القسم الثانى

أساسيات علم البيئة النباتية التطبيقية

PRINCIPLES OF APPLIED PLANT ECOLOGY

الفصل الأول

علاقة النبات بالماء والجفاف

Plant - Water - Drought Relationship

■ نبذة عامـــة:

ترتبط كلمة الجفاف Drought بالمناخ قليل الأمطار مرتفع درجة الحرارة، ويعرف بأنه فترة زمنية طويلة لا تسقط فيها الأمطار، وتكون هذه الفترة كافية لكى تسبب عدم اتزان مائى خطير فى النباتات التى تعيش فى تلك المنطقة التى يسودها الجفاف، ويقع الضرر على هذه النباتات – كونها قد تأقلمت على متوسطات مناخية معينة، فإذا حدث وتغيرت هذه المتوسطات زيادة أو نقصانا، وخاصة عامل الهطول (الأمطار)، فإن ذلك يؤثر تأثيرا سيئا على نشاط هذه النباتات. هكذا نرى أن الجفاف يرتبط ارتباطا وثيقا بالماء فهو أصل الحياة وبدونه لا تكون هناك حياة نباتية وغير نباتية، ﴿وجعلنا من الماء كل شئ حى﴾ صدق الله العظيم. ولكى تتم دورة حياة النباتات وتكوّن وتطور الكساء الخضرى فى أى مكان بالعالم، لابد أن تحتوى التربة على كمية من الماء كافية تغطى حاجة النباتات.

ولكن لماذا يكون الماء هو العامل الأعظم المؤثر على النبات؟

تقول الإجابة على هذا السؤال بأن الماء هو المكون الرئيس للمادة الحية بالخلية النباتية (البروتوبلازم)، وهو المذيب الأساسى للغازات والمواد الغذائية (المعادن) التى يمتصها النبات من التربة والتى تنتقل من الجذور إلى أجزاء النباتات الهوائية خلال المحلول المائى. وتتم كل العمليات الحيوية فى وسط مائى، وبالإضافة إلى ذلك فإن الماء هو أحد المواد الخام الرئيسة (مع الضوء والكلوروفيل وثانى أكسيد الكربون) فى عملية التمثيل (أو البناء) الضوئى، إذ

لا يمكن أن يكون هناك نمو للنبات بدون ماء. كما أن مقاومة النباتات للعوامل الجوية غير العادية مثل ارتفاع أو انخفاض درجات الحرارة الخ تتأثر كثيرا بوجود الماء داخل خلايا النبات، وليس ذلك فحسب، بل أن للماء بلاشك التأثير الأكبر على توزيع وكثافة حجم النباتات والغطاء النباتى على الكرة الأرضية.

وجدير بالذكر أن العوامل المناخية الأخرى (درجات الحرارة، شدة الريح، الضوء، الرطوبة النسبية، التبخر) تؤثر جميعها على النبات من خلال تأثيرها على علاقته بالماء. وعلى هذا الأساس فإن الغابات توجد فى المناطق التى تسقط فيها الأمطار خلال فصول السنة الأربع، وتوجد أرض الحشائش فى المناطق التى تسقط فيها الأمطار صيفا. وتسود الشجيرات القصيرة ذات الأوراق السميكة فى المناطق الممطرة شتاء والجافة صيفا، أما المناطق الصحراوية فتتصف بندرة الأمطار صيفا وشتاء.

أنواع الغطاء النباتى فى البيئات المختلفة:

يعبر عن علاقة النبات بالماء بعمليتين فسيولوجيتين أساسيتين هما: الامتصاص Absorption والنتح Transpiration. تعتمد عملية الامتصاص على كميات الماء المتاحة بالتربة Available Soil Water أما عملية النتح فانها تعتمد على عوامل المناخ Climatic Factors، وبالرغم من أن عملية النتح تعمل على تبريد درجة حرارة النبات إلا أن لها أضرارا بالغة إذا زادت كميات الماء التى تفقد بواسطة النتح عن كميات الماء الممتصة من التربة، ولهذا فإن النمو الطبيعى والنشاط الحيوى لأى نبات بحاجة إلى اتزان مائى، فلا يجب أن يكون الماء الذى يفقد بعملية النتح أكبر من كميات الماء الممتصة من التربة.

يوجد النبات فى كل البيئات وفى جميع أنحاء العالم، وقلما يخلو جزء من الأرض دون أن يكون به غطاء نباتى ما، فهناك النباتات التى تنمو فوق الصخور الملساء حيث الموارد المائية شبه المعدومة، وهناك أنواع نباتية أخرى تنمو فى المياه

العذبة والمالحة وأنواع ثالثة تنمو على قمم الجبال وعلى سفوحها، وكذلك تعيش بعض النباتات فى المياه الباردة أو الساخنة وعلى ضفاف الأنهار وبالصحارى الجافة.. إلخ. ولكن تختلف النباتات اختلافا كبيرا، ومن ثم الغطاء النباتى تبعا لاختلاف العوامل البيئية السائدة فى هذه المنطقة أو تلك.. ومن ناحية أخرى يتشابه الغطاء النباتى تحت العوامل البيئية المتشابهة ويعود هذا طبعا للعلاقات المائية لتلك النباتات، ففى الأماكن التى يندر فيها الماء وتعمل فيها العوامل البيئية الأخرى على فقدان الماء من الأجزاء الهوائية للنباتات، والتى يطلق عليها البيئة الجافة Xeric Habitat تعيش النباتات الجفافية Xerophytes، ويكون الغطاء النباتى جفافيا Xerophytic Vegetation، أما النباتات التى تعيش فى بيئة مائية (الأنهار – البرك – البحيرات .. الخ) Hydric Vegetation فيطلق عليها النباتات المائية Hydrophytes ويكون الغطاء النباتى مائيا Hydrophytic Vegetation.

وإذا احتوت التربة على كميات مائية ليست بالكثيرة كما فى حالة البيئة المائية ولا بالقليلة كما فى حالة البيئة الجافة يطلق عليها البيئة الوسطية Mesophytic Habitat ويطلق على النباتات التى تنمو فى هذه البيئة النباتات الوسطية Mesophytes والغطاء النباتى Mesophytic Vegetation.

يضاف إلى هذه الأقسام النباتية الثلاثة قسمان آخران هما:

(١) نباتات الرطوبة Hygrophytes وهى تلك النباتات التى تعيش عادة فى الظل فى ظروف رطوبة جوية وأرض عالية الرطوبة، ومن أمثلتها النباتات التى تستوطن الطبقة الأرضية من الغابات وتلك التى تعيش فى بعض أجزاء الجبال المظللة والبعيدة عن أشعة الشمس.

(٢) النباتات الملحية Halophytes التى تستوطن البيئة الملحية Halic Habitat التى تحتوى تربتها على نسبة عالية من الأملاح.

وهناك أنواع من النباتات الحساسة للملوحة Glycophytes أى التى لا تتحمل الملوحة الزائدة بالتربة.

وسنوضح فيما يلى الصفات الخاصة بالنباتات الجفافية والملحية والمائية والوسطى.

(أ) النباتات الجفافية The Xerophytes

■ الوسط البيئى للنباتات الجفافية

هناك ترجمات مختلفة لكلمة الجفاف ولكل معنى خاص، فكما رأينا من قبل، جفاف المناخ يطلق عليه Drought أو Aridity حيث الأمطار نادرة ودرجة الحرارة عالية، أما كلمة Xerism فهى تعنى جفاف المكان (التربة، الموقع) الذى ينمو فيه النبات الجفافى. وجفاف المكان نتيجة لعدم توافر مياه كافية بالتربة ليمتصها النبات حتى يتمكن من القيام بوظائفه الحيوية، إضافة إلى ندرة المياه المتاحة بالتربة، يؤدى إلى الإخلال بعمليتى الامتصاص والنتح. وقد يكون جفاف التربة أيضا نتيجة زيادة الماء الناتج من النبات عن الممتص من التربة، وفى بعض البيئات تكون الأمور أكثر سوءا عندما تكون المياه بالتربة قليلة جدا، وفى نفس الوقت تكون درجة حرارة الجو عالية تعمل على زيادة الماء الذى يفقد من النبات بالنتح ومن التربة بالتبخر، ومن ثم تكون البيئة شديدة الجفافية (متطرفة الجفاف) Extreme Xerism.

■ متى تكون التربة جافة؟

يعود جفاف التربة أصلا إلى عدم وجود ماء متاح للنبات بها، وهذه هى التربة الجافة فيزيقيا Physically Dry Soil، غير أن التربة قد تحتوى على كميات كبيرة من الماء إلا أنه غير متاح لامتصاص النبات للأسباب الثلاثة التالية:

١ - يتجمد ماء التربة فى درجات الحرارة المنخفضة فيصبح غير متاح للامتصاص بواسطة الجذور.

٢ - إذا غمرت التربة بالماء غمرا كاملا، تمتلئ كل مسامها الشعرية وغير

الشعرية بالماء، مما يؤدى إلى طرد الهواء من الفراغات غير الشعرية، وهذا يعنى أن جذور النباتات لن تستطيع التنفس ومن ثم لن تستطيع القيام بعملية الامتصاص، وهى إحدى الوظائف الفسيولوجية للنبات.

٣ - لايستطيع النبات امتصاص المياه إذا زاد تركيز الأملاح والأحماض والقلويات فى محلول التربة عن النسبة التى تخل بعملية الضغط الاسموزى فى خلايا جذور النبات.

وهكذا تكون التربة جافة بالرغم من احتوائها على الماء، إلا أن النبات لايستطيع امتصاص هذه الأنواع الثلاثة من الماء، فيكون جفاف التربة حينئذ جفافا فسيولوجيا.

تنمو النباتات الجفافية بصفة عامة فى الصحارى وفى كل المواقع التى تكون تربتها فقيرة فى محتواها المائى المتاح للنبات، ويرافق ذلك درجة حرارة عالية للجو التى تسبب زيادة تبخر الماء من التربة. وهناك بيئات متطرفة الجفاف وهى تلك التى تحتوى تربتها على نسبة عالية من الأملاح، بالإضافة إلى أن المحتوى المائى للتربة منخفض، وهذا يؤدى بدوره إلى تعذر امتصاص الماء حتى للنباتات الملحية نظرا لجفاف التربة طبيعيا وفسيولوجيا.

فما هى صفات النباتات الجفافية؟

■ أنواع النباتات الجفافية

النباتات الجفافية بصفة عامة هى تلك الأنواع التى تقتصد فى استخدامها للماء المتاح بالتربة، وتستطيع تحمل الجفاف بالتربة والجو. وتنمو النباتات الجفافية تحت هذه العوامل الجافة القاسية بأشكال متعددة، فمنها النباتات الموسمية Ephemerals التى تنهى دورة حياتها من الإنبات حتى إنتاج البذور خلال أسابيع قليلة (٦-٨ أسابيع) بعد موسم الأمطار، وتموت فى موسم الجفاف كل أجزاء النبات فيما عدا البذور التى تظل بالتربة متحملة الجفاف

ودرجات الحرارة العالية حتى موسم الأمطار التالى لتعيد دورة حياتها مرة أخرى، وهناك النباتات الحولية Annuals التى تنهى دورة حياتها فى حوالى عام واحد، وكذلك النباتات ثنائية الحول Biennials التى تنهى دورة حياتها فى أقل من عامين – تنمو خضريا فى العام الأول وتزهر وتثمر خلال العام الثانى –، والنباتات الحولية وثنائية الحول مثل النباتات الموسمية لا تظهر إلا بعد موسم الأمطار، وهذه النباتات يطلق عليها (النباتات الهاربة من الجفاف Drought Escaping) أو (المتجنبة للجفاف Drought Evading)، حيث تموت أجزاؤها الخضرية والجذرية فى فصل الجفاف، ومن ثم فإن هذه النباتات بالرغم من أنها صحراوية إلا أنها ليست جفافية.

توجد فى الصحارى مجموعة ثانية من النباتات العصيرية Succulents، وهى صفة مورفولوجية وتشريحية وفسيولوجية تميزها عن غيرها لأنها تقوم بتخزين المياه فى أوراقها أو سيقانها، ومن أمثلة النباتات عصيرية السوق Stem Succulents نبات التين الشوكى *Opuntia ficus-indica* وكثير من فصيلة الكاكتاس Cactaceae وبعض أنواع الفصيلة اللبنية Euphorbiaceae وهذه النباتات تتصف بسيقانها العصيرية السميكة وأوراقها المتحورة إلى أشواك، وتحتوى السيقان العصيرية على نسيج بارانشيمى قوى جداره مغلظ بمادة شمعية (الكيوتين)، والثغور قليلة جدا مغمورة بالسيقان مغلقة لفترات طويلة لتقليل الماء الذى يفقد بالنتح. جذور هذه النباتات قصيرة وكثيرة التفرع وقريبة من سطح التربة لتتمكن من امتصاص أكبر كمية من المياه ومنها ماء الندى، حيث يختزن فى أجهزة التخزين بالسوق.

أما النباتات عصيرية الأوراق Leaf Succulents مثل بعض أنواع أجناس السيسال *Agave* والصبار *Aloe* فإن سيقانها تكون ضئيلة وضامرة، وعند تشريح هذه الأوراق نرى أن الجدر الخارجية للخلايا البرانشيمية سميكة جدا لأنها تحتوى على المادة الشمعية (الكيوتين)، وتوجد خارج الخلايا البرانشيمية طبقة

الأدمة Cuticle وهى شمعية أيضا وذلك لتقليل الفاقد المائى من النبات، كما توجد تحت الخلايا البرانشيمية عدد من صفوف الخلايا الكلورنشيمية التى تحتوى على كميات كبيرة من البلاستيدات الخضراء، يليها من الداخل نسيج خازن للماء. والثغور فى هذه الأوراق قليلة وغائرة ومغلقة معظم الوقت لتقليل النتح.

مما سبق ذكره، نرى أن النباتات العصيرية لاتعتبر نباتات متحملة للجفاف Drought-Tolerant ولكنها نباتات مقاومة للجفاف Drought-Resistant.

أما المجموعة الثالثة فهى تلك النباتات الجفافية الحقيقية True Xerophytes لأنها تحتفظ بالماء داخل سيقانها أو أوراقها كالنباتات العصيرية، ولا تموت فى فترة الجفاف كالنباتات الهاربة من الجفاف، بل تظل حية ونشيطة وتقوم بكل وظائفها الحيوية والفسيولوجية خلال موسمى الأمطار والجفاف، والبرد والحر، ومن ثم فإنها تمثل الإطار الأساسى للنباتات الصحراوية. تشمل هذه المجموعة النباتات المعمرة القوية، وكلها نباتات خشبية (تحت شجيرات وشجيرات وأشجار) جذورها عميقة فى باطن الأرض، حيث يصل طول بعضها إلى حوالى ٢٠ سم تحت سطح التربة حتى تستطيع الوصول إلى مستوى الماء الأرضى أو إلى طبقة التربة دائمة الرطوبة، ومنها تأخذ كل احتياجاتها من الماء طول العام دون الاعتماد على الأمطار. وسيقان هذه النباتات الجفافية الحقيقية قصيرة مقارنة بالجذور التى تتصف أيضا بأنها عديدة التفرع تشغل حيزا كبيرا من التربة، ولهذه الأفرع شعيرات جذرية دقيقة وكثيرة لتتمكن من امتصاص أية كمية من المياه موجودة بالتربة أو قرب السطح.

يتضح مما سبق، أن الهدف الرئيسى للنباتات الجفافية الحقيقية True Xerophytes هو الحصول على أكبر قدر ممكن من المياه من باطن الأرض بواسطة جذورها العميقة كثيرة التشعب، ورفعه إلى أعلى جزء فى المجموع الخضرى للنبات، ومن ثم فإن الأوعية الخشبية Xylem Vessels لهذه النباتات

متطورة وقوية لتتمكن من القيام بوظيفة التوصيل.

تعد معظم النباتات العصيرية وكذلك الجفافية الحقيقية، نباتات معمرة Perennials، لأن كل أجزائها (الجذور - السيقان - الأوراق) تظل فى الصحراء لسنوات كثيرة دون أن تتأثر بجفاف الجو أو التربة. وهناك بعض الأنواع النباتية الصحراوية التى تجف أجزاؤها الخضرية الهوائية فقط خلال فصل الجفاف، بينما تظل أجزاؤها الأرضية (الريزومات - الدرنات - الأبصال - الكورمات) حية تحت سطح التربة فى حالة سكون حتى موسم الأمطار التالى، حيث تنشط وتعطى أجزاء خضرية جديدة فوق سطح الأرض. هذه النباتات ليست نباتات معمرة بالمعنى المفهوم، كما أنها ليست حولية أو ثنائية الحول بل يطلق عليها (نباتات ذات أجزاء معمرة Plants with perennating organs).

■ البيئات الصحراوية

بعد أن تعرفنا على النباتات الجفافية، يجب التعرف على أنواع البيئات الصحراوية التى تعيش فيها هذه النباتات. حيث إن هناك عدداً من البيئات فى الصحراء تستوطنها نباتات متنوعة، وهى: الهضاب الصخرية، الوديان، الجبال، الصحارى الحصوية، السهول الصحراوية.

(١) الهضاب الصخرية Rocky Plateau

وهى بصفة عامة عارية من النباتات إلا فى بعض أجزائها المنخفضة حيث تتجمع بعض الأتربة والرمال المنقولة بالرياح، وهذه البيئة Habitat تبلل بالندى ورطوبة الجو ومن ثم تصبح صالحة لنمو بعض النباتات الضعيفة قصيرة العمر Weak and Short-Life Plants، معظمها نباتات حولية أو موسمية مثل بعض أنواع الأجناس *Aristida, Poa, Diplotaxis*.

وتنمو بعض النباتات المعمرة فى شقوق الصخور التى تستطيع أن ترسل جذورها فى هذه الشقوق الممتلئة بالأتربة والرمال الرطبة، ومن هذه النباتات

بعض أنواع الأجناس *Echinops, Iphiona, Asteriscus, Farsetia, Ephedra, Calligonum, Capparis*.

(٢) الوديان الصحراوية Desert Wadis

وهى عبارة عن أنهار صحراوية جافة تقع بين جبلين. يمكن أن يصبح كل واد مجرىً مائياً مؤقتاً بعد هطول الأمطار الغزيرة، إذ قد تحدث فى بعض المناطق الصحراوية سيول غزيرة وقوية تملأ مجارى هذه الوديان مسببة خسائر جمة للغطاء النباتى.

والوادى نظام بيئى خاص يتميز إلى ثلاثة أجزاء رئيسة هى: الجزء العلوى Upstream part، الجزء الأوسط Midstream part والجزء الأسفل Downstream part (delta). ولكل واد - كالأنهار - روافد Tributaries تغذيه بمياه الأمطار من المرتفعات المجاورة.

يختلف الغطاء النباتى للوادى تبعا لمورفولوجية الوادى وزمن تكوينه، فالوديان حديثة التكوين تكون أرضيتها Wadi bed صخرية، تختلف عن أرضية Substratum الهضاب الصخرية فالأولى محمية من عامل الرياح الذى له تأثير كبير على الهضاب الصخرية. وتتصف أرضية الوديان الحديثة بالشقوق الكثيرة التى تنمو فيها نباتات خاصة يطلق عليها (نباتات الشقوق الصخرية Chasmophytes) مثل *Asteriscus, Iphiona*.

وفى المراحل المتقدمة لأرضية الوديان يزداد سمك التربة نسبيا، وتنمو عليها نباتات حولية وموسمية. أما فى الوديان كاملة التكوين والتطور فغطاؤها النباتى يمثل الطور الذروى Climax Stage للغطاء النباتى الصحراوى حيث تنمو أشجار وشجيرات من أنواع الأجناس *Acacia, Balanites, Ziziphus, Tamarix*.

(٣) المناطق الجبلية Montane Regions.

توجد بها الكثير من الأنواع النباتية، ينمو بعضها على قمم الجبال مثل *Caralluma*، وينمو بعضها الآخر على المنحدرات مثل *Psiada, Aerva*،

Acacia, Indigofera. كما تنمو أنواع نباتية أسفل الجبال العالية مثل *Moringa*.

(٤) الصحارى الحصوية Gravel Deserts

وهى منتشرة فى كل المناطق الجافة بالعالم، تغطى سطح التربة فى هذه البيئة طبقة من الحصى مختلفة الأحجام والأشكال، لونها بنى داكن، تعمل على حماية التربة الواقعة تحتها. وهى تربة عارية من الغطاء النباتى إلا فى بعض المواقع الخالية من طبقة الحصى، حيث تنمو بعض النباتات مثل: *Aristida, Senecio, Centaurea, Trigonella, Schismus, Aizoon, Anastatia*.

(٥) السهول الصحراوية Desert Plains

وهى عبارة عن سهول مستوية تتجمع فيها الترسيبات التُرْبيّة (من التربة) المنقولة بالماء Alluvial Deposits، ومن ثم فهذه البيئة صالحة لنمو الكثير من النباتات المعمرة، وكذلك النباتات الحولية والموسمية وثنائية الحول فى مواسم الأمطار. من أمثلة تلك النباتات أنواع من الأجناس التالية: *Zygophyllum, Leptadenia, Rhazya, Panicum, Pennisetum, Anabasis, Hammada, Salvadora, Dipterygium*.

وهناك سؤال هام يلزم طرحه فى هذا المقام، **ماهى الخصائص والتحورات الشكلية والتشريحية والفسيولوجية للنباتات الجفافية؟**

ستكون الإجابة على هذا السؤال القاعدة التى تبنى عليها الأهمية البيئية والاقتصادية للنباتات الصحراوية بصفة عامة والجفافية بصفة خاصة.

■ تأقلم النباتات الجفافية

سبقت الإشارة إلى أن النباتات الجفافية تعمل لسد حاجتها من الماء على جمع أكبر كمية ممكنة منه، من المنطقة التى تعيش فيها حيث الأمطار نادرة الحدوث. وفى نفس الوقت لها صفاتها وخصائصها المختلفة التى تعتبر أساليب طبيعية لهذه النباتات للوقاية من فقد الماء بواسطة النتح، كالأدمة السميكة

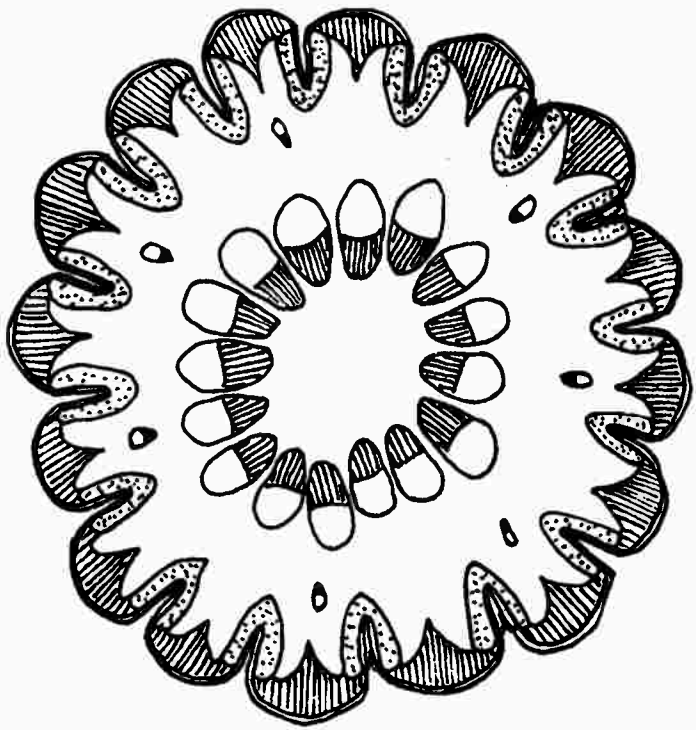
والثغور الغائرة والشعيرات السطحية الكثيفة، إضافة إلى طبقة الفلين السميكة التى تغطى الأجزاء الأرضية لبعض الأنواع، وقاية لها من امتصاص التربة الجافة لمائها، وذلك لأن للتربة الجافة قوة امتصاص كبيرة تمكنها من سحب أغلب الماء المتبقى داخل الخلايا (الأنسجة)، كما أنها تغطى الأجزاء المسنة من الساق لتقليل النتح.

وإذا أخذنا قطاعا مستعرضا .T.S فى ساق أحد النباتات الصحراوية الجفافية الذى يغزر نموه فى بعض الصحارى العربية وهو نبات الرتم ***Retama raetam*** (شجيرة خشبية)، عديم الأوراق سيقانه الطرفية خضراء مستديرة تؤدى وظيفة التمثيل الضوئى عوضا عن الأوراق (أنظر الشكل رقم ١). يلفت النظر عند فحص القطاع، وفرة العناصر الميكانيكية (الدعامية) والتوصيلية (Xylem) ووجود نتوءات على سطح الساق تفصلها تجاويف تجعل سطح الساق غير مستو، وتغطى البشرة (Epidermis) بأدمة سميكة (Cuticle) كما تنحصر الثغور (Stomata) فى التجاويف أو تقع فى منطقة بارنشيمية، خلاياها رقيقة الجدر، تمثيلية – لاحتوائها على كمية كبيرة من البلاستيدات الخضراء –. تحمى الثغور وفتحات التجاويف، شعيرات سطحية تساعد على تقليل النتح وإضعاف أثر الهواء الخارجى الجاف. أما فى النتوءات، فتوجد تحت البشرة أنسجة سكلارانشيمية دعامية مغلظة، وتتكون الاسطوانة الوعائية من حزم وعائية مرتبة فى حلقة واحدة، تحتوى كل حزمة على خشب ثانوى إلى جانب الخشب الابتدائى، وبالخشب قدر وفير من العناصر الملجننة.

يتضح من التركيب الداخلى (التشريحى) لساق النباتات الجفافية، أنها تتصف بما يلى:

١ – الثغور الغائرة.

٢ – الأدمة السميكة.



شكل رقم (١)

رسم تخطيطى لقطاع مستعرض فى ساق نبات الرتم *Retama raetam* الصحراوى (الجفافى Xerophyte) يبين

(ب) البشرة، (س) نسيج اسكلارا نشيمى، (ت) نسيج تمثيلى، (د) بروز (م) تجويف (ث) ثغور

٣ – الشعر السطحى الغزير على السطوح النائحة، وذلك لتقليل فَقْد الماء بعملية النتح.

٤ – كثرة الأنسجة العمادية فى أوراق النباتات الصحراوية، حيث يتكون النسيج الوسطى فى بعض تلك النباتات مثل نبات *Capparis spinosa* من خلايا عمادية فقط، ويختفى النسيج الاسفنجى كله.

٥ – وفرة العناصر الملجننة وازدياد تغلظ الجدر الخلوية، وهى صفات تساعد على عدم تهدل النبات عندما يفقد كمية كبيرة من مائه أثناء الذبول، الذى يتعرض له كثيرا فى بيئته الطبيعية. إذ أن ذلك التهدل يؤدى إلى غلق أوعية التوصيل فلا تستطيع أداء وظائفها التوصيلية مرة أخرى بعد زوال الذبول. إن وجود العناصر الملجننة بوفرة يعمل على تكوين هيكل يقى النباتات من هذه الأضرار الميكانيكية.

٦ – طبقة الشمع السطحية التى تميز الكثير من النباتات الجفافية بالإضافة إلى الأدمة السميكة، كما فى الأمثلة التالية *Euphorbia, Farsetia, Calotropis*.

ومن أهم الصفات الشكلية (المورفولوجية) للنباتات الجفافية، تحور الأعضاء الخضرية إلى أشواك، وقد ثبت أن هذا التحور اختزال ليس فقط للنتح الكلى كنتيجة لنقص مساحة السطح النائح بسبب صغر النسبة بين السطح والحجم وبين السطح والوزن، ولكن أيضا لمعدل النتح من وحدة السطح. وفى نبات السَّلة *Zilla spinosa* نلاحظ أنه كلما قلت رطوبة الوسط الصحراوى الذى يعيش فيه النبات، قل حجم الأوراق وعددها وزادت الأشواك فى العدد والحجم، وكلما قل الجفاف انعكست هذه النسبة فتكبر الأوراق وتكثر وتقل الأشواك وتصغر، وفى الصحارى متطرفة الجفاف لاتحمل نباتات السَّلة البالغة أوراقا على الإطلاق.

وتؤدى هذه العلاقة بين النبات وعوامل البيئة المتغيرة تؤدى إلى أن تكون هناك أشكال ونموات متنوعة للنوع النباتى الواحد، هذه الأشكال ليست أنواعا

متباينة Different Species ولكنها (أنواع بيئية لنوع نباتى واحد Ecotypes for one plant species). والنباتات الشوكية كثيرة فى الصحارى ومن أمثلتها أنواع من أجناس: *Fagonia, Capparis, Launaea, Astragalus, Echinops, Silybum*

هناك نوع آخر من التحورات فى بعض النباتات الجفافية، ففضلا على أن معظم النباتات الجفافية تعمد إلى التخلص من أوراقها فى موسم الجفاف لموازنة محتواها المائى، يوجد أيضا عدد كبير من أنواعها عديمة الأوراق أو قد تحمل أوراقا صغيرة مختزلة لا تقوم بدور يذكر فى عملية التمثيل الضوئى، ومن أمثلة هذه النباتات: *Hammada, Retama, Anabasis*، وتقوم بعملية التمثيل الضوئى عوضا عن الأوراق، فروع طرفية خضراء رفيعة. وفى فقد الأوراق اختزال كلى للنتح، وجميع الأنواع النباتية الجفافية بالصحارى تختزل أوراقها أو تفقدها كلية فى فصل الجفاف أو تحت العوامل البيئية غير الملائمة للتوازن المائى.

تفيد الأعضاء الأرضية المتشحمة فى بعض النباتات الجافة الصحراوية، كالجذور اللحمية والأبصال والدرنات والكورمات، فى اختزان الماء. فعندما يحل فصل الجفاف الشديد تذوى الأجزاء الهوائية ويحيا النبات فى ذلك الفصل فى صورة بصلة أو درنة أو كورمة تحت سطح التربة (وهذا هو الجزء المعمر فى النبات The perennating organ) ويغطى سطح هذه الأعضاء الأرضية عادة بحراشيف أو أوراق جافة أو غلاف فلينى أو غير ذلك مما يحول دون فقدها للماء، وعندما تصبح العوامل البيئية ملائمة (بعد انتهاء فصل الجفاف) يستغل الماء والغذاء المختزنين فى تكوين أعضاء خضرية جديدة تظهر فوق سطح الأرض، ومن أمثلة هذه النباتات أنواع من أجناس *Pancratium, Asphodelus, Ferula*.

تتصف النباتات الجفافية فسيولوجيا بما يلى:

١ – ارتفاع نسبة الماء المقيد بها.

٢ – ارتفاع الجهد الاسموزى.

٣ – تذبذب معدل النتح بها.

أولا: الماء المقيد Bound Water

أوضحت الدراسات أن النباتات الجفافية تحتوى عادة على نسبة عالية من الماء المقيد The Bound Water، وهو ماء يرتبط بقوة بالمواد الغروية التى توجد بالخلايا الحية إلى درجة فقده لخصائص الماء الحر من حيث القابلية للتبخر السريع تحت تأثير عوامل التبخر الجوية، وكلما نقص المحتوى المائى للخلية زاد ارتباط الماء بتلك المواد. إن وجود هذا الماء المقيد يجعل البروتوبلازم (المادة الحية بالخلية) دائما فى حالة من التميؤ تحفظ له حيويته فى ظروف الجفاف الشديدة، وتقيه من التعرض لجفاف يهلكه، وهذا من أهم الخصائص الفسيولوجية لنباتات الجفاف. يرتبط ارتفاع نسبة الماء المقيد ارتباطا وثيقا بمقدرة النباتات على مقاومة الجفاف واحتمال الذبول الدائم، حيث وجد أن النباتات التى تتعرض للذبول الدائم مرات متكررة، تكتسب مقاومة للذبول بالتدريج إذ تقل نسبة النباتات التى تموت منها بعد كل ذبول، ويصحب ذلك الازدياد فى مقاومة الذبول الدائم ازديادا مماثلا فى نسبة الماء المقيد.

ولما كانت نباتات الجفاف تتعرض كثيرا فى بيئتها الطبيعية إلى ذبول دائم متكرر، فمن المرجح أن يكون تكرار هذا الذبول من العوامل التى تنمى فيها القدرة على احتمال الجفاف عن طريق زيادة تقييد الماء للمواد الغروية بالخلايا الحية، ومن المحتمل أن ازدياد الجهد الاسموزى Osmotic Potential يلعب هو الآخر دورا هاما، حيث يحفظ حيوية البروتوبلازم ويمنع جفافه وموته بفقد الماء فقدا تاما. وهذا من أرقى مظاهر مقاومة الجفاف التى تتميز بها النباتات الجفافية الحقيقية True Xerophytes، ومن هذا يتضح أن نمو نباتات الجفاف ومعيشتها تحت ظروف الجفاف السائدة فى صحارينا العربية، ينتج عنها نوع من المناعة المكتسبة ضد الجفاف Drought Hardness تنطوى على زيادة فى الصلابة والتماسك الميكانيكى، وهى صلابة يصحبها بالضرورة انخفاض فى المحتوى

المائى للأنسجة. ومن المرجح أن يرافق نقص المحتوى المائى للأنسجة تغييرات فيزيقية وكيميائية تؤثر على الخصائص الغروية للبروتوبلازم وتؤدى إلى زيادة اجتذابها للماء.

ثانيا: الجهد الأسموزى Osmotic Potential

من الخصائص الفسيولوجية التى تتصف بها نباتات الجفاف الحقيقية أيضا، ارتفاع الجهد الأسموزى للعصير الخلوى، إذ يتراوح ذلك الجهد فى معظمها مابين -١٥ إلى -٤٥ ضغط جوى وربما يزيد فى بعض النباتات تحت ظروف الجفاف المتطرفة، وهو جهد أعلى بكثير من ذلك فى النباتات الوسطية (الذى يتراوح مابين -١ إلى -٧ ضغط جوى).

ويبدو أن ارتفاع الضغط الأسموزى لنباتات الجفاف نشأ أساسا من تقييد كميات كبيرة من الماء وارتباطه بالمواد الغروية بقوة تحول دون اشتراكه فى إذابة المواد القابلة للذوبان بالعصير الخلوى، كما أن هذا الجهد الأسموزى المرتفع تصحبه - فى حالة النباتات الجفافية - زيادة فى الامتصاص حيث أن الجهد الامتصاصى يمكن أن يزداد سريعا إلى درجة كبيرة نتيجة فقد كمية ضئيلة جدا من الماء، وذلك ضرب من الملاءمة الفسيولوجية لنبات الجفاف.

ثالثا: النتـــح Transpiration

تختلف شدة النتح فى النباتات الجفافية بحسب العوامل البيئية السائدة، ولا يمكن اعتبار النتح السريع أو النتح البطئ صفة فسيولوجية مميزة لتلك النباتات وذلك لأنها لاتتصف من هذه الناحية بصفة ثابتة، بل إنها تبدى مرونة كبيرة وتتصرف وفق ماتقتضيه احتياجات توازنها المائى. والمقدرة الحقيقية التى تتميز بها هذه النباتات ليست فى إنقاص معدل النتح عندما تتوفر الموارد المائية، إذ أن ذلك يقتضى عادة إغلاق الثغور التى يتم خلالها تبادل الغازات لعمليتى التنفس والتمثيل الضوئى، بل فى إنقاص ذلك المعدل إلى أقل حد ممكن وقت الجفاف

وعندما تكون هناك حاجة ماسة لحفظ البقية الباقية من ماء النبات إبقاءا على حياته. ولذلك أوضحت البحوث والدراسات أن النباتات الجفافية لاتتميز بمعدل نتح منخفض كما كان يعتقد من قبل، ولكن بمعدل نتح كبير عندما تكون الموارد المائية وفيرة، وذلك لاشتداد عملية التبخر الجوية فى بيئتها الطبيعية. أما عند نضوب المورد المائى أو شحه، فإن التوازن المائى يختل وتتولد مقاومة للجفاف من شأنها أن تختزل معدل النتح اختزالا كبيرا.

(ب) النباتات الملحية The Halophytes

تكوّن النباتات الملحية الغطاد النباتى للبيئة الملحية The Halophytic Vegetation وهى نباتات عالية التخصص تتميز بكونها شديدة التحمل لملوحة التربة (وبعضها يتحمل حرارة الجو كذلك)، وهذا التحمل يمكن ملاحظته فى مقدرتها على النمو والتكاثر فى تربة مالحة لايمكن لأى نباتات أخرى غير ملحية (Glycophytes) أن تنمو بها. كما أن الإنتاج الخضرى المطلق للنباتات الملحية يكون عادة مرتفعا فى البيئة الملحية عنه فى بيئة غير ملحية.

■ أنواع النباتات الملحية

النباتات الملحية إما أن تكون اختيارية Facultative Halophytes، قادرة على النمو فى تربة ملحية ولكنها تنمو بشكل أفضل فى تربة غير ملحية، وهى تختلف فى ذلك عن النباتات غير الملحية Glycophytes، ذات الحساسية للملوحة بالتربة.. أو أن تكون إجبارية Obligate Halophytes، وهى التى لاتنمو إلا فى التربة الملحية فقط دون غيرها.. ولا ترى أبدا فى التربة التى تنمو بها النباتات الحساسة لملوحة التربة.

كما أن هناك نباتات ملحية مفضلة للتربة الملحية Euhalophytes، أفضل نمو لها فى التربة التى تحوى نسبة عالية من الملوحة، إلا أنها تنمو نمواً ضعيفاً فى التربة قليلة الأملاح أيضا.

أثبتت التجارب أن الازدياد فى تركيز ملوحة التربة فى حدود معينة، ليس عقبة، إذ يمكن التغلب على ذلك من أجل امتصاص النباتات الملحية لماء التربة، بل أن تلك النباتات تستطيع التغلب على هذه الصعوبة برفع درجة تركيز عصيرها الخلوى. وتختلف مقدرة النباتات على هذه الملاءمة، فمعظم النباتات الأرضية لا تستطيع أن تتحمل سوى تركيز معتدل لأملاح التربة، بينما النباتات الملحية تستطيع أن ترفع جهدها الأسموزى إلى درجة كبيرة تكفى للتغلب على مقاومة محلول التربة للامتصاص، حتى إذا كانت درجة التركيز عالية نسبيا. وهذا يعنى أن الجهد الأسموزى للنباتات الملحية أعلى بكثير من الأقسام البيئية الأخرى، فهو يتراوح مابين −٣٠ إلى −٦٠ ضغطا جويا، وقد يزيد عن ذلك فى بعض الأنواع.. كما أن المحتوى المائى للمجموع الخضرى أعلى بكثير فى نباتات التربة الرطبة عنه فى نباتات التربة الجافة نسبيا، لذلك تبدو نباتات التربة الملحية موفورة الماء، عصيرية متشحمة، وتلك إحدى صفات بعض النباتات الملحية. كما يمكن اعتبار الجهد الأسموزى المرتفع وسيلة من وسائل مقاومة النباتات الملحية لملوحة التربة لتتمكن من امتصاص الماء من محلولها المركز.

تتميز النباتات الملحية أيضا بمحتوى عال من الماء المقيد Bound Water فى خلاياها، وتتشابه فى ذلك مع النباتات الجفافية الحقيقية. والماء المقيد، كما سبق ذكره، يساعد على مقاومة الجفاف.

■ بذور النباتات الملحية

لاتستطيع بذور النباتات الملحية الإنبات إلا بعد سقوط الأمطار التى تعمل على تخفيف محلول التربة، كما تغسل الأملاح وتحملها إلى الطبقات العميقة من التربة. ولكثير من النباتات الملحية جذور سطحية تجنبها الضرر عند تراكم الأملاح فى الطبقات العميقة، ورداءة التهوية الناتجة عن تجمع الماء فيها.

المستنقعات الملحية The Salt Marshes

التربة الملحية التى تنمو عليها النباتات الملحية إما أن تكون مغمورة تماما بالماء الملحى كما فى حالة مستنقعات المانجروف (الشورة) على شواطئ البحار والمحيطات بالمنطقة المدارية الحارة فى العالم Mangrove Swamps، أو تكون مستنقعات ملحية رطبة Wet Salt Marshes أى التربة المشبعة بالماء، وهذه تكون متاخمة لمستنقعات المانجروف، أو تكون تربة مستنقعات ملحية جافة Dry Salt Marshes، وهى المنطقة الداخلية على حدود المستنقعات الرطبة. تتأثر هذه المناطق الثلاثة تأثيراً مباشراً بمياه البحر، لذلك يطلق عليها المستنقعات الملحية الساحلية Coastal (Littoral) Salt Marshes.

تكون نسبة الأملاح الذائبة فى تربة مستنقعات الشورة أقل بكثير عنها فى تربة المستنقعات الرطبة، وذلك لأن الأولى مغمورة بصفة دائمة بمياه البحر التى تغسل الأملاح وتسربها إلى الأسفل، أما المستنقعات الرطبة فتغمر بمياه البحر خلال فترات المد البحرى فقط، وتتعرض فى الفترات الأخرى لأشعة الشمس التى تعمل على تبخر المياه تاركة الأملاح خلفها.. فى حين أن نسبة الأملاح بتربة المستنقعات الملحية الجافة أعلى بكثير من المستنقعات الرطبة وذلك لأن الأولى تكون معرضة لأشعة الشمس، ولا تصلها مياه البحر إلا خلال فترات العواصف فقط، وعلى هيئة رذاذ متناثر Sea Water Spray، وبناءا عليه ترتفع كميات الأملاح بتربتها.

كما توجد المستنقعات الملحية الداخلية Inland Salt Marshes، التى تقع بعيدة عن تأثير البحر حيث توجد بالواحات فى الصحارى الداخلية ذات المياه الجوفية القريبة من سطح الأرض، أو ذات المياه الجارية من عيون فوق سطح الأرض مكونة بحيرات (أو برك) ممتلئة بالماء، وتوجد على جوانبها المستنقعات الملحية الناتجة من تبخر المياه تاركة الأملاح خلفها.. وفى كثير من الأحيان تصبح مياه هذه البحيرات مالحة. تنشأ فى هذه البيئة المستنقعات الملحية الداخلية

التى تشـمل ثلاثة مناطق Zones، كـما هو الحال فى المستنقـعات الملحيـة الساحلية.

توجد المنطقة الأولى على الحواف الداخلية للبحيرات والبرك وتربتها مغمورة بالمياه بصـفـة دائمـة، تسودها نباتات المستنقـعات القـصبيـة Reed Swamps (Heliophytes) مـثل أنواع الأجناس *Typha, Phragmites*. وتتاخـمـها منطقة المستنقعات الملحية الرطبة، تليها المستنقعات الملحية الجافة. وهذا يعنى أن هناك تشابه فى توزيع الغطاء النباتى إلى مناطق Zonation سواء فى المستنقعات الملحية الساحلية والداخلية، إلا أن مستنقعات الشورة Mangrove Swamps توجد على سواحل البحار بينما المستنقعات القصبية توجد بالواحات الداخلية فى الصحارى، وأحيانا فى بعض المواقع من سواحل البحار.

■ مناطق توزيع الغطاء النباتى الملحى

Zonation Pattern in The Halophytic (Salt Marsh) Vegetation

تعتبر هذه ظاهرة عالمية للغطاء النباتى الملحى، ويتحدد عدد المناطق Zones بعدد من العوامل ذات التأثير المباشر، أهمها:

مدى وصول المد البحرى وفترة بقائه، غمر النباتات بالمياه، مستوى سطح الأرض، عـمق التـربة، ملوحـتـهـا، مسـتـوى الماء الأرضى، مـدى وصـول الرذاذ البحرى، وأمواج البحر.

لكل هذه العوامل التأثير الفردى والجماعى، فإذا نظرنا إلى الأنواع النباتية التى تستوطن المنطقة الأولى القريبة من مياه البحر، نرى أنها تتصف بمقدرتها على الغمر بالمياه لفترات أطول من تلك التى تستوطن المنطقة الثانية وهكذا. وقد وجد أن النباتات التى تسود فى المنطقة الملحية البعيدة عن تأثير المياه يكون تحملها للملوحة أكبر من النباتات التى تنمو فى المنطقة الأولى المتاخمة لمياه البحر.

■ تأقلم النباتات الملحية:

وتبعا للطريقة التى تستطيع بها النباتات الملحية التكيف أو التأقلم مع التربة

Adaptation الملحية، تم تقسيمها إلى أربعة مجاميع كما يلى:

١ - مجموعة النباتات الملحية المفرزة للأملاح Salt Excretive Halophytes

وهى تلك التى توجد بها غدد خاصة فى الأوراق أو السوق وظيفتها إخراج الأملاح الزائدة عن حاجة النبات والممتصة من التربة، خارج جسم النبات. وبهذه الطريقة تتخلص هذه النباتات من الأملاح غير المرغوب فيها، ويمثلها نباتات *Tamarix, Limonium, Cressa*.

٢ - مجموعة النباتات الملحية العصيرية Succulent Halophytes

تمتص أكبر كمية من محلول التربة والماء، وتختزن الماء فى أوراقها أو سوقها وذلك لتخفيف كميات الأملاح الزائدة الممتصة من التربة. تمثل هذه المجموعة بنباتات *Halocnemum, Halopeplis, Suaeda, Salsola, Arthrocnemum, Zygophyllum*

٣ - مجموعة النباتات الملحية المخزنة للأملاح Cumulative Halophytes

وهى نباتات ليست عصيرية ولا توجد بها غدد إفرازية، ولكنها تقوم بتخزين الأملاح الزائدة الممتصة من التربة فى بعض أجزائها الخضرية (الأوراق - أطراف السوق)، التى تذبل وتموت عندما ترتفع فيها نسبة الأملاح كثيرا فتسقط على الأرض، وبذلك يتخلص النبات من الأملاح غير المرغوب فيها. تمثل هذه المجموعة بنباتات السمار المر *Juncus*.

٤ - مجموعة النباتات المبعدة للأملاح Salt Exclusive Halophytes

وهذه النباتات (مثل نبات الشورة *Avicennia*) تحول دون دخول كل الأملاح الذائبة فى محلول التربة، وتسمح فقط بدخول الأملاح المرغوب فيها.

معظم النباتات الملحية التابعة للمجاميع الأربع السابقة، نباتات معمرة، غير أن هناك عددا من النباتات الملحية الحولية مثل *Mesembryanthemum sp., Zygophyllum simplex*.

ج. النباتات الوسطية The Mesophytes

■ تعريف

النباتات الوسطية هى تلك التى تعيش فى البيئة الوسطية Mesic Habitat ، التى تحتوى تربتها على كمية مياه متوسطة بين ما بالبيئة المائية والبيئة الجافة، وكذلك فإن كمية الأملاح الذائبة فى تربة البيئة الوسطية معتدلة جدا ولاتزيد عن حاجة النباتات الوسطية، بالإضافة إلى أن كمية الأكسجين بالتربة كافية لتنفس الجذور.. ويتبع هذه المجموعة كل نباتات المحاصيل والحدائق والخضر والفواكه.

لا تستطيع النباتات الوسطية استيطان البيئة المائية ولا الأراضى المشبعة بالماء، كما أنها لا تستطيع أن تنمو فى الأماكن شحيحة الماء، لذلك فإن ضروب الملاءمة التركيبية والتشريحية والفسيولوجية التى تتصف بها النباتات الجفافية والملحية والمائية لا وجود لها فى النباتات الوسطية.

■ أقسام النباتات الوسطية وصفاتها

تنقسم النباتات الوسطية من حيث شدة الضوء المعرضة له، إلى:

نباتات ظل [Shade - Loving Plants [Sciophytes

ونباتات شمس [Sun- Loving Plants [Heliophytes.

وبالرغم مما يبدو على النباتات الوسطية من افتقار إلى صفات شكلية تميزها عن غيرها، فإنها لا تقل تجاوبا مع بيئتها عن نباتات البيئات الأخرى، إذ تتمتع هذه النباتات بمجموع جذرى كبير، متفرع وممتد، واسع الانتشار، طوله يماثل طول المجموع الخضرى تقريبا (إذا ما قورن بالنباتات الجفافية التى يصل طول مجموعها الجذرى إلى عشرة أضعاف طول مجموعها الخضرى، والعكس صحيح فى النباتات المائية). كما يساوى حجم التربة الذى يشغله المجموع

الجذرى، على وجه التقريب، حجم الحيز الهوائى الذى يشغله المجموع الخضرى، والشعيرات الجذرية موجودة باستمرار وبغزارة، إضافة إلى أن الظروف التى تعيش فيها النباتات الوسطية مواتية لتجمع الدبال والكائنات الدقيقة.

تبلغ أوراق النباتات الوسطية أوج تكوينها، فهى عادة كبيرة ومتوسطة السمك، كما أن لونها أخضر داكن بسبب بشرتها الرقيقة الشفافة ذات الأدمة معتدلة التغلظ، وبسبب غزارة تكوين اليخضور. الثغور غزيرة بوجه عام وأكثر ازدحاما على السطح السفلى عنها على السطح العلوى، منتظمة التركيب وخلاياها الحارسة بالغة الكفاءة، وسرعة النتج عادة متوسطة. الجهد الأسموزى لهذه النباتات متوسط [من -١ إلى -٧ ضغط جوى] بين النباتات المائية [من -٣, إلى -٤ ضغط جوى]، والنباتات الجفافية [من -١٥ إلى -٤٥ ضغط جوى] والنباتات الملحية [من -٣٠ إلى -٦٠ ضغط جوى].

د. النباتات المائية The Hydrophytes

■ تعريف وتقسيم النباتات المائية

النباتات المائية هى تلك التى تنمو كليا أو جزئيا تحت سطح الماء، لها شكل يكاد يكون موحدا، وتحوراتها التى تمكنها من العيش فى الماء أقل بكثير من تحورات النباتات الجفافية

يمكن تقسيم النباتات المائية إلى ثلاثة مجاميع:

(١) مجموعة النباتات المغمورة Submerged Hydrophytes

تكون كل أجزاء جسمها (الجذور • السيقان- الأوراق) تحت سطح الماء حتى التلقيح والإخصاب يتمان تحت سطح الماء، ماعدا قلة من النباتات تقترب أفرعها الحاملة للزهور من سطح الماء، فتظهر الأزهار فوق السطح لإتمام عملية التلقيح فى الهواء، ثم تغمر بعد التلقيح بالماء من جديد. تمثل النباتات المغمورة

أنواعا من أجناس النباتات التالية:

Ceratophyllum, Potamogeton, Ottelia, Halophila, Elodea, Cymodocea, Zostera.

(٢) مجموعة النباتات الطافية Floating Hydrophytes

وهذه يكون جزء من جسمها (السوق والجذور) تحت سطح الماء، وتكون الأوراق والزهور والثمار فوق سطح الماء. وتشمل النباتات الطافية :

أ – نباتات طافية حرة الحركة Free- Floating Hydrophytes

ب– نباتات طافية مثبتة فى قاع الجسم المائى

.Fixed - Floating Hydrophytes

تكون ريزومات النبات فى الحالة الأولى مثل نبات الهياسنت (ورد النيل Water Hyacinth) *Eichornia crassipes* حرة الحركة تحت سطح الماء مباشرة حاملة الأوراق والزهر والثمار فوق سطح الماء، دون أى عائق يعمل على منع تحركها فوقه. ويثبت النبات فى الحالة الثانية مثل نبات *Potamogeton nodusus* جذوره فى القاع ثم يرسل سوقه أو أفرعه عاليا حاملة الأوراق والزهور والثمار حتى تصل إلى سطح الماء، والطفو هنا هو طفو غير كامل لأن النبات مثبت من أسفل وتهتز أوراقه فوق سطح الماء بفعل الرياح فى كل الاتجاهات.

(٣) مجموعة النباتات الظاهرة (المغموسة) Emersed Hydrophytes

معظم مجموعها الخضرى فوق سطح الماء، وتوجد الجذور (والريزومات إن وجدت) والجزء الأسفل من السوق وبعض الأوراق تحت سطحه، ويطلق على هذه النباتات أيضا النباتات البرمائية حيث تعيش جزئيا فى الماء وجزئيا فى الهواء. والنباتات التى تتبع هذه المجموعة هى نباتات المستنقعات القصبية Reed

Swamp Plants مثل *Typha, Cyperus, Phragmites*، كما يطلق على هذه النباتات Helophytes، هذا ويمكن أن تعتبر بيئة المستنقعات القصبية مرحلة انتقالية بين البيئة المائية والبيئة الأرضية.

■ تأقلم النبات المائية Adaptation of Hydrophytes

لما كان الوسط المائى شديد الانتظام والتجانس فى جميع أجزائه، فإن النباتات المائية المغمورة والطافية تبدى ضروبا من الملاءمة البيئية والفسيولوجية أقل مما تبديه النباتات الأرضية التى تعيش تحت ظروف بيئية أكثر تعقيدا وأقل انتظاما وتجانسا. وتتمثل ضروب الملاءمة التركيبية التى تتصف بها النباتات المائية فى استجابتها لوفرة الماء وما تنطوى عليه تلك الوفرة من نقص كمية الأكسجين اللازم للتنفس. لذلك فإن الصفات التشريحية لهذه النباتات تتلخص فى نقص الأنسجة الوقائية من فقد الماء والأضرار الميكانيكية، ونقص أنسجة التوصيل والتدعيم، وزيادة ظاهرة فى أجهزة التهوية مع نقص فى الأنسجة العمادية فإن أهم ما تعانيه النباتات المائية وخاصة المغمورة منها هو الحصول على حاجتها من الهواء فى الوسط المائى المحيط بها من كل جانب، بينما يحتوى اللتر من الهواء على حوالى ٢١٠ سم^3 من الأكسجين، ٣,٠ سم^3 ك أ٢، فإن لترا من الماء العذب فى درجة ٢٠° م يمكنه أن يذيب ٦ سم^3 من الأكسجين، ٣,٠ سم^3 ك أ٢ وقد تكون كمية الأكسجين التى توجد فعلا فى الماء وخاصة الماء الراكد أقل بكثير من ذلك، وهذا يعطينا فكرة عن الصعوبة التى تواجهها النباتات المغمورة لتحصل على حاجتها من الأكسجين ، لذلك تتميز النباتات المائية المغمورة والأجزاء الواقعة تحت سطح الماء للنباتات الطافية والمغموسة بوجود ممرات هوائية داخل الأعضاء تفصلها حواجز رقيقة من خلايا بارانشيمية مكونة أنسجة تهوية Aerenchyma تمثل مستودعات تختزن فيها الغازات اللازمة لعمليات التبادل. كما يختزن فيها أيضا الأكسجين المتخلف من عملية التمثيل الضوئى لاستعماله فى التنفس، كذلك فإن جانبا من ك أ٢ الذى يتجمع فى

هذه المستودعات أثناء الليل يمكن استعماله فى التمثيل الضوئى عندما تتعرض النباتات المغمورة لضوء الشمس.

وجذور النباتات المغمورة مختزلة غاية فى الاختزال، قليلة التفرع أو عديمته خالية من الشعيرات الجذرية، وفى بعض النباتات مثل *Ceratophyllum* لا توجد جذور على الإطلاق. أما أوراق النباتات المغمورة فهى ناقصة نقصا كبيرا فى الحجم والسمك، غير أنها تتصف باتساع سطح الأنسجة المختصة باستقبال الضوء المنتشر، والبلاستيدات الخضراء عادة كبيرة جدا ومتحركة، والثغور غير موجودة إلا فى شكل بدائى وليس لها وظيفة، لكن لايقوم النبات بإخراج الماء الزائد عن حاجته بواسطة عملية النتح Transpiration (كما فى النباتات الأرضية أو فِى الأجزاء الهوائية للنباتات المائية) ولكن بواسطة عملية الإدماع Guttation عن طريق ثقوب تسمى Hydathodes. فى حين تشبه أوراق النباتات الطافية أوراق النباتات الأرضية أكثر من النباتات المغمورة، فهى مغطاة بطبقة من الشمع على سطحها العلوى منعا من البلل وتفاديا لسد ثغوره بالماء، وبها ثغور نشيطة على السطح العلوى فقط.

ولبعض النباتات المائية جذور هوائية تنفسية Respiratory Roots (Penumatophores) ، خاصة نباتات المستنقعات الطينية حيث التربة رديئة التهوية لكونها مغمورة بصفة دائمة بمياه البحار المالحة التى تحوى كمية ضئيلة جدا من الأكسجين الذائب، ومن أمثلة هذه النباتات نبات المانجروف (الشورة) *Avicennia marina*، وهى أشجار وشجيرات تعيش على سواحل البحار بالمنطقة الحارة فى العالم (كساحل البحر الأحمر)، لها جذور وتدية تنمو إلى أسفل وجذور تنفسية تنمو إلى أعلى سطح الأرض، تنتشر عليها عديسات كثيرة وظيفتها توصيل الهواء الجوى بالفراغات الهوائية التى تتخلل الجذور الوتدية فتستطيع الجذور أن تتنفس، وبهذه الطريقة استطاعت نباتات المانجروف المعيشة فى هذه التربة رديئة التهوية.