبيرة منتظم عادة ما تمتد المسافات البينية خلال الورقة وخلال الساق وتمتد في الأخيرة إلى مسافات طويلة عادة وأحسن أمثلة لهذا النوع من التركيب تظهر في أوراق لسان البحر(figs.183 C,D) ، بونتيديريه(pontederia) (fig.184 A) ويفصل هذه المسافات حواجز من نسيج البناء الضوئي عادة تخانتها خلية واحدة أو خليتان ،وتمد الغرف الهوائية النبات بنوع من الجو الداخلي وظاهر أن الأكسجين الناتج من عملية البناء الضوئي يختزن في هذه المسافات ويستعمل مرة أخرى في عملية التنفس . كما أن ثاني أكسيد الكربون الخارج من التنفس يحجز لإستعماله في البناء الضوئي . ويحتمل أن تمنع الحواجز (Diaphragms) العريضة للممرات الهوائية فيضان الماء خلالها. وتساعد الغرف الهوائية على طفو الأعضاء التي توجد بها . ويساعد على الطفو أيضاً وجود برنشيمة هوائية (Aerenchyma) وهي أنسجة متخصصة يكثر وجودها في النباتات المائية وتتميز بها على سبيل المثال أنواع من ديكودون(Decodn) وليترم(Lythrum) . والبرنشيمة الهوائية نسيج رقيق جداً من الناحية التركيبية تقفل الحواجز الرقيقة المسافات الهوائية به (fig.184 C) وتعتبر الخلايا نسيجاً فلينياً يكونه الكامبيوم الفلليني الخاص والذي ينشأ من البشرة أو القشرة . وخلايا الفلين صغيرة رقيقة الجدران تكون نسيجاً رقيقاً للغاية أثناء نضج الخلايا الفلينية الصغيرة وتستطيل كثيراً خلايا فردية من كل طبقة من طبقات هذا النسيج في الإتجاه القطري على مسافات منتظمة الأبعاد بينما تظل الخلايا الأخرى صغيرة. وتدفع إستطالة الخلايا الناشئة من الطبقة الأخيرة إلى الخارج وتكون غرفة هوائية مستطيلة موازية لمحور النبات الموجود به. وتكون الخلايا المستطيلة في الإتجاه القطري الجدر الجانبية للغرف كما تكون الخلايا التي لا تستطيل والمنعزلة عن صفوف الخلايا المماسية المجاورة تكون الجدر العرضية ويستعمل مصطلح برنشيمة هوائية "Oerenchyma" من الناحية الفسيولوجية للدلالة عى أي نسيج به عدة مسافات بينية كبيرة. وقد تكون مثل هذه الأنسجة جزءاً من القشرة أو النخاع من الناحية الشكلية وهي كذلك مختلفة تماماً من البرنشيمة الهوائية النموذجية.

is applied to any tissue with many large intercellular spaces. Such tissues may be morphologically a part of the cortex or pith, and hence quite distinct from the typical aerenchyma described above which is of secondary origin.

Absence of Sclerenchyma.—Submersed plants usually have few or no sclerenchymatous tissues and cells; the water itself supports the plant

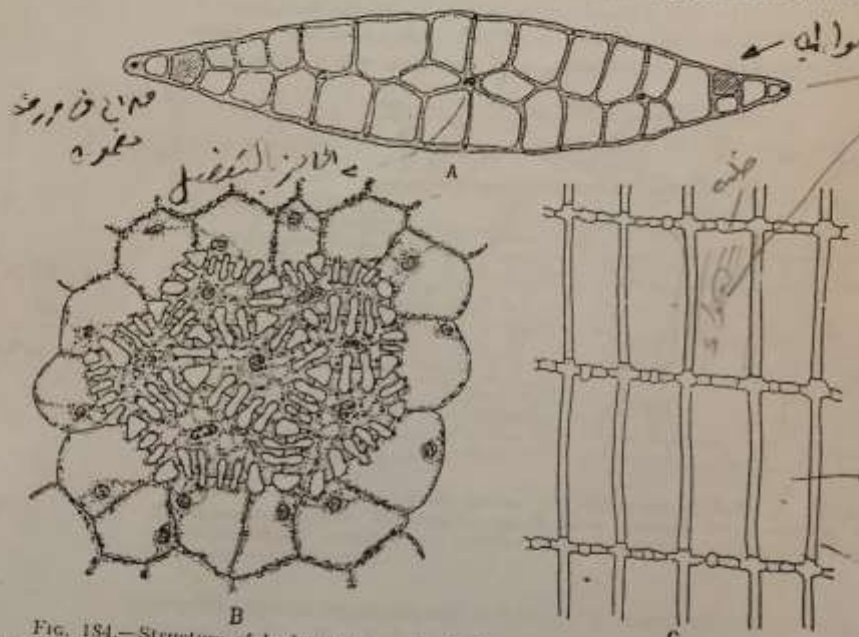


FIG. 184.—Structure of hydrophytes. *A, B, Pontederia cordata*: *A*, cross section of submersed leaf, showing air chambers and reduced vascular bundles (doubly cross-hatched), diaphragms in air chambers singly cross-hatched. *B*, diaphragm in detail showing perforations (uncharted). *C*, aerenchyma in *Decodon*, cross section, showing air spaces formed by elongation of certain cells of each phellem layer.

and protects it in part from injury. Density of tissues, thick walls, and in some plants collenchyma, give some rigidity, but submersed plants, especially the leaves and smaller stems, are usually flaccid and collapse when removed from the water. Sclerenchyma strands occasionally occur, especially along the margins of leaves; here they apparently increase tensile strength.

Reduction of Vascular and Absorbing Tissues.—An aquatic plant is, in reality, submersed in or floating upon a nutrient solution. Those structures that in land plants absorb mineral nutrients and water from the

عدم وجود الاسكلرنشيمة Absence of Sclerenchuma

لا تحتوي النباتات المغمورة على أنسجة أو خلايا سكلرنشيمية أو تحتوي على كمية قليلة منها عادة ، حيث يحمل الماء والنبات ويحميه جزئياً من الإصابة ، ويشمل ذلك الهيكل الوعائي والحزم الوعائيةالرئيسية (fig.183 A) كما تزيد كثافة الأنسجة والجدر الغليظة وفي بعض النباتات الكولنشيمة تعطي بعض الصلابة ولكن النباتات المغمورة خصوصاً الأوراق والسوق الصغرى رخوة عادة وتتقلص عندما تنتزع من الماء . وتظهر أحياناً أشرطة سكلرنشيمية خصوصاً على طول حواف الأوراق . ويبدو أنها تزيد من قوة الشد في هذه الحالة.

اختزال الأنسجة الوعائية والماصة Reduction of Vascullar and Absorbing Tissues

النبات المائي أما مغمورة في محلول غذائي أو طاف فوقه / ويلاحظ أن الأجزاء التي تمتص الأملاح المعدنية والماء من التربة في النباتات الأرضية وتنقلها داخل النبات ، تختزل للغاية أو تختفي من النباتات المائية . فالمجموع الجذري مختزل للغاية عادة ، يؤدي وظيفته أساسياً كماسك أو مثبت . ويتم الجزء الأكبر من الإمتصاص خلال الأوراق والسوق ، وتوجد بالنباتات المائية كل درجات اختزال المجموع الجذري فإذا لم يكن اختزال الجذور كبيراً فإن الشعيرات الجذرية تختفي عادة ويحتمل ألا تمتص الجذور الماء بأي مقدار . وأكثر الأنسجة الوعائية إختزالاً هو نسيج الخشب . ولا يتكون في كثير من الأنواع إلا من عناصر قليلة وأحياناً لا توجد عناصر الخشب في الهيكل الوعائي والحزم الكبيرة ، كما لا توجد في الحزم الصغيرة غالباً . ويود في هذه النباتات فجوات الخشب تظهر بوضوح تام مكان الخشب (figs.183 B,C) وتشبه هذه الفجوات الغرف الهوائية النموذجية . ويتكون اللحاء رغم إختزال كمية إذا قورن بلحاء النباتات الوسيطة ، بدرجة لا بأس بها إذا قورن بالخشب . ويشبه لحاء النباتات العشبية الصغيرة في أن الأنابيب الغربالية أصغر من زميلاتها بالنباتات الخشبية .ويبين (fig.183 C,D) هذه الحزم المختزلة في ورقة لسان البحر ويكثر وجود طبقة الإندودرمس في النباتات المائية ولكنها ضعيفة التكوين عادة.

أوراق نباتات الظل Shade Leaves

تحتوي أوراق النباتات التي تنمو في ظل كثيف على طبقات عمادية ضعيفة التكوين، ويظهر هذا النوع من تركيب الورقة في كثير من النباتات الوسيطة كنبات الغابة البطيئة النمو مثل جيفرسونية (Jeffrsonia) (figs.185 A) وتختفي الطبقات العمادية من اأنواع الأكثر تطرفاُ والتي تعيش في هذه البيئات كما في كريبتوجراما(Cryptogramma) (fig.185 C) وهو سرخس ينمو في أرض رطبة مظللة وربما احتوت البشرة على بلاستيدات خضراء وتصبح جزءاً من نسيج البناء الضوئي وتنتشر صفات النباتات المائية النامية في جو مشبع.

النباتات المتطفلة Parasites

هناك تحورات تركيبية ظاهرة في النباتات الوعائية المتطفلة والمترممة وآكلة الحشرات حيث يعتمد النبات كلياً أو جزئياً على غيره من الكائنات . ولا توجد جذور النباتات الوعائية المتطفلة عادة إلا في مرحلة البادرة قبل الإتصال بالعائل ومن الأمثلة المعروفة للنباتات المتطفلة الحامول (Cuscuta) وكونوفوليس (Conopholis) وفيها تتصل البادرة في أطوار حياتها المبكرة بواسطة ممصات تتصل بالنسيج الناقل للعائل مباشرة. يتصل خشب ولحاء العائل مباشرة في منطقة الإتصال ويمد العائل المتطفل بالماء والأملاح المعدنية والمواد الغذائية . ويتصل خشب ولحاء المتطفل إتصالاً مباشراً مع خشب ولحاء العائل نتيجة لذوبان الأنسجة الخارجية للعائل بواسطة إنزيمات يفرزها المتطفل فقط عند الإتصال حيث تتكون الممصات (fig.186 B) ثم تنشأ بالمتطفل أنسجة وعائية ثانوية تساعد على إستمرار الإتحاد مع أنسجة العائل االجديدة .

وتختزل كثيراً كل أنسجة البناء الضوئي في النباتات المتطفلة الحقيقية ،لا يبقى منها إلا أجزاء أثرية وقد لا توجد بتاتاً . كما تختزل الأوراق إلى حراشيف في نباتات أخرى مثل الحامول وأرسيونوبيام(Arceuthobium) ولا توجد عادة اليخضور في جميع أجزاء النبات وقد يكوت الحامول عدداً كبيراً من الإتصالات بالعائل وتتصل نباتات آخرى مثل كونوفوليس والالول (Orobanche) بالعائل عند نقطة إتصال واحدة فقط ولكنها تتعمق كثيراً داخل العائل وربما كون المتطفل محوراً زهرياً فقط في مثل هذه الأنواع . وهناك بجانب هذه النباتات الكاملة التطفل والتي تعتمد على العائل كلياً في الغذاء والماء. توجد أيضاً نباتات أخرى تسمى نصف متطفلة " half Parasites" والتي يبدو أنها تكون جزءاً من غذائها الخاص رغم إتصالها المباشر بالأنسجة الوعائية للعائل. ومن أمثلتها المعروفة فيسكم (Viscum)

وفورادیندرون(Phoradendron) فیحصل المتطفل على الماء والأملاح المعدنية من العائل كليه وربما كون المتطفل الكربوهيرات ولو جزئياً .والأنسجة الوعائية في مثل هذه النباتات المتطفلة . مختزلة كثيراً ويتكون النسيج الدعامي فوق السوق الاسكلرنشيمية وحدها تقريباً.

النباتات المترممة Saprophytes

تشير كلمة مترممة كما يشيع استعمالها في النباتات الوعائية إلى مجموعة من الأنواع النباتية خالية من اليخضور ويقال أنها لا تحصل على غذائها من المواد العضوية المتحللة مثلما تفعل كثير من الفطريات .وكثير من هذه النباتات وربما كلها مرتبطة نوعاً بالفطريات في أجزائها الأرضية وترتبط الطريقة التي تتبعها هذه النباتات في الحصول على المواد الغذائية بشكل ما – ما زال غير مفهوم تماماً – بالنشاط الفسيولوجي لهذه الفطريات ولكن الواضح أن هذه النباتات ليست مترممة تماماً لأنها متكافلة على الأقل إلى حد ما ، أو متطفلة على أنواع أدنى أو مرتبطة بها في غذائها .

ولا يستحسن وصف هذه النباتات المترممة حتى تدرس طرق تغذيتها دراسة تامة. وتركيب هذه النباتات مختزلة جداً عادة –الأوراق تشبه الحرشفة والسوق معظمها مختزلة إلى محاور نورات . كما يلاحظ اختزال كبير وبساطة في التركيب الداخلي أيضاً . فالخشب واللحاء قليلا الكمية وخلايا هذه الأنسجة غير مكتكاة غالباً ، ويندر وجود الاسكلرنشيمة. وقد تكون الجذور كثيرة تامة التكوين بالنسبة للأجزاء الهوائية كما في مونوتروبا (Monotropa) أو لا توجد ، حيث يحل محلها الأيزومات كما في كورالورهيزا(Corallorrhiza) . وأينما وجدت الجذور، فهي غريبة التركيب عادة. وتكون الجذور ذوات الشكل غير العادي بالإشتراك مع خيوط الفطرة المرتبط بها ، تكون الجذر فطريات (Mycorrhiza) وهناك نوعان من الميكوريزا(الجذر فطريات خارجية) وهي التي يكون فيها الغزل الفطري طبقة سطحية نوعاً أو غلافاً حول الجذور وداخلية فيها توجد خيوط الفطر داخل أو بين الجذر. وتكون خيوط الفطر في الجذر فطريات الخارجية، يشبه لحمه النسيج، وتغلف كما يغلف القفاز الأصبع . ويتصل الغزل الفطري بالجذر إتصالا تاماً، كما تمر بعض الخيوط بين وحول الخلايا البشرة وتحت البشرة. وتتخلل الخيوط الفطرية قليلاً بين الخلايا الخارجية في بعض الأنواع ولكنها تحيط بخلايا البشرة وعدة طبقات خارجية أخرى من القشرة في غيرها من الأنواع . وتظهر الجذيرات المملوءة بخيوط الفطر بهذه الطريقة الغير عادية التركيب – فليست لها قلنسوات أو شعيرات جذرية ونموها في الطول محدود وهي لحمية أنسجتها الناقلة مختزلة للغاية.وقد تتضخم الجذور في

الجذر فتكون فطريات الداخلية وتصبح لحمية ، ولكن الأنسجة الوعائية مختزلة بدرجة أقل . وتقتصر خيوط الفطر على جزء خاص من القشرة عادة ، حيث تظهر طبقة محدودة من الخلايا المصابة وتبدو العلاقة غامضة بين النباتين إذا كان النبات الجذري أخضر.

وتظهر الجذر فطريات على كثير من النباتات الخضراء أيضاً ، وهي معروفة في كثير من أجناس أشجار الغابات وفي ثير من النباتات الأرضي الدبالية.

وما زالت العلاقة بين الفطر والنبات الوعائي غير مفهومة ، ويحتمل أن يكون تطفل فطريات بازيدية على نبات أخضر . وربما وجد تكافل في بعض الأنواع الداخلية.

oncentration. Along with physiological, are also commonly found ructural modifications that reduce the loss of absorbed water. Some f the specialized structures are highly complex and may involve nearly ll of the tissues of the plant.

Lignification and Cutinization.—Heavy cuticularization and extreme utinization of the epidermis and even of subepidermal cells are common n xerophytes. All gradations are found in the thickness of the cuticle rom a thickness only slightly greater than normal, like that of plants

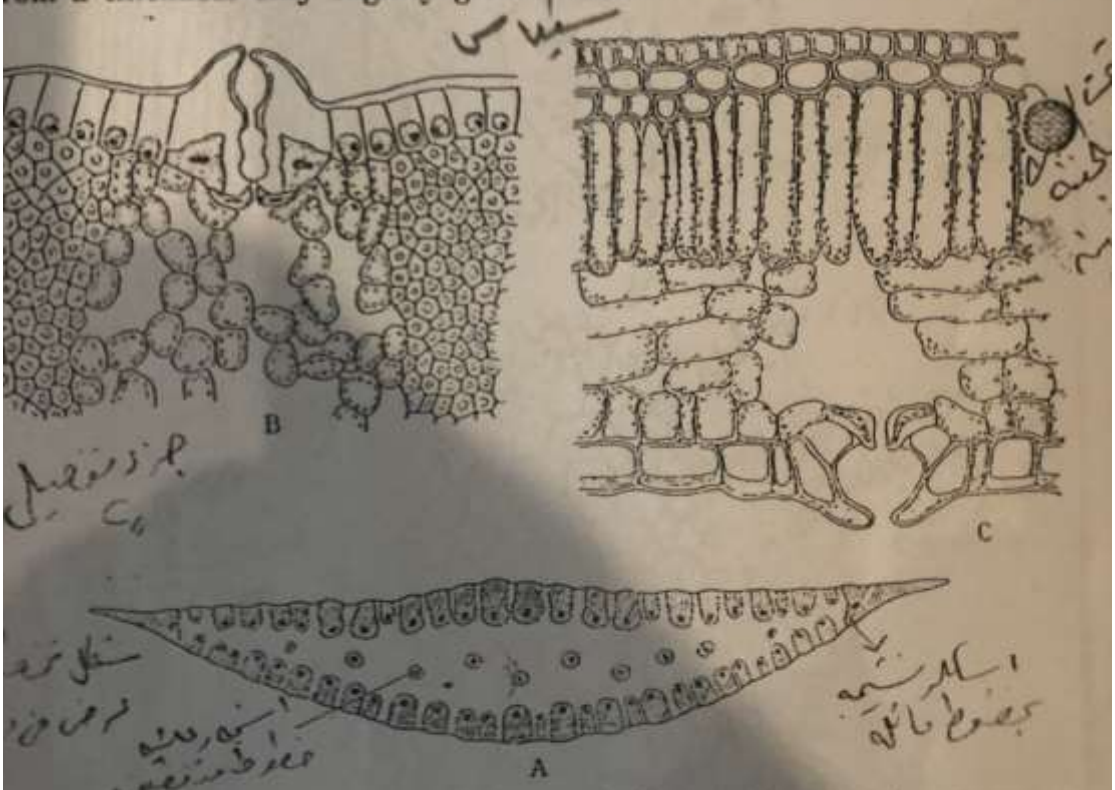


FIG. 179.—Structure of xerophytic leaves. *A*, diagram of cross section, *Dasylirion serratifolium*, sclerenchyma singly cross-hatched, vascular tissue doubly cross-hatched; *B*, detail of small marginal portion; *C*, cross section, *Cycas*, showing lignified hypodermis and partly lignified palisade tissue.

of semixerophytic habitats, to the elaborate thickenings of extreme xerophytes in which the cuticle may be as thick as, or thicker than, the

up in some way, not well understood, with the physiological activities of these fungi. But clearly such plants are not strictly saprophytes—they are, to a certain extent, at least, symbiotic with or parasitic upon the lower forms, or are associated in nutrition with them. It is undesirable to call such plants "saprophytes" until their methods of nutrition are fully understood. Plants of this type are usually greatly reduced in structure—the leaves are scale-like and the stems are reduced largely to inflorescence axes. Internally, there is also great reduction and simplification. The xylem and the phloem are small in amount and the cells of

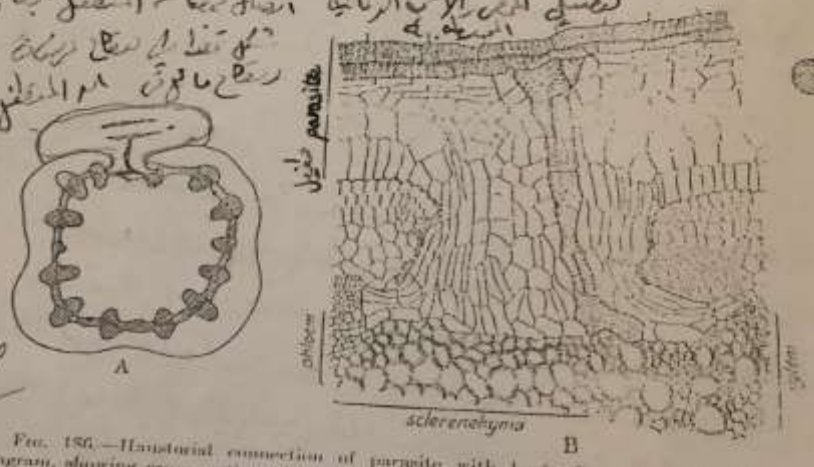


FIG. 186.—Haustorial connection of parasite with host—*Cuscuta* on *Bidens*. *A*, diagram, showing cross section of stem of host, oblique section of stem of parasite, and longitudinal section of haustorium penetrating host as far as the vascular tissues; *B*, detail of haustorium and surrounding tissues. The vascular tissues of parasite connected with those of host.

these tissues often abortive, and sclerenchyma is scarce. The roots may be well developed and abundant in proportion to the aerial parts, as in *Monotropa*, or may be lacking, with rhizomes taking their place, as in *Corallorrhiza*. Where roots are present, they are usually of peculiar structure. Roots of unusual form, together with the fungus hyphae associated with them, form *mycorrhizae*.

Two types of such roots are recognized: *ectotrophic*, those in which the mycelium forms a more or less superficial layer or coating about the roots, and *endotrophic*, those in which the hyphae lie within or between the root cells themselves. In ectotrophic forms the fungus hyphae form a tissue-like weft about the root, enclosing it like a glove about a finger. The mycelium is closely appressed to the root, and some of the hyphae

Epidermis in Hydrophytes.—The difference in the structure and function of the epidermis in hydrophytes as compared with that of plants in an aerial habitat is outstanding. In aquatics, the epidermis is not protective but absorbs gases and nutrients directly from the water. This layer in

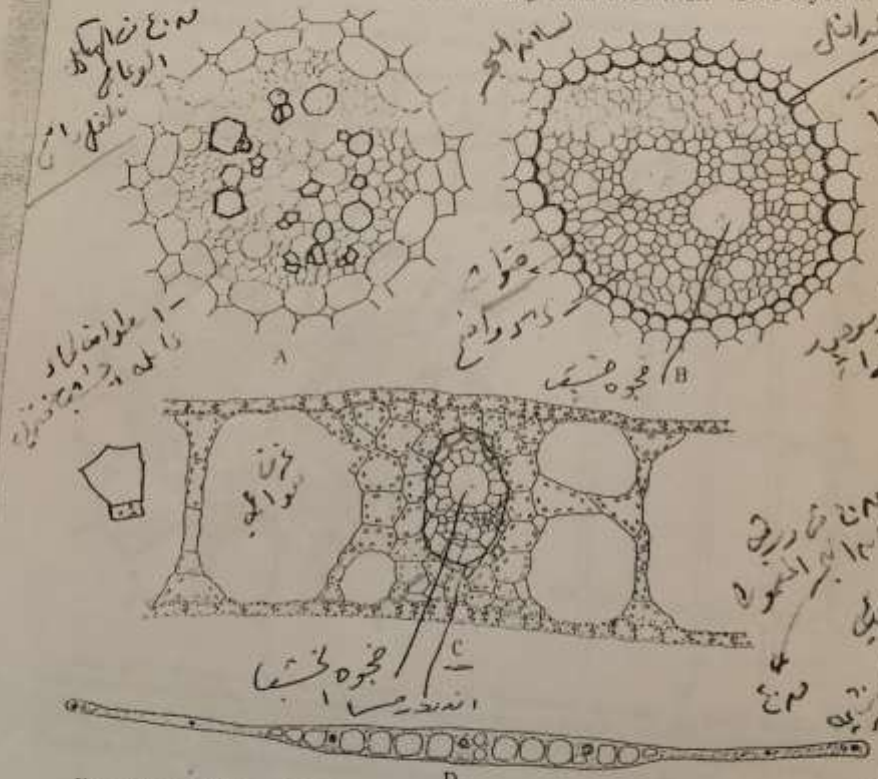


FIG. 183.—Structure of hydrophytes. *A*, *B*, cross section of stele of stems, *Elatine Alsinastrum* and *Potamogeton pectinatus*, respectively: *A*, xylem cylinder greatly reduced, phloem cylinder complete; *B*, xylem lacking, its position occupied by lacunae, phloem well developed and surrounding the lacunae, inner wall of endodermis much thickened. *C*, *D*, cross sections of submersed leaf of *Potamogeton epihydrus*: *D*, diagram, showing air chambers and bundles; *C*, detail of central portion of *D*, showing reduced bundle with the xylem lacking, sclerenchyma reduced, all other cells thin-walled, epidermis with chloroplasts, stomata lacking. (*A*, *B*, *after Schenck.*)

the typical hydrophyte has an extremely thin cuticle, and the thin cellulose walls permit ready absorption from the surrounding water. Commonly in aquatics, the epidermis contains chloroplasts and may thus form a considerable part of the photosynthetic tissue, especially

structure of the stomatal apparatus both reduce transpiration. Water loss in xerophytes is reduced not only by hairy coverings and by the rolling or folding of leaves, but also by the position of the stomata sunken below the level of the other epidermal cells. In these stomata the accessory cells may be of such shape and arrangement that they

FIG. 182.—Structure of microphyllous xerophytes. *A*, *B*, *C*, leaf of *Pinus nigra*; diagram of cross section, detail of small part of same, and of small part of longitudinal section through stomatal furrow, respectively. *A*, the two vascular bundles, doubly cross-hatched, surrounded by parenchyma sheath and endodermis, the mesophyll, resin canals, protected by external sclerenchyma, single cross-hatched, bearing stomata in furrows; *B*, *C*, the mesophyll uniform, dense, with infolded cell walls; *D*, cross section through stomatal region in stem, *Equisetum hyemale*, showing cortical photosynthetic tissue, sunken stoma, heavily silicified epidermis and hypodermis.

form one or more outer chambers connected by narrow openings with the stoma itself. In this way the opening between the guard cells is shut off from the outside air with its low humidity. Stomata of this type are common in extreme xerophytes, for example, in *Pinus* (Fig. 182*B*,*C*), *Equisetum* (Fig. 182*D*), *Cycas* (Fig. 179*C*), and *Leptocarpus* (Fig. 181*B*). The walls of the accessory cells of such stomata are ordinarily very thick and heavily lignified or cutinized, as are frequently also parts of the walls