الفصل الأول

الماء والنبـات

• المقدمة • دورة الماء • أهمية الماء للنبات • المحتوى المائي للنبـات

(١-١) المقدمة

يعد الماء عصب الحياة كما يعرفه العالم والرجل العادي، وإن اختلفت النظرة حيث لا يمكن تصور وجود حياة بالشكل المتعارف عليه دون ماء. ولا غرو إذاً في كون الأقدمين قد اعتبروا الماء عنصرا قائما بذاته حتى وقت ليس بالبعيد، وهو منتصف القرن الثامن عشر الميلادي عندما اكتشفت العناصر المكونة له. وترى أكثر النظريات رواجاً عن بداية الحياة على الأرض أن الكائنات الحية الأولى البسيطة كانت تنمو في وسط مائي مثلها في ذلك مثل ما يعرف من كائنات مائية في الوقت الحاضر، إلا أن بعض الكائنات أثناء تطورها انفردت بطريقة وسط في الحياة مثل البرمائيات ونباتات المستنقعات بينما البعض الآخر ابتعد في الظاهر ولكن ما زال يعتمد على الماء في حياته مثل بقية الكائنات الحية.

تنمو معظم النباتات الراقية مثل الكائنات الحية الأخرى حيث يوجد الماء، ومع ذلك فزيادة الماء أو قِلّتِه يحدان من نموها، وأقرب مثل لذلك ما يشاهد في الصحاري

أثناء مواسم الربيع عند توافر الماء حيث تنمو فيها أنواع وكميات كبيرة من النباتات تكفي لازدهار الحياة الاقتصادية لمن يقطن بها، ثم لا تلبث أن تقفر وبصورة سريعة عندما يشح الماء. وبالمثل، تندثر النباتات من رقعة الأرض عندما تزداد كمية الماء كما يحدث في البحيرات المتكونة بعد إنشاء السدود ليحل محلها أنواع مائية أخرى. من هنا، فإن الحالة المثلى للنباتات الراقية هي وجود حالة اتزان بين كمية الماء والغطاء النباتي. يتحكم في توزيع الغطاء النباتي على الكرة الأرضية سهولة الحصول على الماء (بالإضافة إلى الحرارة) أكثر من بقية العوامل البيئية الأخرى. فالمناطق التي أمطارها غزيرة ومنتظمة في فصول النمو تكثر فيها النباتات مثل غابات الجبال دائمة الأمطار والغابات الاستوائية، أما إذا قل الماء نسبيا فتحل النباتات العشبية محل الغابات، حيث الجفاف واضح في فصل الصيف، أما إذا قلت كمية المطر عن ذلك، فإن الأرض تتحول إلى مناطق شبه قاحلة التي يميزها وجود الشجيرات المتناثرة، وأخيرا المناطق القاحلة وتشمل الصحاري حيث تيارات الهواء الدافئة النازلة التي تتسبب في قلة الأمطار. ويمكن تصور الوضع بالانطلاق من خط الاستواء والاتجاه إلى القطب غير أن تداخل تأثير الحرارة بعد مناطق الصحاري يبدأ في الوضوح كلما قلت المسافة نحو القطب.

من ناحية أخرى، نجد أنه من الشائع تقسيم النباتات عموما حسب احتياجاتها المائية وبيئات نموها إلى أقسام هي:

١ – النباتات المائية Hydrophytes

ويمثل مجموعة النباتات المائية عدداً من النباتات التي تنمو مطمورة أو شبه مطمورة في الماء، ولذا ظهرت بها بعض الصفات التحورية لملاءمة مثل هذه البيئات. من هذه التحورات رِقَّة الأدمة لتسمح بانتشار الأكسجين لأن أكثر ما تعاني منه

النباتات المائية هو قِلّة الأكسجين لأن ذوبانه في الماء قليل بالنسبة لهذه النباتات. من هنا فقد تحورت بدورها بعض الأنسجة لتكوين فراغات هوائية تسمح بتهوية النبات. ومن التحورات، أيضا، انعدام الثغور أو عدم فعاليتها وكذلك قلة الأنسجة التوصيلية والدعامية والجذور. تساعد الفراغات الهوائية أعضاء النبات على الطفو والبقاء في المكان المناسب للتعرض إلى أكبر كمية من الضوء للقيام بوظيفة البناء الضوئي. من أمثلة هذه النباتات نبات الأقحوان المائي (رجل الغراب) (*Ranunculus aquatilis*) والألوديا (*Elodea canadensis*).

٢- النباتات الرطوبية Hygrophytes

وهي النباتات التي تنمو في الأماكن الرطبة مثل العديد من الحزازيات والسراخس والأشن حيث الرطوبة النسبية العالية غالبا والتربة المشبعة بالماء، وإذا كان المكان ظليلا فالأوراق ذات المساحات الكبيرة تكون أكثر فعالية في عملية البناء الضوئي. من مميزات النباتات الرطوبية أنها تتحمل الجفاف المؤقت لتعاود النمو مرة أخرى عند توافر الماء.

٣- النباتات المتوسطة Mesophytes

لقد سميت بالنباتات المتوسطة لأنها تحتاج إلى كميات من الماء أقل من المجموعتين السابقتين وأكثر من المجموعة اللاحقة. تنمو نباتات هذه المجموعة وتزدهر في بيئات ذات تربة جيدة التهوية وأوراق هذه النباتات عرضة لهواء متوسط الرطوبة النسبية. يميز نباتات هذه المجموعة، أيضا، وجود آلية تتحكم في كمية الماء المفقود منها عن طريق التحكم في حجم فتحات الثغور، ومن الأمثلة على نباتات هذه المجموعة معظم نباتات المحاصيل.

obeikandl.com

٤– النباتات الجفافية Xerophytes

وتشمل النباتات التي تتحمل الظروف الجافة، لأنها قد تحورت بشكل يكفل احتفاظها بالتوازن المائي بين أنسجتها وبيئتها الجافة. ومن هذه التحورات اختزال المجموع الخضري وكبر المجموع الجذري وهناك تحورات أخرى مثل سمك الأدمة ووجود الشعيرات أو أن تكون الثغور غائرة، إلى غير ذلك من الصفات التي تضمن الإقلال من فقد الماء. تقسم مجموعة النباتات الجفافية إلى أقسام سيرد الحديث عنها في موضوع الإجهادات المائية ويمثل هذه المجموعة معظم النباتات الصحراوية غير الحولية.

يلاحظ بالمثل أيضا أن هناك ما يعرف بالنباتات الحلوة (السكرية) (Glycophytes) والنباتات الملحية (Halophytes) حسب حساسية النبات للأملاح ، أما الكائنات الملحية الأخرى غير النباتية فيطلق عليها محبة للأملاح (Halophiles) .

(١–٢) دورة الماء

إن العناصر وبعض المركبات على هذه الأرض في حركة مستمرة وتغير دائم ولا تبقى على حالة ثابتة إلى الأبد، فقد يتحول العنصر إلى أكسيده باتحاد ذلك العنصر مع عنصر الأكسجين وبالمثل فقد تتحول المركبات إلى مركبات أقل أو أكثر تعقيدا. وتساهم الأحياء (كالنباتات والحيوانات والبكتيريا والفطريات) والتربة مساهمة أساسية في تغير وضع كثير من العناصر والمركبات الموجودة في الطبيعة ومن حالة إلى أخرى فيما يعرف بدورة ذلك العنصر (دورة الكربون أو دورة النيتروجين مثلا) أو دورة المركب (دورة الماء مثلا). والدورة حلقة من التغيرات تبدأ وتنتهي من حيث بدأت لتعيد الكرَّة مرات ومرات.لقد تم تعريف هذه الدورات للعديد من العناصر والمركبات وتحديدها بأشكالها

obeikandl.com

المعروفة للتمييز والتحليل ولكن هذه الدورات جميعا مرتبطة مع بعضها البعض في إطار متكامل ومستمر حسب نواميس هذا الكون. تشتمل الدورة، أيضا، على تغيرات طبيعية كما يحدث للماء حين يتحول من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية (بخار) أو العكس فيما يعرف بعمليتي التبخر أو النتح وعملية التكثيف على التوالي، وبالمثل، هناك تغيرات كيميائية في الدورة كما يحدث للماء في الأحياء، ودخوله في بعض العمليات الحيوية مثل البناء الضوئي وكلا النوعين من التغيرات يشتمل على استهلاك للطاقة أو إنتاج لها. ويبين الشكل التالي (الشكل رقم ١-١) تخطيطا مختصرا لاتجاه حركة الماء في دورته الطبيعية من الأرض إلى الغلاف الخارجي ورجوعه مرة أخرى. يستنتج من الشكل السابق أن كمية الماء على هذه الأرض ثابتة ولكن توزيعها على الكرة الأرضية غير متساوٍ، والماء من أكثر المواد شيوعا وقد قدرت كميته بنحو ١,٢٥ X ٢٤١٠ جراما، وهذه الكمية كافية لتكوين طبقة من الماء حول الكرة الأرضية بعمق ٢,٥ كيلومتر لو كان سطح الكرة الأرضية مستويا. والمجال هنا لا يسمح بذكر كيفية توزيع الماء على الكرة الأرضية لأن ذلك من اختصاص بعض فروع العلم الأخرى. ولكن يمكن باختصار شديد توزيع المياه كالتالي:

١) مياه المحيطات والبحيرات والأنهار وتكون أكثر من ٩٨٪ من كمية الماء.

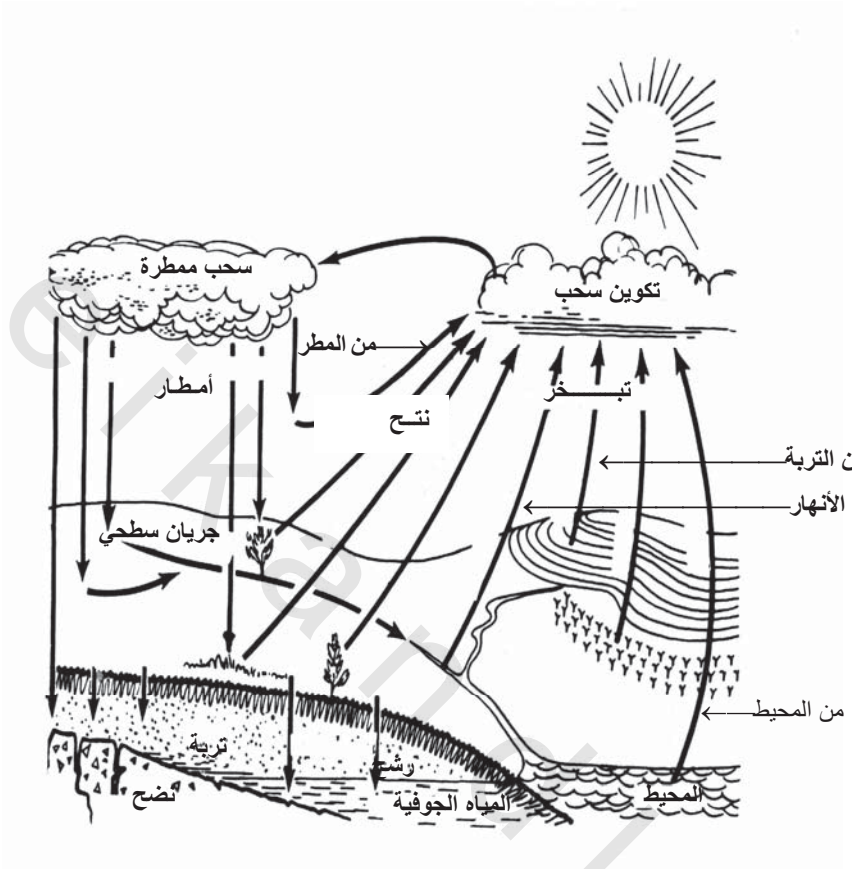
٢) المياه المتجمدة في القطبين وبعض قمم الجبال.

٣) المياه الموجودة في التربة.

٤) الماء الموجود على هيئة بخار في الغلاف الجوي للأرض.

٥) الماء الموجود في الكائنات الحية.

obeikandl.com



الشكل رقم (١-١). رسم تخطيطي مبسط لدورة الماء من الأرض إلى الغلاف الجوي ورجوعه.

هذا ويتتبع دورة الماء كما هي موضحة في الشكل نجد أن مصدر الماء الموجود في الجو على هيئة بخار هو المسطحات المائية والتربة والكائنات الحية حيث تعمل الطاقة الشمسية على تبخير كميات هائلة من الماء يوميا إلى الجو، وفي الوقت نفسه تعمل الطاقة الشمسية على تكوين الرياح التي بدورها تؤدي دورا مهما في حركة وتوزيع بخار الماء في الغلاف الجوي للكرة الأرضية حيث تيارات الهواء المارة بالمسطحات المائية

تحمل جزءاً من بخار الماء وتنقله إلى أماكن أخرى حيث ينزل على هيئة أمطار أو ثلوج. إن نزول الأمطار على معظم الأصقاع يعمل على استمرار الكائنات الحية ولكن وكما في الشكل أيضا فإن هذا الماء لا يبقى في تلك الرقعة من الأرض بل بعضه يتبخر والبعض الآخر إما أن ينجرف على سطح الكرة مكونا أنهارا أو وديان أو بحيرات وإما أن يرشح إلى باطن الأرض حيث تقوم النباتات بامتصاص جزء يسير منه بواسطة جذورها وهذا الجزء من الماء وما يحدث له داخل النبات إلى أن ينتهي على هيئة بخار ماء في الجو هو مدار هذا الكتاب. وتمثل دراسة هذا الطور من أطوار دورة الماء وعلاقته بالنبات جزءا بسيطا من دورة الماء حيث إن الشكل أعلاه عبارة عن رسم تخطيطي مبسط لتلك الدورة ويوضح الشكل العام فقط والمجال لا يتسع لشرح الدورة بالتفصيل ولو أن الدورة تشتمل على نقاط مهمة من الناحية البشرية كتعرية التربة وتوليد الطاقة من المياه الجارية وعلاقة الدورة بموارد الغذاء والفيضانات وما إلى ذلك، وعلى العموم فالسبب الرئيسي لذكر الدورة هنا ما هو إلا لتبيان مدى تداخل هذه الدورة ونسب الموضوع إلى فرعه الأصلي من العلم.

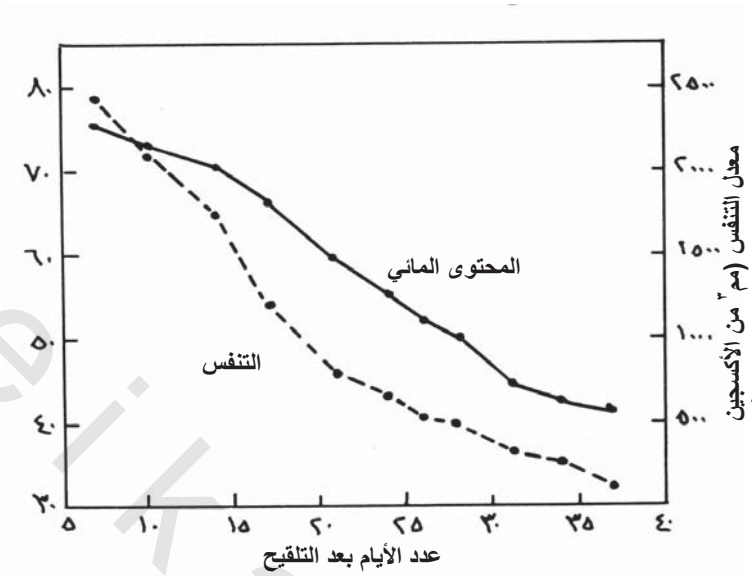
(١–٣) أهمية الماء للنبات

تعود أهمية الماء كعامل بيئي في توزيع النباتات وأماكن تواجدها (بالإضافة إلى الحرارة) إلى دور الماء في حياة النبات وأهميته الفسيولوجية حيث إن غالبية العمليات الفسيولوجية داخل النبات تتأثر بطريقة مباشرة أو غير مباشرة بوجود الماء كما سيلحق، ويمكن تلخيص أهمية الماء للنباتات كمثل للكائنات الحية بذكر أهم وظائف الماء في النباتات:

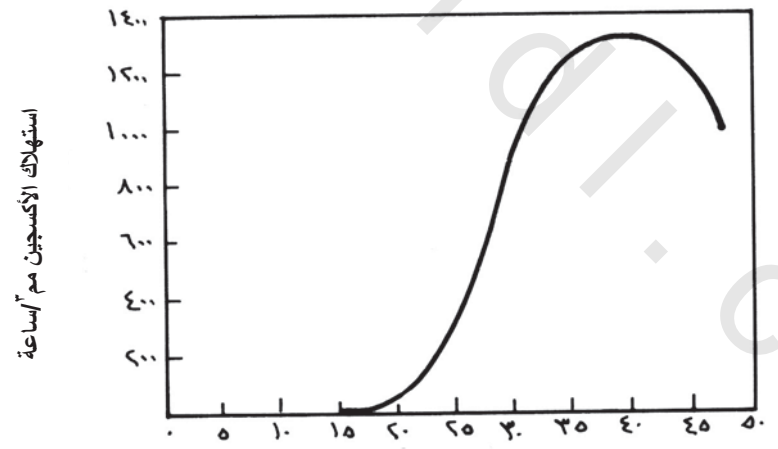
١- الماء والمادة الحية

يدخل الماء في تركيب المادة الحية (البروتوبلازم) حيث يكون أكثر من ٥٠٪ من الوزن الرطب للنباتات الخشبية وما بين ٨٥- ٩٥٪ من الوزن الرطب لكثير من النباتات العشبية حسب نوع النبات أو الجزء المستخدم كما سيرد عند ذكر المحتوى المائي للنباتات. ويرتبط نشاط البروتوبلازم بكمية الماء الموجودة فيه حيث كمية الماء تحدد وجود البروتوبلازم كمائع أو متصلب نوعا ما "جل" (Gel) ولذا فكمية الماء تحدد مرونة وتلاصق مكوناته، وعلى أية حال فنشاط البروتوبلازم ينقص بنقصان كمية الماء حتى تصل إلى حد معين بعده تموت الخلية وذلك لأن المواد السكرية والبروتينات والأحماض النووية تتطلب وجود الماء في حالتها الطبيعية، ونقصان الماء يغير من الخواص الطبيعية لتلك المواد مؤديا إلى الإخلال بالتوازن في تركيب البروتوبلازم وبالتالي موت الخلية ومع أن هذه القاعدة تسري في معظم الحالات بالنسبة للخلايا والأنسجة إلا أن هناك بعض أنواع من النباتات أو بعض أجزاء من النباتات تشذ عن ذلك بحيث يمكن أن تصل إلى درجة جفاف الجو أو حتى بالمعاملة بدرجات الحرارة العالية نوعا ما لتجفيفها دون أن تفقد حيويتها نتيجة لوجود آلية خاصة لم يكشف النقاب عنها، والأمثلة لذلك بعض الأشن وبذور بعض النباتات وبعض الأبواغ. على العموم يمكن القول بأن قلة المحتوى المائي تؤدي إلى إقلال ملحوظ في النشاط الفسيولوجي كما في الشكل رقم (١-٢) حيث تتضح العلاقة بين معدل التنفس والمحتوى المائي لبذور نبات الشيلم (rye) أثناء اكتمال نموها.

ويلاحظ أن هذه العلاقة عامة في غالبية الأنسجة النباتية. وبالنظر إلى العملية من زاوية أخرى نجد أن معدل التنفس يزداد بازدياد المحتوى المائي لبذور نبات الشوفان كما في الشكل رقم (١-٣).في الشكل السابق يلاحظ أن الزيادة الكبيرة في معدل التنفس



الشكل رقم (١–٢). العلاقة بين معدل التنفس والمحتوى المائي لبذور نبات الجاودار أثناء اكتمال نموها (عن شيرك ١٩٤٢) Shirk, 1942.



الشكل رقم (١–٣). العلاقة بين المحتوى المائي ومعدل التنفس لبذور الشوفان. (عن باكي ونويكر ١٩٣٣) Bakke and Noecker, 1933.

مع الزيادة في المحتوى المائي بعد نحو ١٦٪ يدل على أن الماء المرتبط لا يدخل في العمليات الفسيولوجية. من الناحية التطبيقية تعد هذه الظاهرة ذات أهمية كبرى عند تخزين الحبوب حيث يجب المحافظة على مستوى الرطوبة النسبية وإبقائه منخفضا لأن زيادة المحتوى المائي للبذور يعمل على زيادة معدل التنفس وبالتالي تلف البذور. وبالمثل في العمليات الفسيولوجية الأخرى نجد أن نقص الماء يخفض من معدل البناء الضوئي وغيره كثير من عمليات الأيض الأساسية للخلية.

٢- الماء كمادة تفاعل

يشارك الماء في كثير من التفاعلات الكيميائية التي تحدث داخل الخلية مثل تفاعلات التحلل المائي (Hydrolysis) للنشا إلى سكر أو التكثيف وذلك بإضافة أو نزع جزيء من الماء على التوالي. وهذه الأنواع من التفاعلات مهمة في عمليات الأيض. وهناك مثل آخر لمشاركة الماء في التفاعلات وهو أن الماء يعد مصدرا لذرات الهيدروجين المهمة في عملية اختزال ثاني أكسيد الكربون في عملية البناء الضوئي ولا يقل أهمية عن ثاني أكسيد الكربون في هذه العملية خاصة في النباتات الراقية. ويعد الماء في هذه العملية أيضا مصدر التعادل والاتزان الجوي لتركيز الأكسجين والمحافظة على نسبته في الجو حيث في التنفس يستغل الأكسجين وفي البناء الضوئي يتحرر، وكما سبق فمصدر الأكسجين هو الماء.

٣- الماء كمذيب

يعمل الماء كمذيب لمعظم المواد التي تدخل في تفاعلات الخلية مثل السكاكر والأحماض وكمذيب أيضا للغازات والمعادن التي تدخل إلى خلايا النبات أو تنتقل ما بينها كما سيرد لاحقا عند الحديث عن خواص الماء. ومما يساعد في ذلك كون جدر

وأغشية الخلايا منفذة للماء بسهولة وينتج عن ذلك استمرارية في الطور السائل في كل أرجاء النبات حيث تحدث عمليات النقل، وبذا فإن خلايا النبات متصلة ببعضها البعض وكأنها تسبح في وسط مائي.

٤- الماء وضغط الامتلاء

تحوي الفجوات الموجودة عادة في الخلية النباتية كميات كبيرة من الماء للمساعدة في بقاء الخلية ممتلئة (Turgid) نظرا لخاصية الماء في كونه لا ينضغط عند الضغط الجوي العادي. لذا فإن وجوده بهذه الكمية يؤدي إلى الاحتفاظ بشكل الخلايا وبالتالي العضو الذي تكونه تلك الخلايا، فمثلا خلايا أوراق النباتات العشبية ترتخي وتتهدل عندما تفقد تلك الخلايا جزءا كبيرا من مائها ولذا يقال عنها ذابلة أو خاوية (الشكل رقم ١-٤). وامتلاء الخلية (أي تكوين ضغط الامتلاء) ضروري لكبر الخلايا ونموها وبالتالي نمو النبات ككل ومن الصعب تصور عملية النمو دون الأخذ بالحسبان امتصاص الخلايا التي في طور الاستطالة للماء. وما عملية انفتاح الثغور في النبات عندما يتوافر الماء وانغلاقها عندما يقل إلا ظاهرة من ظواهر ضغط الامتلاء. وهناك أيضا حركة الأوراق في بعض النباتات نتيجة لامتلاء خلايا متخصصة تعرف بالخلايا الحركية (Bulliform cells). وكذلك حركة انفتاح وانغلاق بعض الزهور وغير ذلك كثير من التراكيب النباتية المتخصصة.

٥- وظائف أخرى

يقوم الماء بعدة وظائف أخرى في النباتات ككونه الوسط الذي تنتقل فيه الأمشاج في غالبية النباتات الأولية وبعضا من النباتات الزهرية والأبواغ وبعض البذور وأحيانا الثمار كوسيلة للانتشار. وبالنسبة للنباتات المطمورة وشبه المطمورة فالماء

يساعد في تدعيم المجموع الخضري لمثل هذه النباتات وبقائه في الوضع الأمثل بالنسبة لنمو النبات.

(أ) حالة الإرتواءة (ب) حالة الذبول

الشكل رقم (١–٤). نبات سالفيا *Salvia divinorum* في حالة الإرتواء والذبول.

المصدر: sageseeds.info/tutorials/tips.php

(١–٤) المحتوى المائي للنباتات

ذكر سابقاً أن الماء يشكل أكثر من ٥٠٪ للنباتات الخشبية وقد يصل إلى ٩٠٪ في النباتات العشبية، وذكر، أيضا، أن الماء يشكل طورا سائلا في جميع أجزاء النبات وتأثر حيوية البروتوبلازم بنقص الماء. يلاحظ أيضا أن معظم عمليات النمو في النبات تتوقف عند تغير المحتوى المائي بنسبة ٢٠- ٢٥٪ من المحتوى المائي للعضو النباتي عندما يكون في حالة امتلاء تام. والطريقة الشائعة لتقدير المحتوى المائي للنبات أو أحد أجزائه

هي طريقة الوزن والتجفيف في الفرن عند درجة حرارة ٨٠° م إلى ١٠٥° م حتى يتوصل إلى وزن ثابت ومن ثم نسبة الفرق إلى الوزن الرطب الأصلي. والجدول رقم (١-١) يوضح المحتوى المائي لأجزاء نباتات مختلفة.

الجدول رقم (١-١). المحتوى المائي لأجزاء نباتات مختلفة كنسبة مئوية من الوزن الرطب. (*).

النبات		العضو	الجزء المستخدم	المحتوى المائي
الشعير	*Hordium vulgare*	الجذر	القمة النامية	٩٣,٠
الصنوبر	*Pinus taeda*	الجذر	القمة النامية	٩٠,٢
الصنوبر	*Pinus taeda*	الجذر	المنطقة المعرضة للفطريات	٧٤,٨
تباع الشمس	*Helianthus annuus*	الجذر	متوسط المجموع الجذري	٧١,٠
الهليون	*Asparagus officinalis*	الساق	قمة الساق	٨٨,٣
تباع الشمس	*Helianthus annuus*	الساق	متوسط الساق لنبات عمره ٧ أسابيع	٨٧,٥
الصنوبر	*Pinus banksiana*	الساق	-	٤٨- ٦١
الصنوبر	*Pinus echinata*	الساق	اللحاء	٦٦
الصنوبر	*Pinus echinata*	الساق	الخشب	٥٠- ٦٠
الصنوبر	*Pinus taeda*	الساق	الأغصان	٥٥- ٥٧
تباع الشمس	*Helianthus annuus*	الأوراق	متوسط كل الأوراق لنبات عمره ٧ أسابيع	٨١,٠
القرنبيط	*Brassica oleracea*	الأوراق	مكتملة النمو	٨٦,٠
الذرة	*Zea mays*	الأوراق	مكتملة النمو	٧٧,٠

obeikandl.com

تابع الجدول رقم (١-١). (*).

النبات		العضو	الجزء المستخدم	المحتوى المائي
الطماطم	*Lycopersicon esculentum*	الثمرة	-	٩٤,١
البطيخ	*Citrullus vulgaris*	الثمرة	-	٩٢,١
التفاح	*Malus malus*	الثمرة	-	٨٤,٠
الذرة الحلوة	*Zea mays*	البذرة	رطبة	٨٤,٨
ذرة الحقل	*Zea mays*	البذرة	جافة	١١,٠

(❖) المصدر: (Gathered by Kramer, 1969).

يلاحظ في الجدول السابق أن أقل محتوى مائي موجود في البذور الجافة ويعود ذلك إلى عدم الحاجة للماء نظرا لتوقف معظم نشاطات الخلايا أو انخفاضها إلى الحد الأدنى والتركيز على كمية المادة المخزونة لاستغلالها عند الحاجة لنمو البادرات. وتختلف الصورة في معظم الحالات عندما ينسب المحتوى المائي لذلك العضو إلى الوزن الجاف كما يتبين من الجدول رقم (١ - ٢).

تفضل نسبة المحتوى المائي إلى الوزن الجاف وخاصة عندما يكون المحتوى المائي كبيرا ولو أن النسبة إلى الوزن الرطب هي الأكثر شيوعا إلا أن نسبة المحتوى المائي إلى الوزن الجاف قد تكون غير دقيقة وخاصة إذا كان الوزن الجاف غير ثابت كنتيجة لاستهلاك أو زيادة المواد التخزينية، ومهما يكن فإنه يجب الأخذ في الاعتبار دائما أن المحتوى المائي لأي عضو في النبات كمية متغيرة وتتأثر بسرعة بالتقلبات السريعة لمحتوى التربة المائي وحتى الرطوبة النسبية في الجو المحيط بالنبات.

obeikandi.com

الجدول رقم (١-٢) المحتوى المائي لأجزاء نباتات مختلفة كنسبة مئوية للورنين الرطب والجاف(*).

النبات		الجزء المستخدم	المحتوى المائي كنسبة مئوية	
			للوزن الرطب	للوزن الجاف
الخس	*Lactuca sativa*	الأوراق الصغيرة	٩٤,٣	١٦٥٤
الجزر	*Daucus carota*	الجذور التخزينية	٩٠,٣	٩٣١
الفراولة	*Fagaria chiloensis*	الثمار الناضجة	٨٩,١	٨١٧
الأشنة	*Peltigera canina*	كامل النبات	٧٧,٢	٣٣٩
الفاصوليا	*Phaseolus coccineus*	البذور	٢٠,٣	٢٥,٥
الشعير	*Hordeum vulgare*	الحبوب	١٠,٢	١١,٤
الفول السوداني	*Arachis hypogaea*	البذور	٥,٢	٥,٥

(❖) المصدر : (Sutcliffe, 1968).

أما على مستوى الخلية فأغلب الماء يوجد في الفجوات كما سبق ذكره ولكن التوزيع النسبي للماء في مكونات الخلية يختلف باختلاف المواد الموجودة بها وهذا بالطبع يعتمد على موقع الخلية ووظيفتها إلى غير ذلك من العوامل. ومن الأمثلة على ذلك ما قدره العالمان بريستون و واردروب ١٩٤٩م (Preston and Wardrop,1949) بأن الماء يكون أكثر من ٥٥٪ حجما لحجم الجدار الخلوي للغمد الورقي لنبات الشوفان عندما تكون الخلية في حالة امتلاء (يقصد بحجم لحجم : حجم الماء سم٣ إلى حجم الجدار الخلوي سم٣). أما بالنسبة لسيتوبلازم الخلية فغير ثابت المقدار وقد ذكر محتوى البروتوبلازم سابقا، بينما المحتوى المائي للبلاستيدات الخضراء فهو أقل من ٥٥٪ من

الوزن الرطب نظرا لزيادة تركيز المواد الدهنية في أغشيتها حيث تشكل المواد الدهنية من ٢٠- ٤٥٪ من وزن البلاستيدات الجاف، أما الميتوكوندريا فلا يوجد تقدير لمحتواها المائي ولكن من المتوقع أن يتشابه مع المحتوى المائي للبلاستيدات نظرا للتشابه في طبيعة الأغشية التركيبية. وبصورة عامة فالماء داخل النبات في حركة دائمة حيث يمتص بكميات كبيرة ويفقد كذلك من معظم النباتات على هيئة بخار كما سيلحق عند الحديث عن فقد الماء من النبات، والماء بخواصه الفريدة والمميزة يساعد على ثبات درجة حرارة النبات.

obeikandl.com