ملائمة النباتات للبيئة الجافة

أ.م.د. سعد أحمد محمد أحمد الدوري

جامعة الموصل / كلية التربية الأساسية / قسم العلوم العامة

(قدم للنشر في ٢٠١٩/٥/١٤ ، قبل للنشر في ٢٠١٩/٦/٣٠)

ملخص البحث:

نظراً لما يكتنف حياة النباتات النامية في البيئة الجافة من ظروف الجفاف الشديد ،فان هذه النباتات لابد وان تلائم هذه الظروف،وحياتها في تلك البيئة أمام أمر واقع وقدر محتوم،وهو نقص الموارد المائية المتاحة،وشدة عوامل التبخير التي تزيد من فقدان الماء خلال عملية النتح. لذلك فان النبات لابد وان يزيد من امتصاصه للماء وان ينقص من فقده للماء وهكذا نجد بان صفات النباتات التي تعيش في البيئة الجافة اما ان تساعد على زيادة الامتصاص او تعمل على تقليل النتح أو تحقيق الهدفين معاً .وذلك كي يستطيع النبات الحفاظ على التوازن المائي في حالة تسمح باستمرار حياته،واذا حدث وفقد النبات قدرته على حفظ هذا التوازن اما بنقص قدرته على الامتصاص او بزيادة النتح فانه يتعرض للذبول ثم الموت.وبقاء النباتات حية خضراء في البيئة الجافة دليل على قدرتها على حفظ هذا التوازن.ولايمكن القول بان النباتات النامية في البيئة الجافة قادرة كل الوقت على الحفاظ على التوازن المائي وإنما من الجائز ان يزيد معدل النتح عن معدل الامتصاص في فترة وجيزة من النهار .ولكن هذه النباتات بما لها من صفات حيوية وتراكيب تشريحية فإنها تكون قادرة على تحمل الإخلال بالتوازن المائي لفتره محدودة،ولاشك في أن هذه الفترة أطول من تلك التي يمكن أن تتحملها النباتات النامية في البيئة الاعتيادية.

Plants' Adaption Towards Dry Environment

Abstract:

Due to the harsh conditions of dry regions plants , these plants must be adapted to these conditions. In order to live in these regions, one must realize two facts, scarcity of water resources and severe evaporation factors. Thus plants must increase water saturation and lessen evaporation. Thus dry plants features fall into one of the following categories: either increase saturation or decrease evaporation or both, so that plant can keep aqua balance to continue existence. Failure to any of these conditions (i.e.lack of suckling or increase evaporation) will cause withering and then death. Continuity of green plants in dry environments is a proof of its ability to keep such balance. It is however not to prejudice that all plants of dry environments can keep this balance, more likely evaporation may, at some time of the day, increase . But these plants with its organic characters and anatomic features regain its aqua balance for a short period. This period though is much more longer to be tolerated by plants that grow in normal environments.

المقدمة Introduction

من المعلوم ان بيئة العراق ذات مناخ جاف صيفاً والنباتات لها صفات وسمات خاصة تتلائم مع هذه الظروف الجفافية التي تتمثل بنقص موارد الماء وزيادة شدة التبخير الجوية.(الخطيب،١٩٩٣). ولذلك فان المشاكل الأساسية التي تواجه النباتات الجفافية تتضمن نقص الماء الميسور للنباتات في التربة،بالإضافة إلى ارتفاع درجة الحرارة مما يساعد على شدة النتح وفقد النبات لمائه.(رشيد ورشيد،١٩٧٦).والنباتات في هذا الصدد ليست كالحيوانات،فالحيوانات بكافة أنواعها تستطيع أن تتحاشى قدراً من هذه الظروف إما باللجوء للإنفاق او المناطق الظلية او الدخول في فترات سكون عندما يشتد الحر.أما النباتات تكون مثبتة بجذورها ولايمكنها الهروب من ظروف الجفاف القاسية،ولذلك فقد حبا الله النباتات الجفافية خصائص وصفات تتفق مع هذه البيئة وهذه الملائمة التي تمثل مظهراً من مظاهر النبات او جزءاً منه ذات أهمية في استمرار حياة النبات تحت هذه الظروف. (البتانوني، ١٩٨٦). والملائمة قد تتضمن صفات شكلية ظاهرية في النبات او صفات تشريحية في تركيبه الداخلي او صفات فسيولوجية في استجابة العمليات الحيوية للظروف البيئية او صفات سلوكية تجاه هذه الظروف وكلما زادت وطأة الظروف البيئية كلما برزت معالم هذه الصفات والمميزات وظهرت صفات عديدة ومتنوعة وتظهر النباتات الجفافية مرونه عجيبة في صفاتها تجاه الظروف السائدة حولها من حيث تغيير تركيبها وتعديل شدة مسار العمليات الحيوية في اجسامها،والملائمة الاساسية للنباتات الجفافية هي تلك التي تجابه بها نقص الموارد المائية وندرتها،فهي تتعرض لنقص في امدادها بالماء لنقص المحتوى الرطوبي في التربة وتعاني من الجفاف الذي يساعد على فقد الماء من النبات خلال عملية النتح بمعدلات كبيرة ونقص الماء في النبات له نتائج وخيمة على حياته،فهو يؤدي اولاً الى تميوء غير كافٍ في الخلايا النباتية ويتبع ذلك انخفاض في معدلات التمثيل الضوئي الذي ينتج عنه نقص في انتاج المواد الكربوهيدراتيه ويتسبب ذلك في نقص المواد العضوية اللازمة للحياة والنمو وتكون النتيجة الحتمية الحاق الاضرار في النبات الذي قد يؤدي به في النهاية الى الموت.(Major،١٩٩٩). ان استجابة النباتات الجفافية المختلفة للظروف الجافة تختلف من نوع الى اخر ومن مجموعة الى اخرى حتى في النوع الواحد فان استجابة النبات وصفاته تختلف تحت الظروف البيئية المتباينة(Ashby،٢٠٠٢).

الهدف من الدراسة

تحتل العلوم البيئية في الوقت الحالي حيزاً هاماً بين العلوم الاساسية والتطبيقية والانسانية،ولعل من اهم مادفع الانسان الى النظر للعلوم البيئية بهذه الجدية هي التفاعلات المختلفة بين انشطة التنمية والبيئة والتي تجاوزت الحدود المحلية الى الحدود الاقليمية والعالمية،فاصبح الانسان ينظر الى هذه المستجدات كمشاكل عالمية لاتستطيع الدول الا مجتمعه ان تضع الاطر والحلول المناسبة لها .(بوران وابودية،٢٠٠٣) . فالانسان وعلى مر العصور وخلال سعيه المتواصل الى النمو والتطور ومع ازدياد الكتلة البشرية المتسارع بات من اكبر المستغلين لمصادر البيئية الطبيعية حتى اصبحت هذه الموارد متراجعه ومستنزفة وملوثة مهددة بذلك نوعية حياة الانسان على الكرة الارضية.(رشيد ورشيدة،١٩٧٦) . هدفت الدراسة الحالية الى تحديد ملائمة النباتات للبيئة الجافة وهي ضمن المحاور التالية:

١. مقدمة تاريخية عن تطوي علم البيئة.
٢. مفهوم علم البيئة.
٣. تقسيم النباتات من حيث استجابتها لظروف الجفاف.
   أ- النباتات المتحملة للجفاف
   ب- النباتات الهاربة من الجفاف.
   ت- النباتات الجفافية المعمرة.
٤. الصفات الشكلية التي تتميز بها النباتات الجفافية.
٥. الصفات التشريحية التي تتميز بها النباتات الجفافية
٦. الصفات الفسيولوجية التي تتميز بها النباتات الجفافية.

١- مقدمة تاريخية عن تطور علم البيئة:

ان الفهم البيئي للحياة قديم كقدم الانسان نفسه، فالقبائل البدائية والتي اعتمدت على الصيد وجمع الطعام بشتى الوسائل احتاجت إلى معلومات مفصلة عن كيفية ووقت ومكان الحصول على احتياجاتها الغذائية.ونشوء الزراعة زاد من الحاجة الى تعلم الطرق العملية لبيئة النباتات والحيوانات خاصة الداجنة منها .(سنكري،١٩٧٥) كما وان الكوارث التي سببتها الحيوانات جلبت انتباه الكتاب الأوائل.اذ تخوف المصريون والبابليون من الكوارث التي سببتها اسراب الجراد واعتقدوا ان هناك قوى غير منظورة كانت السبب في تفشي هذه الكوارث، واعتقد الاغريقيون بفكرة التجانس البيئي او التوازن الطبيعي للحد من تلك الكوارث ومفاد هذه الابقاء على اعداد ثابتة لكل نوع من الكائنات بما يتفق واستمرار حالة التوازن. (الخطيب، ١٩٩٣) .إن الكثير من التطورات التي حصلت في علم البيئة بعد ذلك جاءت من العلوم الزراعية التطبيقية وعلم الأسماك والطب.(مرسي،١٩٨٩) . ومما

يجدر ذكره ان التعرف على مجتمعات الكائنات الحية الطبيعة هو امر ازلى لكن ادراك العلاقات المتبادلة بين هذه الكائنات في المجتمع ماهو حديثاً نسبياً وهكذا في بداية القرن العشرين بدأت البيئة تشق طريقها كعلم قائم بذاته يدرس ويشخص المشكلات التي تخص مجتمعات الكائنات ومن الملاحظ انه في الحقبة الاخيرة من القرن العشرين قد اضاف العلماء ابعاد جديدة للاختصاصات البيئية والتي تدخل في صلب نشاطات وحياة الانسان حالياً. وقد استخدم مصطلح العلوم البيئية Environmental (sciences) للدلاله على هذه المجالات العلمية والتي اخذت ابعادها المتميزة واهميتها الاكاديمية والتطبيقية تتضح بشكل جلي، ومن هذه العلوم على سبيل المثال الهندسة البيئية والتربية البيئية والصحة البيئية، الا ان موضوع علم البيئة كان ولايزال علم من علوم الحياة الاساسية وتطبيقاته المتعددة ومن اهمها الزراعة ومجالاتها المتنوعة.(العاني وبكر،١٩٨٤).

٢- مفهوم علم البيئة (Concept of ecology)

يعتبر علم البيئة احد فروع علم الاحياء الهامة وهو يبحث في الكائنات الحية ومواطنها البيئية ويعرف على انه العلم الذي يبحث في علاقة العوامل الحية (من حيوانات ونباتات وكائنات دقيقة) مع بعضها البعض ومن العوامل غير الحية المحيطة بها .(بوران وابودية،٢٠٠٣). ومصطلح (Ecology) باللغة الانكليزية مشتق من كلمة (Okolgie) التي اقترحها عالم الحيوان الالماني Ernst haeckl (١٨٦٩) لتعني علاقة الحيوان مع المكونات العضوية واللاعضوية في البيئة واصل الكلمة مشتقة من المقطع اليوناني(Oikes) بمعنى بيت وLogos بمعنى علم وفي اللغة العربية فان كلمة بيئة مشتقة من الفعل الثلاثي بوأ. وتقول تبوأ المكان أي نزله واقام به والبيئة هو المنزل ويقول جل وعلا في محكم التنزيل لقوم ثمود ((وأذْكُرُوا إِذْ جَعَلَكُمْ خُلَفَاءَ مِنْ بَعْدِ عَادٍ وَبَوَّأَكُمْ فِيْ الأَرْضِ تَتَخِذُوْنَ مِنْ سُهُوْلِهَا قُصُوراً وَتَنْحِتُوْنَ الجِبَالَ بُيُوتاً فَاذْكُرُوا آلآءَ اللهِ وَلاتَعْثَوا فِيْ الأَرْضِ مُفْسِدِيْنَ)). (سورة الأعراف،الاية ٧٤).

٣- تقسيم النباتات من حيث استجابتها لظروف الجفاف

تبلغ التحوارت او التكيفات الخاصة بملائمة النبات لبيئته اقصى دراجاتها ففي النباتات الجفافية وهي نباتات تعيش في جفاف من التربة والجو.واكثر اعضاء النباتات الجفافية تحوراً هي الاوراق.(العاني وبكر،١٩٨٤). فهي هي انشط الاعضاء جميعاً واكثرها عرضاً لعوامل الجفاف الجوية.اما الجذور فأقل وذلك لمحدودية نشاطها.وللانتظام النسبي لحالة الوسط الارضي الذي تعيش فيه.اما السيقان فتتوقف كمية مايحدث فيها من تحورات

على مدى قيامها بوظائف الاوراق كي يختزل النتح وتحل السيقان محلها في اداء وظائفها كعملية التركيب الضوئي والتنفس والنتح وغير ذلك.(Bhardwaj,Gopal،٢٠٠٠) .

أ–النباتات المتحملة للجفاف Desiccation Totlerant Plants

قليل جداً من الأنواع النباتية الراقية التي تتحمل التجفيف أي التي تجف وتفقد ماءها ومع ذلك يبقى البروتوبلازم فيها حياً بحيث تعاود نشاطها الحيوي عند توفر الماء.(Knight،٢٠٠٣) . اما الطحالب والاشنات الصحراوية وهي نباتات دنيئة – أي لايتميز جسمها الى اعضاء مثل الساق والجذر والاوراق – فانها تتحمل التجفيف والترطيب.(Major،١٩٩٩) . والطحالب (Algae) التي تعيش في بيئة جافة تشغل بيئات موضعية خاصة حيث لايمكن للنباتات الجفافية ان تعيش فتوجد هذه الطحالب في الشقوق بين الصخور او تحت الحصى والمدر الشفاف.وهذه الطحلب تجف تماماً اذا ماتعرضت لنقص في الماء وتصبح ساكنة كامنة وتتوقف فيها جميع العمليات الحيوية وتختزل عمليات الايض بدرجة كبيرة وعندئذ تنخفض استجابتها للظروف المحيطة بها وتصبح مقاومة للجفاف ودرجة الحرارة المرتفعة ويمكنها ان تبقى كذلك لفترات طويلة وعندما يتيسر لها الماء على هيئة قطراً او ندى او مجرد ارتفاع في الرطوبة النسبية في الجو الى قدر اعلى من ٨٠% فانها تتمياً وتستعيد قدرتها على تأدية وظائفها الحيوية بسرعة وغالباً ماتتعرض للجفاف مرة اخرى. (Ashby،٢٠٠٢) . وهكذا نجد ان هذه الطحالب تتعرض لدورات متبادلة من التجفيف والتميؤ مرات غير معدودة طوال حياتها والاشن (Lichens) وهي كائنات تجمع في تركيبها بين الطحالب والفطريات وتتصرف مثل الطحالب الصحراوية اذ يلاحظ نمو بعض انواع منها على سطوح الصخور الموجودة على الحفر ورغم ان هذه البيئة تعتبر من اقسى البيئات ظروفاً فان هذه الاشنات بقدرتها على تحمل التجفيف تستطيع ان تعيش فيها وتستفيد من الندى وارتفاع الرطوبة الجوية.(Knight،٢٠٠٣) . وفي ضوء تعرض الطحالب والاشنات الصحراوية لظروف التجفيف نظراً للنقص الشديد في الامداد بالماء فان هذه الكائنات ذوات معدل نمو محدود حيث يتوقف النمو بتوقف العمليات الحيوية وخاصة التمثيل الضوئي لفترات طويلة ويقتصر نمو الاشنات والطحالب على الفترات التي يكون فيها الماء متاحاً .ومن عجائب خلق الله ان هذه الاشنات يبلغ معدل التمثيل الضوئي فيها اوجه عندما يكون الضوء ضعيفاً،على النقيض من النباتات الراقية والطريف ان الفترة التي يكون فيها الضوء ضعيفاً تتزامن مع الوقت الذي يكون فيه الجو رطباً قبل سطوع الشمس وبعد بزوغها بقليل

حيث تكون الرطوبة النسبية في الجو اعلى مايكون في هذا الوقت ويمكن لهذه الكائنات الاستفادة من الرطوبة الجوية عند ارتفاعها الى اكثر من ٨٠% .(Bhardwaj,Gopal،٢٠٠٠) .

١- النباتات الحولية

وهي النباتات التي تكمل دورة حياتها في فترة قصيرة جداً حيث ينشط نمو هذه النباتات فقط خلال فصل الشتاء والذي فترته قصيرة وكمية الامطار قليلة فاذا لم يتوفر ذلك الفصل الممطر في سنة من السنين فلا يظهر أي كساء خضري يستحق الذكر من النباتات الحولية في تلك السنة. وتتحمل هذه النباتات فترة الجفاف القاسية عن طريق تكوينها للبذور والتي تبقى في التربة الجافة لفترات طويلة،الى ان تتوفر الظروف المحيطية المناسبة للانبات فاذا ماهطلت الامطار وتوفرت الظروف الاخرى تنبت البذور ويتبع انباتها تتابع سريع في ظهور الاوراق ثم الازهار فالثمار،وسرعان ما تكتمل دورة الحياة وتجف جميع أعضاء النباتات عندما يحل الجفاف فلا يبق منها حياً سوى البذور المنتشرة في التربة .(Willis،٢٠٠١) .ولما كانت هذه النباتات تتجنب الجفاف اكثر مما تتحمله فالكثير يطلق عليها بالنباتات المتفادية للجفاف .(العاني وبكر،١٩٨٤) .

٢- النباتات العصارية

تعتبر ظروف اختزال النتح صفة تكييفية تلجأ اليها نباتات الجفاف في محاولتها المحافظة على توازنها المائي، وهذه النباتات كيفت نفسها للمعيشة تحت ظروف الجفاف القاسية عن طريق الاستفادة من الماء المخزون في انسجتها ومن امثلتها الصبريات والاسم العلمي لها (*Cacti*) وهذه النباتات ذات سطح ضئيل جداً بالنسبة لوزنها . وتحتوي على نسبة عالية من الماء المخزون في انسجتها تفي باحتياجاتها شهوراً طويلة وتزداد في النباتات العصارية نسبة الانسجة البارنكيمية الى الانسجة الدعامية، وتنشأ صفة العصارية من انقسام الخلايا البارنكيمية وكبر فجواتها مع اختزال حجم الفراغات البينية.(Knight،٢٠٠٣) . اذ ان هذه الصفة تساعد على سرعة امتصاص الخلايا لقدر كبير من الماء اثناء فصل الشتاء القصير ويتوقف مدى هذا الاختزان على قابلية الخلايا والانسجة للاتساع فعندما تتوفر الرطوبة تنتفخ اعضاء النباتات العصيرية سريعاً ثم تبذل جانباً من مائها المخزون اثناء فصل الجفاف التالي. فالاعضاء المخزنة للماء يمكن ان ينظر اليها على انها الوسيلة التي يتغلب النبات فيها على عدم انتظام سقوط الامطار في البيئة الجافة.(يوسف،٢٠٠٢) .

٣- نباتات الجفاف الحقيقية

تتميز هذه النباتات بقدرتها في المحافظة على توازنها المائي تحت ظروف الجفاف، وذلك باختزال المجموع الخضري القائم بالنتح مقروناً بحسن تكوين المجموع الجذري الماص،يضاف الى ذلك تباعد النباتات عن بعضها البعض مما يزيد من الحيز الذي تشغله جذورها ويزيد من ماء التربة المتوفر للنبات بالامتصاص الجذري. وتتكيف النباتات التي تعيش تحت الظروف الجافة من خلال الاعتماد على مائها المخزون والتقليل من فقدان الماء،من جهة اخرى فهي تعمل على ان تحقق لنفسها خصائص تمكنها من استمرار البقاء في فترة الجفاف القاسية والطويلة.(Willis،٢٠٠١) .

ب- النباتات الهاربة من الجفاف:

وتتمثل هذه المجموعة من النباتات بالأنواع الحولية قصيرة العمر(Annuals Ephemerals) التي لاتظهر في الصحراء الا في الشتاء وتزول بحلول الصيف وتقضي فصل الجفاف الطويل على هيئة بذور منتشرة فوق التربة او مدفونة فيها ولاتظهر النباتات الحولية الا بعد مطر ملائم يكفي لانباتها،فهي نباتات تستأنف نموها كل عام وبعد الانبات نجد ان البادرة تنمو تحت ظروف جيدة نسبياً اذا كان الموسم مطرياً وليست لهذه النباتات القدرة على مقاومة الجفاف وتحمله. (البتانوني،١٩٨٦) .وتعتبر نباتات وسطية.(ميزوفيتية Mesophytes) ليس لها من صفات النباتات الجفافية(Xerophytes) شيئ يذكر بل لاتكاد تتميز في الشكل والتركيب عن نباتات الحدائق والحقول. وفي السنوات الوفيرة المطر يكتسي سطح الارض بالعديد من النباتات الحولية وقد ينبت منها آلاف البادرات في المتر المربع الواحد. (Bhardwaj,Gopal، ٢٠٠٠) .

وبذلك يتبين ان اهم صفة للنباتات الحولية في البيئة الجافة هو هروبها من الجفاف عند انقضاء موسم الشتاء والبذور التي تنتجها لاتتأثر بظروف البيئة في الموسم الجاف وتبقى محتفظة بحيوتها حتى موسم المطر التالي.اما الصفة الثانية التي تتميز بها النباتات الحولية فهي قدرتها على تحمل النمو السريع واستكمال دورة حياتها في غضون وقت قصير لايتعدى بضعة اسابيع ،في الوقت الذي تكون فيه رطوبة التربة متاحة للنباتات.(Major,1999) .وتعتبر هذه الصفة ملائمة بيئة ذاتاهمية كبيرة فأحياناً يسقط مطر ملائم لانبات العديد من البذور فتنبت وتظهر البادرات وتتلو ذلك فترة طويلة لايسقط فيها المطر فنجد ان البادرات التي نمت وفاجأها الجفاف الذي لم تتعود عليه هذه النباتات وليس لها القدرة على مقاومته قد اسرعت بالازهار والاثمار، ولو ان عدد الثمار والبذور المنتجة يكون قليلاً فان هذا افضل بكثير من موت النبات قبل اتمام دورة

حياته.ولو استمرت هذه الظاهرة – أي انبات البذور وعدم قدرة النبات على اكمال دورة حياته بانتاج البذور – لاندثرت انواع نباتية حولية عديدة والسرعة التي تتم بها دورة الحياة ولو بانتاج قدر قليل من البذور يعوض ماينبت من البذور التي كانت بالتربة وفي هذا حفاض على رصيد البذور(*Seed Bank*) في التربة رغم التقلبات في البيئة. وهذا يحفظ النوع ويبقي عليه ويحميه من الاندثار.(Ashby،٢٠٠٢). ومن الصفات الهامة للنباتات الحولية ان هذه النباتات تنمو الى الحد الذي تيسره ظروف الماء المتاح في التربة ، فاذا كان المطر وفيراً والماء في التربة غزيراً نما النبات وتفرعت سوقه وكثرت اوراقه قبل ان يدخل طور الازهار،واما اذا كان المطر قليلاً والماء في التربة شحيحاً فلا يلبث ان ينهي دورة حياته وربما اقتصر النمو الخضري على القليل من الاوراق كأنما يتعجل النبات الوصول الى مرحلة الازهار. (الخطيب،١٩٩٣) . ومن الجدير بالذكر ان النباتات الحولية – نظراً لعدم تميزها بصفات النباتات الجفافية – تفقد الماء عن طريق النتح بمعدل اكبر منه في النباتات المعمرة.

ج – النباتات الجفافية المعمرة:

النباتات المعمرة هي تلك الانواع التي تعيش في التربة اكثر من عام وقد يطول عمراها الى عشرات السنين، فهي تتعرض لظروف قاسية في فصل الجفاف ولذلك فهي نباتات جفافية حقيقية لها من الصفات مايجعلها تتحمل (Tolerate) او تقاوم (Resist) او تتحاشى (Evade) الجفاف وقسوة الحرارة المرتفعة وتتظمن الانواع المعمرة اشكالاً وانماطاً مختلفة فمنها الاشجار والشجيرات ومادونها ومنها النجيليات والعصيريات .ويمكن تقسيم النباتات المعمرة الى:

١. عصيريات الكاكتوز (الصبار) Cacti

٢. الزقوم Euphorbia

٣. النباتات غير العصيرية

اولاً: الصفات الشكلية التي تتميز بها النباتات الجفافية Morphological characters

١– المجموع الجذري Root system

المجموع الجذري هو ذلك الجزء من النبات المسؤول عن امتصاص الماء والعناصر والمركبات الكيميائية من التربة ،وحتى يحفظ النبات توازنه المائي ينبغي ان لا يقل الماء الممتص بواسطة المجموع الجذري عن الماء الذي يفقده النبات من مجموعه الخضري خلال عملية النتح وفي ضوء نقص المحتوى المائي للتربة في الاراضي الجافة ، فان جذور تلك النباتات لابد ان تمتد الى اعماق بعيدة وان يشغل المجموع الجذري لهذه النباتات حجماً كبيراً من التربة

حتى يمتص الماء من اكبر قدر من التربة . حيث ان حركة الماء في التربة الجافة على هيئة سائلة بطيئة جداً، وذلك لنقص المحتوى المائي للتربة ولذلك كان لزاماً على النباتات المعمرة ان ترسل جذورها الى مسافات بعيدة سواءً طولاً الى عمق غائر او عرضاً الى مسافات طويلة.وخير مثال على ذلك نبات المرخ (*Leptadenia pyvotechnica*) وهي شجيرة يبلغ ارتفاعها (١٦٠سم) ترسل مجموعاً جذرياً الى عمق (١١.٥ م) وتمتد على الجانبين في دائرة قطرها عشرة امتار، وان هذا المجموع الجذري الذي يشغل مايزيد عن ٨٥٠ متراً مكعباً في التربة.يجد ماءاً متاحاً تصل كميته الى (٢٣ لتر) من الماء وبحساب فقد الماء طول السنة لهذه الشجيرة.وجد انها تفقد حوالي (٦ لتر) من الماء في السنة. ويعني ذلك ان هذه الشجيرة تستطيع ان تعيش معتمدة على الماء المخزون في التربة لمدة اربع سنوات دون الحاجة الى امدادات جديدة بالماء.(البتانوني،١٩٨٦).وقد وجد ان نبات العاقول (*Alhagi mauvovum*) له مجموع جذري يمتد الى اكثر من عشرة امتار عمقاً في التربة بينما لايكاد ارتفاع الساق يتجاوز نصف المتر.(الخطيب،١٩٩٣).ومما سبق من الامثلة تتضح صفة هامة للنباتات الجافة هي ان نسبة المجموع الجذري الى المجموع الخضري عالية جداً سواً كان ذلك على اساس الطول او الوزن او الحجم. وفي بعض الاحيان توخذ هذه النسبة معياراً للتعرف على قدرة النبات على تحمل الظروف الجافة وجذور النباتات الجافة قد تكون وتدية طويلة تمتد عمقاً في التربة مرسلة العديد من الجذور الجانبية وقد لاتعمق كثيراً في التربة انما ترسل جذوراً جانبية طويلة وخاصةً في حالة التربة الضحلة. وغالباً ماترسل النباتات الجافة جذورها في الشقوق بين الصخور وقد لوحظ ان الارض الحصوية او التي تحتوي على الصخور في منطقة الجذور تساعد في بعض الاحيان على توفير الماء، للنباتات حيث تمثل هذه الصخور حماية لماء التربة الموجود تحتها ولذلك نجد ان تفرع الجذور يزداد في التربة الثرية نسبياً بالماء وذلك لحماية الصخور للماء من التبخر من التربة التي تحتها ولهذا فانه يحفظ لصالح النبات.(البتانوني،١٩٨٦) . والنباتات النجيلية تكون ذوات جذور عرضية وتنشأ من عقد الريزومات الارضية ومعظم هذه النباتات مثل الثمام والهلتأ والثيموم والنصي والعكرش والغرز – يكوّن اكوام رملية حول جسم النبات (Phytogenic hillocks) فجسم النبات يحتجز الرمال والتربة التي تحملها المياه والرياح وذلك لان جسم النبات يمثل عائقاً طبيعياً يقلل من سرعة الرياح او سرعة تيار الماء واذا مانقصت سرعتها تقل قدرتها على حمل التربة واثرائها بالمادة العضوية .وفي موسم المطر تتبلل الاكوام الرملية وتستحدث الرطوبة انتاج جذور

عرضية اخرى في مستوى اعلى من مستوى الجذور القديمة وتساهم هذه الجذور في امتصاص الماء ويستمر تجمع التربة وارتفاعها وكبر حجمها يتبع ذلك دفن لبعض اجزاء المجموع الخضري في التربة ونمو المجموع الخضري ليظهر فوق سطحها واستحداث انتاج جذور عرضية اخرى وهكذا فان تكوين التربة حول النبات امر ذو اهمية في حياة النباتات الجافة حيث يوفر حول جسم النبات تربة ناعمة ثرية نسبياً بالماء مما يتبعه انتاج مجموع جذري اكبر يشغل حجماً كبيراً من التربة ويساعد ذلك على حفظ التوازن المائي للنبات. (الخطيب،١٩٩٣) .كذلك فان نبات الهرم ينمو في بيئات شبه صخرية ويرسل جذوره في الشقوق بين الصخور ويجمع كمية ضئيلة من الرمال حول مجموعه الخضري لا تكفي لاستحداث تكوين الجذور العرضية. ويمكن ملاحظة جذور عرضية شعيرية لا يمكن احصاؤها ناشئة من الساق المطمورة وهذه تلتصق بها حبيبات الرمل الناعمة وتعمل على زيادة السطح الماص للنبات ولذلك نجد نباتات الهرم النامية تكون اكثر اخضراراً ونماءاً عن مثيلاتها وذلك لان نباتات الهرم اتيحت لها فرصة امتصاص الماء خلال طرق عديدة متضمنة الجذر الاصلي المتفرع والجذور العرضية الطويلة التي تمتد افقياً موازية لسطح التربة والجذور العرضية الشعرية التي نشأت على سيقان النباتات المطمورة.(الخطيب،١٩٩٣) . ومن الامثلة الواضحة لتكوين الرمال بواسطة النباتات تلك التي تكونها شجيرات السدر، فهذه التربة الناعمة التي تجمعت حول النبات وطمرت جزءاً من مجموعه الخضري احتجزتها الفروع خلال سريان الماء على سطح التربة والذي تجمع من ماء التسرب السطحي (Runoff water) على الشقوق حاملاً معه فتات الصخور والتربة الناعمة ولهذه الشجيرة اهمية في حفظ التوازن المائي لنبات السدر حيث تنمو لها جذور عرضية عديدة تزيد من السطح الماص للنبات. (البتانوني،١٩٨٦) .

٢- المجموع الخضري Shoot system

يفقد النبات ماءه من اجزائه الخضراء،حيث توجد بها الثغور وبذلك فان السطح الاخضر المعرض للظروف الجوية القاسية يفقد ماء اكثر كلما زادت مساحته.(Knight،٢٠٠٣) . ولتقليل فقد الماء من النبات فان تقليص المساحة الخضراء المعرضة لعوامل التبخير الجوية يعتبر من الاستجابات الضرورية لظروف الجفاف وذلك كي لايزيد الماء المفقود بالنتح عن الماء الممتص بواسطة الجذور، وملائمة واستجابة للبيئة الجافة،فان الحجم الصغير يمثل الصفة العامة للسيقان والاوراق في كثير من النباتات الجافة بحيث تكون النباتات غالباً صغيرة الحجم والاوراق اما معدومة او رقيقة

عليها شعيرات غزيرة، وعادة تتساقط الاوراق في فصل الجفاف، واحياناً تكون الاوراق الموجودة في فصل الجفاف اصغر منها في فصل الشتاء .ولتقليل السطح الناتح في النباتات الجافة تتساقط اجزاء اخرى من النبات غير اوراقه. وملائمة الشكل الظاهري للمجموع الخضري للبيئة الجافة تتخذ مظاهر عديدة تؤدي كلها الى تقليل السطح الناتح وفيما يلي نورد هذه المظاهر مع الامثلة لها من النباتات الجافة:-

أ- تساقط الاعضاء او الانسجة من النبات:-

١ – نباتات تنفض عنها اوراقها او وريقاتها في فصل الجفاف مثل العوسج والشفلح والهرم والسلة وفي حالة الابصال يجف المجموع الخضري تماماً ولايتبقى غير البصلة المدفونة في الارض خلال موسم الجفاف ثم تعطي اوراقاً وزهوراً خلال موسم المطر ونبات المصيلمو احد هذه النباتات.

٢ – نباتات تسقط عنها الاوراق العريضة التي تظهر في موسم الشتاء وتنشأ لها اوراق صغيرة في الفصل الجاف مثل الجثجاث والعوسج والجعده والنعيم. والنباتات الجافة تظهر مرونه واضحة في مساحة الاوراق التي تنتجها تحت الظروف المختلفة فتكون الاوراق صغيرة تحت الظروف الجافة وعريضة تحت الظروف الرطبة وقد تلاحظ هذه الظاهرة في النبات الواحد من نبات العوسج حيث تكون اوراقه المحمولة على الفروع الطرفية المعرضة للشمس صغيرة واوراقه المحمولة على الفروع المحتمية.بجسم النبات ومستظلة بظله اكبر مساحة. (الخطيب،١٩٩٣) .

٣- نباتات تجف اوراقها وسيقانها وتبقى البراعم محمية في اوراق ميتة مثل الاسخبر والثمام

٤- نباتات تجف فروعها الطرفية في موسم الجفاف مثل المرخ والرمث.ويعتبر هذا الموت الجزئي امراً ضرورياً لاستمرار حياة النبات. وقد يجف معظم المجموع الخضري تماماً ولاتتبقى الا براعم في الجزء القريب من سطح الارض .وعندما يأتي موسم الشتاء تتفتح هذه البراعم معطية اوراقاً عريضة لاتلبث ان تزول بحلول موسم الجفاف. (شرف،١٩٩٣) .

٥- نباتات تسقط عنها قشرتها العصيرية ويحل محل القشرة طبقات من الخلايا الفلينية وتحدث هذه الظاهرة في انواع نباتية كثيرة مثل الشعيران والرمث وغيرهما من النباتات ذوات القشرة العصيرية التابعة للفصيلة الرمرامية .(سركهيه،١٩٧١) . كما تلاحظ هذه الظاهرة في نبات الهرم، فنجد ان نقص الماء في جسم النبات الناتح يتبعه تساقط القشرة العصيرية ويحل محلها الطبقات الفلينية الميتة غير المنفذة للماء وبأخذ قطاعات عرضية في ساق نبات الهرم في السلاميات القريبة من القمة والتي تحمل القشرة العصيرية نجد خلايا

القشرة العصيرية تحيط بالساق. اما في القطاعات التي تؤخذ في سلاميات بعيدة عن القمة فان هذه القشرة العصيرية تسقط ويحل محلها طبقات الفلين. (الخطيب،١٩٩٣) . وسقوط القشرة العصيرية عن الساق سيتبعه نقص في مساحة السطح الناتح واحلال القشرة بنسيج يحمي النبات من فقد الماء .وينبغي ان نلاحظ ان نباتات الهرم التي تنمو في بيئات ذوات امداد وفير بالماء تبقى فيها القشرة العصيرية موجودة في عدد كبير من السلاميات، اما اذا نقص الامداد بالماء ويتبع ذلك النقص في المحتوى المائي للانسجة النباتية ، فأننا نجد ان عدداً قليلاً من السلاميات قرب القمة يحتفظ بالقشرة . ونبات الهرم يحتفظ بقدر كبير من الماء في وريقاته واعناق اوراقه ويبدأ تساقط ورقة من كل ورقتين (حيث ان الورقة تحمل ورقتين)إذا زاد الجفاف وباستمرار زيادة الجفاف قد تسقط الوريقة الاخرى بل ان الجفاف الشديد يؤدي الى تساقط عنق الورقة العصيري وتساقط الوريقات واعناقها وتساقط القشرة العصيرية يعتبر من الاستجابات التي تظهرها النباتات الجافة تجاه الجفاف.

ب – تحور بعض اعضاء النبات مثل الاذينات والاوراق والسيقان الى اشواك.

تتميز بعض النباتات الجافة بتحورات في شكل اوراقها واذيناتها وسيقانها لتقليل من السطح المعرض للنتح.علاوه على مالهذه التحورات من حماية للنبات من الانسان والحيوانات ويكون ذلك بأحد الطرق الاتية:-

١- تحور الاوراق الى الاشواك او حراشيف.

٢- تحور السوق والفروع الى الاشواك مثل العوسج والعاقول والسلة.

٣- تحور الاذينات الى الاشواك مثل السمر والسلم والشفلح والسدر والشوك.

ج- حماية السطح الناتح من التعرض المباشر لاشعة الشمس لاشك ان تظليل السطح الناتح وحمايته من التعرض المباشر لاشعة الشمس يقلل من شدة النتح ويحدث ذلك في بعض النباتات الجافة باحدى الطرق الاتية:-

١. بقاء الاوراق القديمة الميتة محيطة باساق رغم جفافها فتقلل من فقد الماء مثل السخبر والثمام
٢. حضر المساحة المعرضة للشمس بانطباق الوريقات على بعضها مثل العشرق
٣. تصغير المساحة المعرضة وحمايتها بالتفاف نصل الورقة مثل الكثير من النجيليات ويحدث ذلك بفعل خلايا مفصلية Hinge cells ويكون ذلك في النهار وخاصة في الفصل الجاف.

ثانياً الصفات التشريحية التي تميز بها النباتات الجفافية Anatomical characters

تتميز النباتات المقاومة للجفاف بصفات تشريحية تهدف الى اغراض تحقق التوازن المائي في هذه النباتات.فبعض هذه الصفات تساعد على تقليل النتح وبعضها يحافظ على الاوراق والسوق كيانها اذا ماتعرضت للذبول المؤقت، والبعض الاخر يحفظ للاوعية شكلها دون ان يغلفها التهدل الذي يصيب الخلايا الرخوة عندما تفقد بعض ماءها كما يساعد على سرعة مرور الماء فيها ليعوض ماتفقده الاوراق والاعضاء الناتحة من ماء. (البتانوني،١٩٨٦) .

ومن اهم الصفات التشريحية للنباتات المتحملة للجفاف مايأتي:-

١. وجود طبقة سميكة من الكيوتين تغطي البشرة من الخارج وبهذ تقلل نفاذ بخار الماء من البشرة خلال عملية النتح الكيوتيني وهذه ظاهرة شائعة في جميع النباتات الجافة .وينبغي الاشارة الى ان النباتات التي تنمو في الظل يكون الكيوتين فيها رقيقا الى درجة كبيرة.
٢. افراز مادة شمعية تغطي البشرة،مثل الاوراق في نبات الشفلح.
٣. وجود شعيرات كثيفة على سطح البشرة وهذا مما يقلل النتح لان بخار الماء الناتج عن النتح يتجمع ويحتجز جزء كبير منه بين هذه الشعيرات، حيث لاتزيحه الرياح الجافة ويحل محله هواء جاف يساعد على النتح وبذلك يؤدي وجود الشعيرات الى تكوين طبقة قريبة الى التشبع ملامسة لجسم النبات،وتظهر الشعيرات على الاوراق في معظم النباتات مثل حشيشة الارنب *Arnebiahis pidissima* وانواع من جنس الرخامي والطرف *Aevva javanica* .
٤. خلايا البشرة صغيرة متراصة ومتزاحمة مما يقلل فرصة نفاذ بخار الماء منها .
٥. تثخن البشرة وتشبعها بمادة السليكات مثل معظم نباتات العائلة النجيلية.
٦. وجود طبقة تحت البشرة في كثير من النباتات،وهي اضافة الى طبقة البشرة تساعد على استكمال وظيفة الحماية ومنع سريان الماء او بخاره الى الخارج عن طريق جدران الخلايا .
٧. وجود الثغور غائرة في انتفاخات تجعلها دون مستوى سطح البشرة بل ان الثغور في بعض النباتات توجد في فجوات خاصة هي فجوات في سطح الورقة

يحمي فتحاتها كثير من الشعيرات الواقية،وتقع الثغور في بعض السيقان في الاخاديد الطويلة،واحياناً تقع الثغور في بعض السيقان في الاخاديد الطويلة،واحياناً تقع الثغور في اخاديد تقع على السطح العلوي للورقة وخاصة في النجيليات تلتف الورقة عادةً عند الجفاف فينتج غلق الاخاديد ويقل تعرض الثغور للخارج مثل نبات الذرة البيضاء.

٨. ضيق المسافات البينية في انسجة النباتات

٩. تكون الخلايا ذوات اشكال مختلفة

١٠. وجود خلايا مائية في النسيج البرنكيمي تقوم بخزن الماء وذلك في النباتات ذوات السوق او الاوراق والوريقات العصيرية مثل الرمث والهرم. ان كل هذه الصفات لاتوجد مجتمعة في نوع نباتي واحد .فلكل نوع صفاته وخصائصه.

١١. تلجنن معظم خلايا الانسجة الداخلية،واللجنين مادة تزيد من صلابة الخلايا وتحافظ على هيئتها وشكلها عند انخفاض المحتوى المائي.فلا ترتخي الانسجة عند نقص الماء فيها.

ثالثاً:الصفات الفسيولوجية التي تتميز بها النباتات الجفافية Physiological characters

تعمل الصفات الفسيولوجية في نباتات البيئة الجافة على تحقيق واحد او اكثر من الاهداف الاتية:

أ- خفض معدل فقد ماء النبات.

ب- زيادة معدل الامتصاص.

ان الصفات البيوكيميائية للبروتوبلازم التي توّهله لتحمل الجفاف والحرارة يمكن توضيحها بالنقاط الاتية: (البنتانوني،١٩٨٦).

١- التحكم في شدة النتح Control of transpiration

تجابه النباتات النامية في البيئة الجافة مشكلة صعبة خلال حياتها .فهي امام احد امرين اما ان تغلق الثغور فيقل النتح وتبعاً لذلك يقل تبادل الغازات ولايحصل النبات على كمية كبيرة من ثاني اوكسيد الكاربون ويقل معدل البناء الضوئي .او ان تفتح الثغور فيزيد معدل البناء الضوئي ويزيد النتح. فانفتاح الثغور دون ضابط معناه موت النبات نتيجة الجفاف وانغلاقها دوماً معناه نقص شديد في معدل البناء الضوئي يتبعه عدم نمو النبات.(بوران وابوديه،٢٠٠٣). ولقد حبا الله النباتات النامية في البيئة الجافة بصفات تحاول الجمع بين امرين فنجد ثغور النباتات حساسة للرطوبة الجوية

وخلاياها الحارسة حساسة لاي نقص في المحتوى المائي ولذلك فميكانيكية غلق الثغور وفتحها تلعب دوراً هاماً في حياة تلك النباتات. ونتيجة لذلك فان النبات له القدرة على التحكم في شدة النتح الى حد يحميه في معظم الاحيان من الموت نتيجة للجفاف.وقد اوضحت التجارب العديدة على شدة النتح تحت الظروف الجافة ان معظم هذه النباتات تنتح بدرجة قليلة خلال الليل وقد يكاد ينعدم النتح ليلاً في كثير من النباتات وخاصةً عند ارتفاع الرطوبة الجوية وانخفاض درجة الحرارة. وعند سطوع الشمس تفتح الثغور ويلاحظ معدل نتح عالٍ في الصباح الباكر رغم ان عوامل التبخير الجوية ماتزال محدودة ،وعلى الرغم من زيادة شدة عوامل التبخير الجوية بعد ذلك عند الظهيرة وما بعدها ،فان معدل النتح في معظم تلك النباتات ينخفض قبل الظهيرة وهذا التحكم في معدل النتح ينتج عن اغلاق الثغور الذي يحدث بسبب نقص الماء في النباتات. ويستمر معدل النتح في الانخفاض حتى يصل الى ادنى مستوى له في الليل،وفي بعض النباتات يتبع انخفاض النتح قبل الظهر ارتفاع اخر بعد الظهر ولكن الى معدل اقل مما يلاحظ في الصباح .ولايلبث ان ينخفض النتح مرة اخرى بحلول المساء.والارتفاع الثاني في معدل النتح عند استرداد النبات لتوازنه المائي خلال فترة انخفاض النتح التي حدثت قبل الظهيرة وبذلك تفتح الثغور مرة اخرى بعد الظهر. ولعل لهذا الانتفاخ فوائد من اهمها تبادل الغازات مما يساعد على عملية البناء الضوئي اللازمة لتكوين المواد العضوية ونمو النباتات واستمرار حياتها، بالاضافة الى تقليل حرارة جسم النبات عندما يقوم بعملية النتح. ومن الملاحظ ان النباتات العصيرية ذوات معدل نتح منخفض ويقصد بهذه النباتات تلك التي لها اعضاء عصيرية مثل الهرم والرمث والسويد،والواقع ان قدرة النبات على التحكم في شدة النتح تعتبر محصلة الصفات الشكلية والتشريحية والوظيفية في النباتات النامية في البيئة الجافة. ان عصيريات الكاكتوس والزقوم ذوات نتح منخفض حيث تغلق ثغورها نهاراً وتفتحها ليلاً وقد جرى العرف على ان تلك النباتات تنتح اقل من النباتات الوسطية (الميزوفيتية) ولكن يجب ان نأخذ في الاعتبار ان تلك النباتات اذا امدت بماء وفير فانها تنتح بشدة تكاد تعادل النباتات الوسطية. ولذلك فمن الافضل ان نذكر ان النباتات النامية في البيئة الجافة لها القدرة على خفض معدل النتح تحت ظروف الجفاف .ويجب ان ندرك ان معدل النتح في وحدة المساحة في تلك النباتات مرتفع، اي ان كمية الماء المفقود من وحدة

المساحة في زمن معين فيها تكاد تماثل نظيرتها في النباتات الوسطية. اما كمية الماء المفقود في وحدة الزمن (الجاف او الرطب) في زمن معين في تلك النباتات فهي اقل بكثير من نظيرتها في النباتات الوسطية.وتختلف شدة النتح في النوع الواحد من النبات من فصل الى اخر، ففي الفصل الممطر تنتح معظم النباتات الصحراوية بمعدل لايقل كثيراً عن معدل النتح في فصل الجفاف. هذا بالرغم من ارتفاع قدرة التبخير الجوية في الفصل الجاف. وذلك ناتج عن تحكم النبات في فقد الماء عند الجفاف.وجدير بالذكر ان الكمية الكلية للماء التي يفقدها فرد واحد من اي نوع نباتي والتي تحسب على اساس معدل النتح ووزن جسم النبات تكون اكثر في الموسم الممطر عن الموسم الجاف، رغم ان معدلات النتح في الموسم الجاف تكون اعلى منها في موسم الشتاء وهذا الفرق ناجم عن تقليص السطح الناتج بتساقط الاوراق او السوق او تحورهما . والحقيقة انه رغم الارتفاع المحدود في معدل النتح في شهور الجفاف الحارة فان تقليص حجم النبات يقلل من الكمية الكلية للماء المفقود من كل فرد من النباتات .وبذلك فان فقد الماء Water output من النباتات التي تقطن مساحة معينة يكون قليلاً في الصيف عنه في الشتاء. وهذا بالطبع ملائمة لظروف البيئة حتى لايستنفذ الماء الموجود في التربة في وقت قصير ولاتجد النباتات ماتمتصه خلال فصل الجفاف فتذبل وتموت.(البتانوني.١٩٨٦) .

٢- الضغط الازموزي المرتفع High osmotic pressur

في ضوء نقص المحتوى المائي للتربة، فان ماء التربة يرتبط بجبيباتها بقوة كبيرة تجعل امتصاص النبات له من التربة امراً صعباً. فكلما زاد المحتوى المائي للتربة اصبحت حركة الماء في التربة ميسورة وامتصاصه بواسطة الجذور امراً سهلاً،وبنقص المحتوى المائي للتربة ينقص معدل حركة الماء فيها ويصبح الماء اكثر ارتباطاً بجبيباتها ويكون امتصاصه بواسطة الجذور غير يسير. ومن المعروف ان زيادة الضغط الازموزي للعصير الخلوي في النباتات تعين النبات على امتصاص كمية كبيرة من ماء التربة. وعلى وجه العموم فان قياسات الضغط الازموزي للعصير الخلوي في النباتات المعمرة يكون مرتفع واعلى بكثير من الضغط الازموزي للعصير الخلوي للنباتات الحولية او النباتات الوسطية. ويذكر البعض ان زيادة الضغط الازموزي للعصير الخلوي تقلل من شدة النتح وهذا امر غير ملحوظ في كثير من النباتات.(بوران،وابوديه،٢٠٠٣) . فهنالك العديد من النباتات ذوات الضغط الاسموزي المرتفع التي تنتح بمعدل اقل

من ذوات الضغط الازموزي غير المرتفع، ولذلك فان اهمية الضغط الازموزي المرتفع هي زيادة قدرة النبات على امتصاص الماء المرتبط بحبيبات التربة بقوة كبيرة. (Knight،٢٠٠٣).

٣- الماء المقيد Bound water

من الصفات الفسيولوجية التي تلعب دوراً هاماً في العلاقات المائية للنبات ارتفاع نسبة الماء الحبيس(المقيد) في النبات وهو الماء الذي يرتبط بمكونات المادة الحية ارتباطاً وثيقاً يقيده فلا يتبخر كالماء الحر. وربما كان وجود هذا الماء المقيد مما يحافظ على المادة الحية بعض رطوبتها حتى في ظروف الجفاف الشديد . وزيادة هذا الماء انما ترجع الى زيادة في انواع من المواد الغروية التي تمسك الماء بقوة. وتقاس كمية الماء المقيد بتجفيف اعضاء النبات في الهواء حتى يثبت وزنه وعندئذٍ تكون النسبة المئوية للماء الموجود في انسجة النبات بعد تجفيفه في الهواء هي نسبة الماء المقيد .ويلاحظ ان هذه النسبة تكون عالية في نباتات البيئة الجافة عنها في النباتات الوسطية او الحولية.(البتانوني،١٩٨٦) . وتعتبر نسبة الماء المقيد دلالة على تحمل الجفاف. وتزداد في حالة النباتات التي تتحمل الجفاف وتنقص في النباتات التي تعيش في الاماكن الرطبة غير الجفافية.

٤- تجمع البرولين Proline Accumulation

لوحظ منذ زمن بعيد ان البرولين وهو حامض اميني يتجمع في انسجة النباتات عندما تتعرض للجفاف. وقريبا زاد الاهتمام بهذه الظاهرة التي اتضح انها عامة في كثير من الانواع النباتية حيث تزداد كمية البرولين في انسجة النباتات التي تتعرض للجفاف او الحرارة المرتفعة او الملوحة ويكون هذا التجمع بكميات اكبر من المتوقع حدوثها نتيجة لتحلل البروتين. وقد اجريت دراسة عن كمية البرولين في انسجة نباتين هما الهرم والحثجاث وتبين من هذه الدراسة ان تعرض النباتات للجفاف يودي الى تجمع البروتين في انسجتها ، واتضح من هذه الدراسة ايضاً ان محتوى البروتين يكون منخفضاً في الصباح الباكر قبل الشروق ثم يرتفع الى حد اقصى عند الظهيرة، بعده يعود الى التناقص الى مستوى منخفض بعد الغروب. كما اتضح ان ري النبات اي امداده بالماء يؤدي الى نقص ملموس في محتوى البرولين. وتجمع البرولين استجابة لظروف الجفاف فسرت فائدته للنبات بنظريات عديدة منها انه يساعد في تنظيم الضغط الاسموزي بقدر ذي فاعلية .وذكر ان البرولين

المتجمع قد يمثل مصدراً من مصادر النيتروجين للنبات بعد انتهاء فترة الجفاف. واهم تفسير له هو ان البرولين بما له من خصائص طبيعية قد يغير طبيعة الجدر الخلوية فيجعلها محبة للماء فتمسكه بها مما يساعد على ارتباط الماء في الخلية وصمودها في مواجهة الجفاف. (شرف،١٩٩٣).

المصادر العربية والأجنبية Reference

البتانوني، كمال حسن(١٩٨٦) البيئة وحياة النبات، الدوحة،قطر.

الخطيب،محمد احمد(١٩٩٣)الصحاري العراقية،وزارة التعليم العالي والبحث العلمي،جامعة بغداد.

العاني،حكمت عباس وبكر، رعد هاشم(١٩٨٤)علم البيئة،وزارة التعليم العالي والبحث العلمي،جامعة الموصل.

بوران، علياء حاتوع وابو دية، محمد حمدان(٢٠٠٣) علم البيئة، دار الشروق، عمان.

رشيد،احمد محمد ورشيد ،هناء حسن (١٩٧٦)،علم البيئة،مدخل عام،طرابلس،لبنان.

سركهيه، سعدون يوسف(١٩٧١) نباتات المراعي الطبيعية في العراق،مطبعة جامعة الموصل.

سنكري،محمد نذير(١٩٧٥) بيئة المحاصيل،مطبعة جامعة الموصل.

شرف،عبد العزيز طريح (١٩٩٣) البيئة النباتية،وزارة التعليم العالي والبحث العلمي،جامعة بغداد.

مرسي،مصطفى علي (١٩٨٩)اسس انتاج وبيئة المحاصيل،وزارة التعليم العالي والبحث العلمي،جامعة الموصل.

يوسف،عبد المجيد(٢٠٠٢) بيئة النباتات الجافة، الدوحة،قطر.

Willis,A.J.(2001) Introduction to plant ecology, Isted George Allen and unwinltd, London

Major,J.S.(1999)Plant ecology as a branch of botany ecology,39,328-356.

Bhardwaj ,S,W and Gopal,B,W, (2000)Elements of Ecology,vikas publ,House put,LT1.

Knight,G,B,(2003),Basic concepts of Ecology Macmillan.

Ashby,M,Y(2002) Introduction to plant Ecology 2nded,Macmillan st,Mactins press.

Haeckl,E,M,(1869)Basic of ecology, Germany.