الباب الخامس
نظم الزراعة في مصر

تعد مياه النيل المورد المائي السطحي الرئيسي في مصر، بينما نجد أن المياه الجوفية غير المتجددة تشكل المصدر الثانوي للمياه، حيث إن كميات الأمطار المتساقطة على مصر تعد قليلة ومحدودة.

1- ونتيجة لانتشار الصحاري في مصر وفي الوطن العربي، ونتيجة للتباين الشديد في تساقط الأمطار وتذبذبها من عام لآخر ومن مكان لآخر في داخل القطر الواحد في الوطن العربي - وكذلك في مصر- ونتيجة لمحدودية الموارد المائية في مصر وفي معظم البلدان العربية، ونتيجة لأن مصر وكذلك الدول العربية تعد دول مصب وليست دول منابع للمياه، ورغم أن مصر قد قامت حضارتها القديمة نتيجة لمواردها المائية الغنية نسبيًّا إلا أننا في الوقت الحالي نجد أن موارد مصر المائية لا تكفي طموحاتها الزراعية والصناعية المستقبلية، علمًا بأن هناك موارد غير قليلة يساء استخدامها ويتم إهدارها، مما يستوجب معه المحافظة على كل قطرة ماء؛ لأن الماء هو الحياة.

قال تعالى: ﴿ أَلَمْ تَرَ أَنَّ ٱللَّهَ أَنزَلَ مِنَ ٱلسَّمَآءِ مَآءً فَسَلَكَهُۥ يَنَٰبِيعَ فِى ٱلْأَرْضِ ثُمَّ يُخْرِجُ بِهِۦ زَرْعًا مُّخْتَلِفًا أَلْوَٰنُهُۥ ثُمَّ يَهِيجُ فَتَرَىٰهُ مُصْفَرًّا ثُمَّ يَجْعَلُهُۥ حُطَٰمًا ۚ إِنَّ فِى ذَٰلِكَ لَذِكْرَىٰ لِأُو۟لِى ٱلْأَلْبَٰبِ ﴿٢١﴾ ﴾ [الزُّمَر].

وقال تعالى: ﴿ أَوَلَمْ يَرَوْا۟ أَنَّا نَسُوقُ ٱلْمَآءَ إِلَى ٱلْأَرْضِ ٱلْجُرُزِ فَنُخْرِجُ بِهِۦ زَرْعًا تَأْكُلُ مِنْهُ أَنْعَٰمُهُمْ وَأَنفُسُهُمْ ۖ أَفَلَا يُبْصِرُونَ ﴿٢٧﴾ ﴾ [السجدة] .

يقع الجزء الأكبر من العالم العربي في المناطق الجافة وشبه الجافة والتي تتميز بندرة الموارد المائية، حيث إن معدلات هطول الأمطار منخفضة في هذه المناطق؛ إذ إنها تعادل خمس المتوسط العالمي ويوجد حوالي ما يقرب من 67٪ من إجمالي المساحة يتساقط عليها أمطار تبلغ حوالي 100ملم/ سنة (فقيرة)، وحوالي 15٪ من المساحة يتساقط عليها أمطار تبلغ حوالي 100-300ملم/ سنة (متوسطة)، وحوالي 18٪ من مساحة العالم العربي يتساقط عليها أمطار تبلغ ما يزيد عن 300 ملم/ سنة (جيدة).

وقبل أن نتكلم عن الزراعة المطرية بالتفصيل يجب معرفة تأثير الجفاف والإجهاد المائي والتعريفات المختلفة للجفاف.

الجفاف والإجهاد المائي:

تعد النباتات المحبة للمياه ولو بدرجة متوسطة (لا تتحمل الجفاف) مقارنة بالنباتات المحبة للجفاف (المقاومة أو المتحملة للجفاف) هي أكثر الأنواع شيوعًا للتعرف على ظاهرة الإجهاد المائي على العديد من المناطق شبه الجافة، وتمثل هذه الظاهرة عنق الزجاجة في التنمية الزراعية بها؛ فالإجهاد المائي يرتبط بالمناطق قليلة الأمطار، على الرغم من أنه حتى تحت ظروف تساقط الأمطار الكافية أو الري يمكن للنباتات أن تظهر إجهادًا انتقاليًّا (عابرًا) أثناء ساعات الظهيرة في الأيام الحارة.

ويتسبب عن الإجهاد المائي إحداث ضغط امتلاء للخلايا يصل إلى مداه عند أقصى ضغط إجهاد. وتأثير مثل هذا الإجهاد يتوقف على فترة وامتداد الحرمان. ومن ناحية أخرى فإن استجابة النباتات للإجهاد المائي تعتمد على طبيعة الماء المخزن فيها والتي يمكن تقسيمها إلى:

(1) الاستجابة الفسيولوجية للتغييرات على الأمد القصير Short-term :

إن الاستجابة الفسيولوجية للإجهاد على المدى القصير تكون مرتبطة بتنظيم فتح الثغور بحيث ينقص أو يقل فقد الماء بواسطة النتح وأقصى امتصاص لثاني أكسيد الكربون. والدرجة المثلى لهذه العملية تؤدي إلى ثبات النسبة بين عملية النتح والتمثيل الضوئي.

(2) المواءمة مع الماء الميسر:

بالنسبة للموائمة فتكون الاستجابة ناتجة عن تعديل الضغط الأسموزي للخلايا؛ إما بواسطة تكثيف محلول الخلية أو تغير مرونة جدر الخلايا أو تغيرات مورفولوجية.

(3) الأقلمة للجفاف على المدى الطويل:

الأقلمة على الأمد الطويل للجفاف تكون مرتكزة على أساس وراثي ثابت، حيث تكون التغيرات ممثلة في تحورات نباتية خاصة أو تطوير الميكانيكيات الفسيولوجية متمثلةً في نقص معدل النمو مع التوازن مع المحصول.

النباتات الجفافية: Xerophytes

تشتمل هذه المجموعة على النباتات التي تأقلمت لتعيش في المناطق ذات الصفات الجفافية وتمتلك عديدًا من التحورات المورفولوجية والتشريحية والفسيولوجية التي تجعلها قادرة على المعيشة في هذه البيئات. وهذه النباتات هي التي تعيش تحت ظروف الرطوبة القليلة، وقد نشأت هذه النباتات أصلًا من نباتات البيئة المتوسطة الرطوبة عن طريق التطوير التدريجي تحت ظروف الجفاف المتزايد. وتنتشر هذه النباتات انتشارًا كبيرًا في الصحاري، وهذه النباتات أكثر عددًا وتخصصًا وتباينًا في الشكل والتركيب والتكيف الفسيولوجي والتحورات، وهذه النباتات إما أن يحدث بها تحورات لمنع فقد الماء أو تحورات لتخزين الماء، وتعود هذه الصفات إلى عوامل وراثية أو عوامل مكتسبة، وهذه النباتات تملك القدرة على فقد كمية كبيرة من محتواها المائي دون حدوث ضرر، وقد تصل هذه الكمية التي تستطيع فقدها 60-70٪ من وزنها الرطب، وتتميز بزيادة مطاطية البروتوبلازم ومقدرته على تحمل الجفاف، وتسمى (الصفة الجفافية الحقيقية).

وقد عرَّف Henckel (1964) النباتات المقاومة للجفاف بأنها: هي النباتات التي تستطيع أن تتأقلم للجفاف في المراحل الأولى من تكوينها ontogenesis وتستطيع النمو والتطور والتكاثر بشكل طبيعي في ظروف من الجفاف، وذلك نظرًا لاحتوائها على عدد من المميزات التي تتكون أثناء تطورها نتيجة تأثير الظروف البيئية والانتخاب الطبيعي.

وقد عرف Levitt (1980) مقاومة الجفاف بأنها: الإجهاد المائي اللازم لقتل 50٪ من النسيج النباتي وذلك كما في المعادلة التالية:

$$Rd = \Psi e\ 50$$

حيث إن Rd هي المقاومة للجفاف، و$\Psi e\ 50$ جهد الماء الذي يسبب قتل 50٪ من النسيج النباتي.

وقد ذكر Levitt (1980) أنه يمكن قياس المقاومة للجفاف بعدة طرق، منها:

1- قياس طول الفترة التي يستطيع النبات البقاء فيها حيًّا بعد منع الري والماء عنه.

2- قياس الإنتاج النباتي في الحقل وذلك أثناء الإجهاد.

3- قياس كفاءة النبات في استخدام الماء (WUE) وهي (كمية الماء التي تلزم لإنتاج وحدة من الوزن الجاف).

تقسيم النباتات على أساس المقاومة للجفاف

أولاً: تقسيم ورمنج: Warming's classification

قسم **Warming (1985)** النباتات على أساس كمية الماء التي تحتاجها للنمو الطبيعي ولإكمال دورة حياتها إلى عدة مجموعات، وهي:

أ- النباتات المائية: Hydrophytes

هذه المجموعة تشمل النباتات المتأقلمة تحت ظروف الغمر أو شبه المغمورة أو في الأماكن الغدقة، وهذه النباتات تنمو في البرك والمستنقعات ومجاري المياه وغيرها، ونجد أن النباتات التي تنمو في مثل هذه الظروف يحدث لها تحورات لكي تساعدها على التأقلم لمثل هذه البيئات.

ب- النباتات المتوسطة: Mesophytes

هذه المجموعة تشمل النباتات متوسطة الاحتياج المائي مقارنة بالنباتات المائية والنباتات الجفافية، وهي ذات قدرة على التحكم في كمية الماء المفقود من عملية النتح، وذلك عن طريق التحكم في حركة ومقاومة الثغور، وتتميز هذه النباتات بغزارة الجذور وتفرعها، وينتمي معظم نباتات المحاصيل لهذه المجموعة.

ج- النباتات الجفافية: Xerophytes

هذه المجموعة تشمل النباتات التي تأقلمت كي تعيش في المناطق ذات الصفات الجفافية، ويحدث تحورات مورفولوجية وتشريحية وفسيولوجية لهذه النباتات لكي تتمكن من المعيشة في هذه البيئات.

وتتميز هذه النباتات بزيادة مطاطية البروتوبلازم، وكذلك تمتلك نباتات هذه المجموعة المقدرة على فقد 60-70٪ من وزنها الرطب دون حدوث أضرار لها.

ومن أنماط النباتات الجفافية (مجاهد 1987 وآخرون):

1- النباتات الحولية الموسمية: Ephemeral annuals

وهذه النباتات هي التي تكمل دورة حياتها في الفصل الممطر في فترة من 6-8 أسابيع وتقضي فترة الجفاف على هيئة بذور ساكنة، وهذه النباتات تتميز بصغر حجمها وتغلغل جذورها.

obeikandl.com

2- النباتات شبه الموسمية: Ephemeroids

وهذه النباتات هي التي تكمل دورة حياتها في فترة زمنية قصيرة في الفصل الممطر، وعند التعرض لفصل الجفاف يموت الجزء الموجود أعلى سطح التربة، أما الريزومات والدرنات والأبصال الموجودة أسفل سطح التربة فإنه يبقى حيًّا.

3- النباتات المعمرة العصارية: Perennial succulents

وهذه النباتات تتميز بأن فجواتها العصارية متضخمة ومتسعة لتستطيع تخزين الماء داخل خلاياها في الموسم الممطر، وتستخدم هذا الماء المخزون داخلها في فصل الجفاف، ونجد أن الماء يتم تخزينه سواء في الأوراق أو السيقان أو الجذور.

4- النباتات الجفافية القاسية: Sclerophytes

وهذه النباتات تشمل معظم النباتات الصحراوية المعمرة.

ثانيًا: تقسيم ماكسيموف: Maximov classification

قسم Maximov (1929) النباتات الجفافية إلى ثلاث مجموعات:

أ- النباتات الموسمية: Ephemerals

وهذه النباتات هي التي تكمل دورة حياتها في البيئة الجافة في الفصل الرطب قبل حلول الفصل الجاف.

ب- النباتات العصارية: Succulents

وهذه النباتات مقتصدة في الماء Water-conserving plants.

جـ- النباتات الجفافية الحقيقية: True xerophytes

وهذه النباتات تقاوم الجفاف، وغير مقتصدة في استهلاك الماء Water spender.

ثالثًا: تقسيم شانتز: Schantz classification

قسم Schantz (1927) نباتات المناطق الجافة إلى أربع مجموعات، وهي:

أ- نباتات هاربة من الجفاف: Drought escaping

وهذه النباتات لا تمتلك ميكانيكيات خاصة لمقاومة الجفاف، ولكن تعتمد على تنظيم

obeikandl.com

نموها – فيحدث نموها الخضري في الفصل الرطب فقط، ثم تمضي الفصل الجاف على هيئة طور ساكن كالبذور (مثل النباتات الموسمية) وهي إما نباتات حولية تتكاثر بالبذور أو معمرة تتكاثر بالريزومات والأبصال، وتتميز هذه النباتات الهاربة من الجفاف بحدوث الإنبات بعد تساقط المطر وتنمو وتزهر بسرعة وتنضج في فترة قصيرة. ويرى بعض العلماء أن هذه النباتات ليست جفافية، ويمكن أن تسمى نباتات جفافية كاذبة Pseudo xerophytes.

ب- نباتات تتحاشى الجفاف: Drought-evading plants

وهذه النباتات مقتصدة في استهلاك الماء، مثل بعض نباتات الحبوب في المناطق شبه الجافة وتتميز بانخفاض معدل النتح لوحدة الوزن الجاف.

ج- نباتات تتحمل الجفاف: Drought-enduring plants

وهذه النباتات غير مقتصدة في استهلاك الماء، ولكنها تفقد أوراقها.

وتتميز هذه النباتات بأن أنسجتها تستطيع تحمل فقد كميات كبيرة من الماء (تتحمل التجفيف)، ويطلق على هذه الظاهرة مقاومة التجفيف (dessication resistance).

د- النباتات المقاومة للجفاف: Drought resistant plants

وهذه النباتات عصارية حيث تقوم بتخزين الماء في الأوراق أو الجذور.

رابعًا: تقسيم لفيت للمقاومة: Lvitt classification

وتقسم النباتات الجفافية كما قسمها Levitt (1972) إلى:

1- نباتات هاربة من الجفاف: Escaping drought ephemerals

2- نباتات مقاومة للجفاف: Drought resistance

2-1- نباتات متحملة للجفاف: tolerering stress

2-1-أ- نباتات عالية التحمل: High tolerance

2-1-ب- نباتات قليلة التحمل: Mitigating stress

2-2- نباتات متحاشية للجفاف: Avoiding stress

2-2-أ- نباتات مسرفة في امتصاص الماء:

Improving water uptake (water spenders)

obeikandl.com

2-2-ب- نباتات مدخرة للماء: Conserving water (Water servers)

(1) النباتات الهاربة من الجفاف:

هذه النباتات تستطيع أن تكيف نفسها لفترة جفاف قصيرة حيث يتم خلال هذه الفترة إنبات البذور واكتمال دورة الحياة، ويعتبر التبكير في نضج نباتات القمح (تقصير دورة حياة النبات) من الطرق التي يمكن بها للمحصول الهروب من الجفاف، فقد ثبت أن مقاومة الجفاف تكون عالية في سلالات القمح المبكرة عن مثيلتها المتأخرة تحت نفس الظروف. (أي قدرة النباتات على إكمال دورة حياتها في فترة زمنية قصيرة عندما تكون الرطوبة الأرضية متوفرة، كما في عديد من النباتات الصحراوية). ويحدث الإفلات من ظروف الجفاف بأن تنبت بذور النباتات عقب المطر الغزير، ثم تكمل النباتات نموها الخضري -الذي يكون غالبًا محدودًا جدًّا - وتزهر وتثمر في فترة لا تتجاوز 4-6 أسابيع وبذلك تستفيد النباتات من الرطوبة المحدودة الموجودة في التربة وتكمل دورة حياتها قبل أن تتعرض لظروف الجفاف، ويشاهد ذلك كثيرًا في المناطق الصحراوية. ويعيب النباتات التي تتجنب ظروف نقص الرطوبة الأرضية وتفلت منها تمامًا بأنها لا تتحمل ظروف نقص الرطوبة الأرضية إذا ما تعرضت لها.

(2) نباتات مقاومة للجفاف:
مقاومة الإجهاد Stress resistance

تتفاوت النباتات تفاوتًا كبيرًا في درجة مقاومتها للظروف البيئية القاسية المختلفة، فهذه النباتات تتراوح بين نباتات حساسة جدًّا للإجهاد الخفيف ونباتات يمكنها أن تقاوم الإجهاد الشديد. إن تأقلم بعض الأنواع من النباتات البرية يجعلها تعيش في بيئة صحراوية جافة ذات خصائص معينة، تتمثل في: أنها ذات أمطار موسمية حيث تتساقط كمية قليلة من الأمطار، ودرجة حرارة الهواء مرتفعة في معظم أيام السنة، والرطوبة النسبية للهواء فيها منخفضة جدًّا، وجهد ماء التربة منخفض جدًّا في معظم أيام السنة. فلماذا تستطيع هذه النباتات أن تعيش في مثل هذه البيئات ذات الصفات الجفافية في معظم أشهر السنة بينما تموت نباتات أخرى لو وجدت في مثل هذه الظروف؟ هناك العديد من الأسئلة التي من الممكن طرحها عن العلاقات المائية لهذه النباتات، مثلا هل ثغور هذه النباتات مفتوحة طوال ساعات النهار أو معظمها؟ هل هذه النباتات تنتح بمعدل مرتفع لكي يكفي لتبريد أنسجتها في الحر الشديد؟ هل تستطيع هذه النباتات امتصاص كمية كافية من الماء من التربة الجافة بحيث تعوض الماء المفقود في عملية النتح؟ لماذا لا تظهر

عليها أعراض الذبول في مثل هذه الظروف القاسية؟ هل ضغط امتلاء خلاياها مرتفع؟ غالبًا ما تظهر على النباتات التي تستوطن في مثل هذه البيئات صفات مرفولوجية وتشريحية تميزها عن نباتات البيئات الأخرى، وهذه الصفات تساعدها على التأقلم للبيئات ذات الصفات الجفافية.

والنباتات المقاومة للجفاف هي التي تقاوم الجفاف باختزان الماء لاستعماله في وقت لاحق تستطيع خلاله الحصول على الماء من التربة، وتتميز هذه النباتات بالأوراق والسيقان والجذور اللحمية (النباتات العصارية).

أ- نباتات تتحاشى الجفاف:

وهي التي تحافظ على مواردها المائية المحدودة - إما لصغر حجمها أو قلة نموها- ولها القدرة على إكمال دورة حياتها في فترة زمنية قصيرة عندما تكون الرطوبة الأرضية متوفرة كما في عديد من النباتات الصحراوية.

ومن الخصائص الأخرى المهمة للنباتات الصحراوية التي تستطيع بها تجنب الجفاف هو تكوين طبقة سميكة من الشمع على مختلف الأسطح النباتية لتستطيع أن تعمل على خفض معدل النتح إلى أدنى مستوى ممكن وقلة عدد الثغور بالأوراق وسرعة انغلاق الثغور وكبر الفجوات العصارية مع تراكم المركبات العضوية الذائبة في السيتوبلازم، وتشعب المجموع الجذري وتغطية الجذور بطبقة تمنع فقد الجذور للماء من التربة الجافة. وجميع هذه الصفات مكتسبة في النباتات الصحراوية، ومثبتة Fixed فيها بمعنى أنه لا تتوفر في النوع الواحد منها تباينات في تلك الصفات، وزيادة نسبة المجموع الجذرى إلى المجموع الخضرى.

ب- نباتات تتحمل الجفاف:

في العادة تكون النباتات صغيرة الحجم، وعند نقص الماء في التربة تجف أوراقها وربما تسقط أيضا حتى تتحسن الظروف وتنمو من جديد.

ويرجع تحمل النباتات للجفاف إلى أحد أمرين:

1- إما إلى قدرتها على تأخير فقد الرطوبة من أنسجتها (Desication)؛ حيث يحدث تأخير الفقد الرطوبي إما بخفض النبات لمعدل النتح وإما بزيادة معدل امتصاصه للماء.

2- وإما إلى تحملها الفقد الرطوبي عند حدوثه؛ حيث إن تحمل النبات للجفاف يحدث

من خلال التنظيم الأسموزي لخلايا النبات بالقدر الذي يسمح باستمرار امتلائها (Cell turger) ، وتوسعها (Cell expansion) ونموها (Araus et al. 2002)، حيث تعدل الخلايا أسموزيتها، وذلك بزيادة الضغط الأسموزي لها عن طريق تجميع كمية كافية من الذائبات بالخلايا لمنع: جفاف الخلايا – صغر حجم الخلايا – تجنب التجويع – تجنب فقد البروتين.

وبالمقارنة بالنباتات الصحراوية، فإن النباتات العادية هي التي تتوفر في بعض أنواعها تباينات في الصفات التي تجعل بعض سلالاتها أو أصنافها أكثر أو أقل تحملًا لظروف الجفاف من غيرها، ويستفاد من هذه التباينات في تربية أصناف تجارية أكثر تحملًا لظروف الجفاف وفي دراسة وراثة تلك الصفات. ويفضل دائمًا أن يتم تجميع النباتات المرباة (بهدف زراعتها في المناطق التي تتعرض لنقص في الرطوبة الأرضية) بين صفتي القدرة على تجنب ظروف الجفاف، وتحمل تلك الظروف في آن واحد.

تأثير الإجهاد المائي (الجفاف) على النباتات

أولاً : التأثير على العمليات الفسيولوجية :

1- التمثيل الضوئي:

يعد البناء الضوئي من أهم العمليات الفسيولوجية للنبات وتعتمد هذه العملية على عديد من العوامل التي تتداخل معًا في تأثيرها على التمثيل الضوئي، ومنها:

– شدة الإضاءة – درجة الحرارة – تركيز ك أ2 في الخلايا التمثيلية – العناصر المعدنية المغذية – الماء – المقاومة التي يتعرض لها ك أ2 في انتشاره من الهواء الجوي إلى مركز الاختزال– فعالية تفاعلات الإضاءة والظلام في البلاستيدات الخضراء.

ونظرًا لصعوبة فصل العوامل السابقة عن بعضها البعض، وكذلك صعوبة تحديد العامل المحدد لنقص التمثيل الضوئي عند التعرض للجفاف لذلك تم وضع افتراضات عديدة لتفسير تثبيط الجفاف على التمثيل الضوئي.

فقد وجد **Henson and Hitz** (1982) أن استهلاك ثاني أكسيد الكربون (ك أ2) يتحكم فيه كل من التدرج في تركيز ثاني أكسيد الكربون (الفرق بين تركيز ك أ2 في الوسط الخارجي وداخل الورقة) وكفاءة الورقة في التمثيل.

ووجد الحكيمي (2004) أن زيادة الجفاف أعاقت نمو محصول الذرة الشامية، وأدى إلى انخفاض معدل البناء الضوئي. وقد وجد أن تثبيط الجفاف للبناء الضوئي قد يرجع تأثيره إلى التوصيل الثغري أو توصيل النسيج الوسطى أو إلى مقاومة الثغور أو انغلاق الثغور.

وتبدأ مسام الورقة بالانغلاق بسبب الإجهاد المائي وينخفض معدل النتح، مما يؤثر على تبادل الغازات وبالتالي على عملية التمثيل الضوئي.

إن الإجهاد المائي الشديد يؤدي إلى موت النبات، ولكن الإنتاج المنخفض تحت ظروف الإجهاد المائي الذي لا يؤدي إلى موت النبات يعتبر ظاهرة عامة في غالبية البيئات وتأثير الإجهاد المائي الأكثر شيوعًا هو إيقاف نمو النباتات، وتمتلك النباتات التي توقف نموها أوراقا محدودة المساحة مما يقلل من حجم العوامل المحددة لفعالية التمثيل الضوئي، إضافة إلى ذلك يؤدي الإجهاد المائي إلى انغلاق المسام الذي يؤدي بدوره إلى تقليل معدل امتصاص CO_2 فيحدث نتيجة ذلك نقص معدل التمثيل الضوئي. وتنتج النباتات المعرضة للإجهاد المائي كتلة حيوية أقل وانتاجا منخفضًا بسبب انخفاض معدل عملية التمثيل الضوئي.

2- التنفس: Respiration

إن معدل التنفس يقل بانخفاض المحتوى الرطوبي للنبات فوجد أن معدل تنفس الجذور يزداد بزيادة محتواها من الماء، أما الأوراق الخضراء أو الأنسجة فوجد أن معدل التنفس يزداد عندما يقترب النبات من الذبول، ويرجع ذلك إلى تحول النشا المخزون إلى سكر فيزداد معدل التنفس ويقل معدل التمثيل الضوئي فينقص معدل النمو.

وتختلف النباتات في استجابة تنفسها للجفاف، حيث يزداد في بعض النباتات عند التعرض للجفاف Levitt (1980) وأن تأثير الجفاف على معدل التنفس يعتمد على كمية الماء التي يفقدها النبات. وفى بعض النباتات يصل التنفس لأقصى حد عند فقد 30٪ من المحتوى المائي، ويستمر إلى أن يصل إلى 50-60 ٪ من محتواها المائي، وقد يكون سبب تثبيط الإجهاد الأسموزي للتنفس ناتج عن نقص ضغط الامتلاء إلى أن يصل إلى (1) بار كما في القمح، ويثبت عند هذا المستوى نتيجة تعديل الأسموزية مع أن جهد الماء يستمر في الانخفاض إلى –15 بار ويصاحب ذلك استمرار نقص التنفس (Bradford and Hsiao

1982). إن التنفس عبارة عن: عملية تحويل الطاقة الضوئية المثبتة على شكل طاقه كيميائية في المركبات الكربونية (عبر عملية التمثيل الضوئي) إلى شكل قابل للاستفادة منها في عمليات النمو وغيرها. وتجرى العملية كما يلي:

$$C_6H_{12}O_6 + 60_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{طاقة}$$

يزداد التنفس في بداية الإجهاد المائي ثم ينخفض بعد ذلك، وقد يعود ذلك إلى انخفاض في معدل عملية التمثيل الضوئي.

يؤثر انسداد المسام على عملية التمثيل الضوئي، فيقلل من معدل حدوثها أكثر بكثير من تأثيره على التنفس. وبالتالي فإن انسداد المسام التام بسبب الإجهاد المائي، يعمل على خفض المعدل الفعلي للتمثيل الضوئي إلى مستوى تنفس الخلية، مما يؤدي إلى انخفاض التركيب الضوئي الصافي. وإذا استمر ذلك طوال النهار فإنه يؤدي إلى خسارة كاملة لنواتج التمثيل الضوئي كلها.

يزداد التنفس إلى الحد الأقصى حينما ينخفض محتوى الرطوبة في النبات إلى 30٪ وتستمر عملية التنفس بالازدياد إلى أن يصل انخفاض الرطوبة في النبات إلى 50-60٪. وتبدأ بعد ذلك سرعة التنفس بالانخفاض عن معدلها (Levitt, 1972).

إن التنفس في الظلام غالبًا ما ينخفض عندما يكون الإجهاد المائي معتدل إلى شديد. وتعد هذه الحالة خطرة بشكل ما؛ لأن الإجهاد المائي المعتدل إلى الشديد يحمل معانٍ مختلفة لمختلف الباحثين، حيث إن الذرة البيضاء المعرضة للإجهاد المائي المعتدل يزيد من معدل التنفس الظلامي، وأن الإجهاد المائي القوي أو الشديد يقلل من معدل التنفس الظلامي إلى ما تحت مستوى المراقبة.

3- الجوع: Starvation

يحدث الجوع عندما يزداد معدل سرعة التنفس عن سرعة التمثيل الضوئي مما يؤدي إلى فقدان المواد الغذائية الاحتياطية المخزنة في النبات وإذا استمر الحال على هذا المنوال فإن الجوع يؤدي إلى أذى الخلية وموتها.

لذلك فإنه تتراكم منتجات البناء الضوئي في الأوراق بالرغم من المعدل المنخفض للبناء الضوئي، مما يؤدي إلى توقف نقل المواد الغذائية من الأوراق إلى الجذور؛ حيث تنخفض المواد الغذائية الممثلة بالورقة لباقي أجزاء النبات مما يؤدي لقلة انتقال المواد

الغذائية تحت ظروف الجفاف. كما وجد أن انخفاض رطوبة التربة يؤدي إلى انحباس السكريات في أوراق النباتات الصحراوية، ويؤدي إلى انخفاض عدد الجسيمات الصانعة الخضراء، وفى المادة الجافة للقمح والذرة الصفراء المعرضين للجفاف.

4- زيادة السكر:

يؤدي الإجهاد المائي إلى زيادة نسبة السكر ويقابله نقص وتدهور في المخزون النشوى بسبب انخفاض معدل التمثيل الضوئي وزيادة التنفس في مراحله الأولى.

إن منتجات التمثيل الضوئي تتراكم في الأوراق، وذلك بالرغم من انخفاض معدل التمثيل الضوئي بسبب الإجهاد المائي ويتوقف نقل نواتج التمثيل إلى الجذور، وبالتالي تنحبس السكريات في الأوراق، وقد تؤدي هذه السكريات إلى تعديل الأسموزية، فقد يكون لها دور كبير في تحمل الجفاف (Levitt 1980)، وقد تحمي السكريات غشاء البلاستيدات الخضراء من الجفاف، ويعتقد أن لها دور في ثبات البروتين أثناء الجفاف.

وقد ذكر Acevedo وآخرون (1979) أن نباتات السورجم حدث بها تراكم للسكريات المختزلة في خلايا الورقة لمقاومة الجفاف.

5- التأثيرات الخلوية الأخرى:

أوضح Levitt (1972) إلى أن الضرر الذي يحدث في البداية نتيجة للإجهاد المائى هو ناتج عن جفاف الخلية وما ينتج عن ذلك من تأثيرات أخرى تتوقف على شدة الجفاف الخلوي Cell dehydration والتي قد تكون عكسية أو غير عكسية.

فقد يحدث انكماش في البروتوبلازم (عكسي أو غير عكسي) وتتعرض الميتوكوندريا والجسيمات الصانعة والغشاء البلازمي للأذى، وتلاحظ قطرات زيتية في السيتوبلازم الخلوي، وتبدو السيتوبلازم حبيبية، وينجم ذلك عن تراكم المصورات الحيوية وحبيبات الدهن والجسيمات الكروية والجسيمات الصانعة فيه. ويزداد النقل النشط للأيونات ورشح الأحماض الأمينية والسكريات والأحماض العضوية عندما يصل الجهد المائي إلى 1.9 بار. ومن مظاهر الجفاف حدوث بلزمة مؤقتة حيث تذبل الأوراق وتصبح هشة وسهلة السقوط.

إن صفة تمدد الخلايا تعتبر حساسة جدًّا للجفاف ويرجع ذلك لاعتماد نمو الخلايا بالتمدد على ضغط امتلاء الخلية الذي يتأثر بإجهاد الجفاف. ومن الواضح أن الدراسات

تشير إلى أن تمدد الخلية يكون أكثر حساسية للجفاف عن بعض العمليات الفسيولوجية الأخرى؛ حيث إن تمدد الخلية يتم تثبيطه عن تأثير البناء الضوئي نتيجة للجفاف، كذلك في نبات الشوفان يعتمد تمدد الخلية على ضغط الامتلاء وذلك لزيادة تكوين مكونات الجدار الخلوي والذي يتم تثبيطه بالجفاف، والانقسام الخلوي أيضًا أقل حساسية من تمدد الخلية؛ حيث إنه في نبات القطن وجد أن تمدد أوراق نبات القطن توقف عند جهد مائي 7.5 بارات في حين استمر الانقسام الخلوي عند هذا الجهد (Levitt 1980).

6- تأثير الجفاف على امتصاص العناصر:

يؤثر الجفاف على امتصاص العناصر، حيث يظهر تأثيره على انتقال العناصر مثل النيتروجين والفوسفور من الأوراق المسنة والأنسجة الميرستيمية، حيث يحدث نقص حركة العناصر ونقص نفاذية الجذور للماء وامتصاص العناصر الغذائية المعدنية.

ثانيًا: مراحل تطور النبات:

1- الجنين والبادرة:

يؤثر الجفاف تأثيرًا سيئًا حيث يعمل الجفاف على تثبيط إنبات البذور وتكشف البادرات مما يؤدي لنقص عدد النباتات في وحدة المساحة، وتأثير الجفاف يكون شديدًا في الأعضاء القابلة للاستطالة والأجزاء الغضة، وتتسارع الحساسية للجفاف بعد تكوين الورقة الأولى ولكن لا تتوقف إمكانية استعادة الحياة كلية بعد الجفاف الشديد للبادرة إذا كان هناك بقية من الجذور الأولية الأساسية Root primordia أو الأوراق الأولية Primordial leafs في حالة استطالة وانقسام خلوي حيث يمكن أن يصلها الماء من جذور فعالة تقوم بامتصاصه.

ووجد Boyer (1970) أن استخدام ثمن (1/ 8) كمية ماء الري لنبات فول الصويا يسبب نقصًا كبيرًا في معدل نمو السويقة الجنينية السفلى، حيث إن جهد الماء في منطقة النمو بلغت –2.8:8.3 بارات. وقد رافق تثبيط نمو السويقة الجنينية تثبيطًا للانقسامات الخلوية.

وترتبط قابلية البادرات والأجنة النباتية لتحمل الجفاف بازدياد نسبة:

$$\frac{\text{الخلايا ذات الفجوات غير العصارية}}{\text{الخلايا ذات الفجوات العصارية}}$$

والخلايا الميرستيمية لجنين البذرة يعتبر أكثر مقاومة للجفاف في مرحلة الخلايا ذات الفجوات، ويستطيع جنين البذرة أن ينمو تحت ظروف محدودة جدًّا من الماء.

وقد أوضح Duysen and Freeman (1974) أن هناك نقصًا واضحًا لمعدل نمو بادرات القمح من 22.3 ملليمتر/ يوم إلى 2.4 ملليمتر/ يوم عند تعرض البادرات للإجهاد الجفافي في التربة (الجهد المائي بالتربة –10 بارات).

ولقد وجد في القمح أن تأثير الجفاف في المراحل المبكرة أقل من تأثيره في المراحل المتأخرة والبادرات الصغيرة أكثر مقاومة للجفاف من البادرات الكبيرة.

وتكون الأنسجة حديثة التكوين أكثر مقاومة من الأنسجة القديمة ولقد لوحظ تحرك الماء من الأجزاء القديمة إلى الحديثة لإعانتها على تحمل الجفاف والنمو كما لوحظ تحرك الماء من السوق إلى الأجزاء النامية والاوراق.

2- مرحلة النمو الخضرى:

يؤثر الجفاف بشدة على إنتاج الأجزاء الخضرية حيث يثبط الجفاف النمو الخضري، وخاصة انبساط الأوراق نتيجة الجفاف، ولقد وجد أن إنتاج الشعير والشوفان العلفيين قد تأثرا بشكل واضح وانخفض النيتروجين في الأوراق، وكانت الأجزاء النامية في النبات أكثر تأثرًا بنقص الماء وانخفاض المحتوى البروتيني، وتوقف نمو البراعم في نبات الدخان عند جهد مائي –7.5 بار. ويحدث بعض الضرر لأوراق النبات، ومنها:

أ- نمو الأوراق: إن أكثر الأعضاء تأثرًا بالإجهاد الجفافي هي الأوراق ويلاحظ ظهور أعراض النقص بشكل سريع، والسبب في تأثر الأوراق وظهور أعراض الذبول عليها أثناء الجفاف هو زيادة ماء النتح على كمية الماء الممتص وبالتالي تؤثر على الأوراق، أو يعمل على تثبيط انقسام الخلايا مما يؤدي إلى بطء تكون الأوراق الجديدة ووصول الأوراق المسنة إلى درجة الشيخوخة بسرعة نتيجة نقص التمثيل الضوئي.

إن صفة نمو الأوراق تعتبر حساسة جدًّا لإجهاد الجفاف حيث يحدث تثبيط لنمو الأوراق بمقدار 50٪ عند نقص جهد ماء التربة 8 بار في نبات الذرة مقارنة بالكنترول. وتتوقف الاستطالة عندما يصل جهد ماء الأوراق إلى –7:8 بارات، أما إذا وصل جهد ماء التربة إلى –5:2 بارات (إجهاد متوسط) فإن معدل النمو يعود لوضعه الأصلي بعد

ثوان من إعادة الري. أما إذا تعرضت النباتات لإجهاد شديد نسبيًّا (-3:6 بارات) فإن معدل نمو الأوراق لا يعود إلى أصله بعد إعادة الري بل يستمر معدل النمو منخفضًا.

ب- الحساسية لاحتراق الأوراق: Leaf Firing

تعد صفة الشيخوخة المبكرة للأوراق من الأعراض المعروفة للشد الرطوبي، وتدل هذه الصفة على موت أنسجة الورقة، وذلك بسبب ارتفاع حرارتها الذي ينشأ عن توقف النتح فيها، علمًا بأن درجة الحرارة العظمى المميتة لأوراق معظم النباتات تتراوح في مدى من 45: 55 °م. وقد يمكن الاعتماد على ظاهرة احتراق الأوراق كدليل على مدى حساسية النباتات للجفاف، فمثلًا يتم تقييم نباتات الأرز لتحمل الجفاف وذلك بتقدير مدى جفاف قمة الأوراق بعد 39 يومًا من آخر رية للحقل.

ج- درجة حرارة الأوراق:

هناك علاقة ارتباط وطيدة بين كل من درجة حرارة الأوراق ومعدل النتح، وذلك تحت ظروف نقص الرطوبة الأرضية ويعتبر هذا دلالة واضحة على مدى قدرة النبات على امتصاص الرطوبة الأرضية اللازمة وذلك لاستمرار عملية النتح (أي على مدى تشعب وكثافة النمو الجذري)، وأن تقديرات ΔT تفيد في التقييم لتحمل الشد الرطوبي حتى عند توفر الرطوبة الأرضية، فقد وجد أن نسبة المحصول في الحقول المروية إلى غير المروية لأصناف مختلفة من الدخن اللؤلؤي كانت مرتبطة ارتباطًا موجبًا بتقديرات ΔT في الحقول المروية. حيث إن ΔT عبارة عن الفرق بين درجة حرارة الهواء ودرجة حرارة النموات الخضرية أثناء النهار في الأيام الصحوة. وفي محصول القطن نجد أن السلالات ذات درجات الحرارة الأعلى للنموات الخضرية في القطع المروية كانت أقوى في النمو مقارنة بالقطع غير المروية. كما وجد في الدخن والسورجم أن السلالات والأصناف ذات النموات الخضرية الأعلى حرارة في ظروف توفر الرطوبة الأرضية كانت أقل حساسية للتغيرات في ضغط بخار الماء -تحت ظروف الجفاف- وأكثر محصولًا من الأقل حرارة (عن Stark 1991 وآخرين). وقد اتبعت طريقة تقدير درجة حرارة الأوراق في برامج التربية لتحمل الجفاف في كل من القمح والذرة وفول الصويا، (عن Blum 1989)؛ حيث يتم انتخاب النباتات التي تكون درجة حرارة الأوراق منخفضة، وذلك لقدرتها العالية على امتصاص الماء من التربة تحت ظروف الجفاف، وذلك مقارنة بالنباتات التي تكون درجة حرارة نمواتها الخضرية متوسطة أو مرتفعة، ويمكن تقدير درجة حرارة

الأوراق عن طريق ترمومتر يعتمد على الأشعة الحمراء المنبعثة من النباتات.

ومع ذلك فإن النباتات التي تكون حرارتها عالية (وهي التي ينخفض فيها معدل النتح) قد تكون هي النباتات المطلوبة وذلك عند الرغبة في توفير الرطوبة الأرضية لمراحل أخرى من النمو تكون أكثر حساسية للنقص الرطوبي.

3- مرحلة الإزهار وتكوين البذور:

يؤثر الجفاف على النمو الثمري، حيث يؤدي إلى حدوث ضرر عند بداية تكوين مبادئ الأزهار، وأيضًا عند تكوين النورات المذكرة والمؤنثة. كما يحدث انخفاض في نسبة التلقيح بدرجة كبيرة. وعند حدوث الجفاف وقت تكوين الأزهار فيؤدي إلى نقص فترة الإزهار ونقص الإخصاب وعقد الثمار. كما يحدث الجفاف وقت امتلاء القرون يؤدي إلى نقص عدد البذور ووزنها.

وتزداد الحساسية للجفاف في مرحلة الإزهار وما بعدها بسبب اضطراب موازنة الماء الداخلي في تلك المرحلة من النمو، وذلك كما في المحاصيل النجيلية وتسرع عملية تكوين الأجزاء الزهرية والثمرية عندما تتعرض النباتات للجفاف، إذ إن بعض النباتات في تكوين الأعضاء الثمرية في الوقت الذي لا تزال فيه أجزاء النبات خضراء، ويؤدي الجفاف إلى توقف الإزهار بوقت مبكر إذا كانت فترة الجفاف طويلة، أما إذا كانت فترة الجفاف قصيرة فإن الإزهار يتأخر، وذلك دون أن يؤثر ذلك على عدد الأزهار.

وبعد أن يتم تكوين المجموع الخضري فإن الجفاف لا يمنع تكوين الإزهار ولكن يعمل على عدم تكوين أوراق جديدة وهذا يعنى أن تأثير الشد المائى بعد الانتهاء من تمايز وتكوين الأجزاء الزهرية ليس كبيرًا كما هو الحال في الأنسجة الخضرية.

أما بالنسبة لمرحلة التزهير وتكوين البذور فإن تأثير الإجهاد المائي يكون كبيرًا في النباتات العشبية التي تكون فترة إزهارها وتكوين بذورها قصيرة، (مثل الحبوب)، ويكون تأثيره أقل على النباتات التي يستغرق إزهارها وإثمارها فترة أطول وعندما تكون فترة الجفاف محدودة.

ويؤدي الإجهاد المائي في نهاية موسم محصول القمح (فترة تكوين وامتلاء البذور) إلى نقص في المحصول وزيادة في البروتين.

ولقد لوحظ في محصول القمح عند تعرضه للجفاف لمدة 3-4 أسابيع بعد التلقيح أنه

قد حدث انخفاض في وزن الحبوب واصفرار تدريجي في لون السنبلة وتناقص في وزن السيقان خلال مرحلة امتلاء الحبوب، وذلك بسبب انتقال المواد النشوية من السيقان إلى الحبوب. وتختلف الأصناف عن بعضها في تأثرها؛ فنجد أن هناك أصنافًا حساسة وأخرى متحملة.

أما في الشعير فإن أكثر المراحل حساسية للإجهاد المائي هي الفترة بين اكتمال تكوين السنبلة والتلقيح، وهذا يوضح أن للجفاف التأثير الأكبر على انقسام الخلايا في الأنسجة.

4- تأثير الجفاف على نمو الجذور:

يؤثر الجفاف تأثيرًا كبيرًا على كثافة الجذور في التربة، ويؤثر كذلك على توزيع كثافة الجذور في التربة؛ حيث لاحظ Clarke and Durley (1981) على نبات القطن أن هناك نقصًا واضحًا على كثافة جذوره في التربة، وذلك عندما وصل جهد ماء التربة إلى أقل من (-1) بار.

وقد وجد أنه يتغير توزيع كثافة جذور القطن في التربة أثناء الجفاف؛ حيث إن المراحل الأولى من بداية جفاف التربة تحدث زيادة في كثافة الجذور بالقرب من سطح التربة، ولكن مع زيادة جفاف التربة تزيد كثافة الجذور قريبًا من سطح التربة، ومع زيادة جفاف التربة تزيد كثافة الجذور في المناطق الأعمق من التربة، لكي تبحث عن الماء، وسبب ذلك أن الجذور القديمة التي تكونت بالقرب من سطح التربة تموت وتنمو جذور جديدة في المناطق العميقة من السطح.

فالجفاف يُحدث نقصا تدريجيا في معدل استطالة الجذر، وعمومًا يقل نمو المجموع الخضري بدرجة أكبر من نقص الجذور، ولذلك تزداد نسبة المجموع الجذري إلى المجموع الخضري.

وقد أوضح Craft (1968) أن هناك علاقة وطيدة بين كثافة الجذور في التربة وجفاف التربة، وقد ذكر أنه عند تأخير الري إلى درجة الذبول المستديم فإن جذور النباتات الموجودة بالقرب من سطح التربة تموت، ويقتصر في هذه الحالة على امتصاص العناصر الغذائية الموجودة في الطبقات السفلية من التربة عن طريق الجذور الجديدة التي تكون موجودة في المناطق العميقة من التربة، وفي مثل هذه الظروف قد يتم تثبيط النمو تمامًا ويبقى معدل نمو النبات منخفضًا عند إعادة الري.

وبالنسبة لتأقلم النباتات لإجهاد نقص الماء نجد أن قلة حساسية الجذور للجفاف مقارنة بالمجموع الخضري مهمة جدًّا؛ حيث يساعد ذلك على استمرار نمو وتعمق الجذور للبحث عن الماء، وأن حساسية المجموع الخضري للجفاف يؤثر على نمو الجذور، حيث إن الجذور تعتمد على الحصول على الغذاء من المجموع الخضري.

5 - تأثير الجفاف على نمو الساق:

يؤثر الجفاف على نمو الساق، حيث وجد أن ساق الذرة عندما يصل جهدها المائي إلى –5 بارات أو ماء التربة إلى –8.1 بار فإن نموها يتوقف تمامًا. وأن الأشجار الموجودة في مناطق جافة تكون أقل طولًا من الموجودة في مناطق رطبة، وأن ثمة علاقة طردية بين كمية المطر والزيادة السنوية في طول النبات موجودة.

وقد وجد الصعيدي وخطاب (2000) أن هجن وأصناف الشعير قد تأثرت بالجفاف حيث أظهرت صفة ارتفاع النبات نقصًا واضحًا مقارنة بالري العادي.

ثالثًا: تأثير الجفاف على العمليات البيوكيميائية:

1- نقص البروتين وتدهوره وتأثر الأحماض الأمينية:

يؤثر الجفاف تأثيرًا واضحًا على معظم النباتات في كمية البروتين عند التعرض للجفاف، فقد انخفضت كمية البروتين في نبات قصب السكر إلى النصف عند الذبول، كذلك نقصت كمية البروتين في أوراق القمح عندما انخفض RWC إلى60٪ (Hsiao 1973)، ويرجع ذلك لزيادة معدل التحلل أو النقص في معدل التخليق أو الاثنين معًا. ويعتبر تحليل البروتين أحد نتائج الضرر الناتج عن الجفاف فيتحول البروتين إلى الإسبارجين أو الفلوتامين اللذين ينتقلان إلى الأغصان الغضة القوية. ويسرع انحلال البروتين وذوبانه بهرم وشيخوخة الأغصان، مما ينقص من مقدرتها على تركيب البروتين.

فالجفاف يُحدث عدم انتظام في تخليق البروتين في النباتات المعرضة للجفاف؛ حيث توجد علاقة بين تخليق البروتين ومحتوى الحمض النووي RNA ، فالجفاف يثبط نظام الحمض النووي RNA والمرتبط بتخليق البروتين، ووجد أن النقص في تخليق البروتين يرجع إلى نقص السيتوكينينات والتأثير على تركيز الحمض الأميني البرولين.

ويؤثر الشد المائي في انخفاض نسبة تشكل بعض الأحماض الأمينية –وخاصة Alpha amino acids ، والببتيدات Peptides– بحيث لا تصل في نسبتها إلى الكمية المطلوبة

لتكوين البروتين.

وتنخفض فعالية إنزيم Nitrate reductase، كما تنخفض عملية تثبيت الأزوت الناتجة عن فعل بكتيريا التأزت المتعايشة (Huang et al 1975) بسبب الإجهاد المائي.

ويعمل الإجهاد المائي على رفع نسبة الحمض الأميني برولين Proline -خلافًا لكافة الأحماض الأمينية الأخرى، ومصدر البرولين من حمض الجلوتيب Glutamate- أو نقص أكسدته نظرًا لنقص نشاط الإنزيم المحفز لأكسدته وهو إنزيم Proline dehydrogenase ، ويرجع نقص نشاط هذا الإنزيم لتراكم ABA في الشعير (Dollmier and stewart 1992).

وينجم عن تفكك البروتين، تجمع النواتج السامة الناتجة عن التحلل، إذ يسبب NH_3 الضرر عن طريق رفع (pH) الخلية، مما يؤدي إلى اختلال في التوازن الأيضي ويعيق مرور الماء.

ويؤدي الاضطراب في تركيب البروتين إلى اضطراب في تشكل الأحماض النووية (DNA) و(RNA). ويزداد نشاط إنزيم (RNase)، مما يسبب نقصًا في تركيب البروتين ونقصًا في إنتاج الرايبوزومات العديدة Polyribosomes، وذلك لأن نشاط الإنزيم RNase يؤدي إلى هدم RNAm الذي يربط الرايبوزومات الفردية ببعضها البعض مشكلًا معقدات الرايبوزوم المسئولة عن تركيب البروتينات.

2- تأثيره على منظمات النمو بالنبات:

يؤثر الجفاف على منظمات النمو، وذلك مثل حمض الأبسيسيك بالأوراق والإيثيلين، فوُجِد أن الجفاف يسبب زيادة سريعة في تركيز حمض الأبسيسيك بالأوراق، ممَّا أدى إلى قفل الثغور وزيادة نفاذية الجذور للماء والأيونات. أما الإيثيلين فالجفاف يؤدي إلى زيادته في الأوراق.

3- تأثيره على الأيض الكربوهيدراتي:

إن الجفاف يؤثر على عملية التمثيل الضوئي، حيث يؤدي إلى نقص صافي عملية التمثيل الضوئي وذلك لنقص الإمداد بغاز CO_2 نتيجة انغلاق الثغور، وبالتالي اختلال في عملية التمثيل الضوئي وزيادة التحليل المائي للنشا وكذلك نقص تخليقه، وأن سرعة الفقد في النشا تكون مصحوبة بزيادة في السكريات الحرة.

4- اضطراب نشاط الإنزيمات:

ذكر Todd (1972) أنه قد وجد اختلافات في نشاط 25 إنزيمًا نتيجة لحساسيتها للجفاف، وأن هناك نقصًا في مستوى عدد من هذه الإنزيمات نتيجة التعرض للجفاف، وهناك إنزيمات يزداد نشاطها أثناء الجفاف ؛ فقد وجد أنه ينخفض معدل NO3 Reductase ويزداد نشاط إنزيم Catalase وإنزيم ribonuclease ، α-amylase في الأوراق وحمض Ascorbic acid في القمح. كما يزيد نشاط إنزيم RNase- وفي البذور فإن الجفاف يثبط نشاط إنزيم α-amylase.

الزراعة المطرية

إن استخدام مياه الأمطار في الزراعة أو (الزراعة المطرية) قد يلعب دورا مهمًّا في ظل محدودية الموارد المائية في مصر ومخصصاتها من مياه النيل وثباتها، ورغم إنه من حيث المساحة لا تتجاوز الزراعة المطرية في الوقت الحالي 4 ٪ من إجمالي مساحة الأراضي المنزرعة في مصر -والتي تقع غالبيتها في الساحل الشمالي الغربي- إلا أنه بتطويرها واتباع الأساليب العلمية في حصاد مياه الأمطار وصيانة التربة والمياه يمكن تحقيق ما يزيد عن خمسة أضعاف الإنتاج الحالي للزراعة المطرية ، وهناك قول مأثور في الزراعات المطرية يقول:"علينا أن نزرع الحب وندعو الرب".

ويعتبر المخزون الرطوبي لقطاع التربة وتوزيعه في العمق هو المحور الأساسي الذي يرتكز عليه تطوير الزراعة المطرية واقتصاديتها في مثل هذه المناطق.

وتقسم المناطق في جميع أنحاء العالم حسب كمية الأمطار التي تسقط عليها وهل هي كافية لنمو المحصول أم لا ، وقد ذكر العالم كلاجز Klages 1949 في تقسيمه للمناطق المطرية ما يلى:

أ- **المناطق الجافة Arid**: ويتبعها 25 ٪ من مساحة الأراضي في العالم، وفيها يتساقط المطر بما يقل عن 10 بوصة/ سنة، أي أقل من 254 ملم.

ب- **المناطق شبه الجافة Semi arid**: يتبع هذه المناطق 30 ٪ من مساحة الأراضي في العالم، وفيها يتساقط المطر ما بين 10 – 20 بوصة/ سنة، أى من 254–508 ملم.

ج -**المناطق شبه الرطبة Subhumid**: يتبع هذه المناطق 20 ٪ من مساحة الأراضي في العالم، وفيها يتساقط المطر ما بين 20 – 30 بوصة / سنة، أي من 508 – 1016 ملم.

د- المناطق الرطبة (أ) wet: يتبع هذه المناطق 11 ٪ من مساحة الأراضي في العالم، وفيها يتساقط المطر ما بين 30 – 40 بوصة / سنة، أي من 1016 – 1524 ملم.

هـ- المناطق الرطبة (ب): يتبع هذه المناطق 14 ٪ من مساحة الأراضي في العالم، وفيها يتساقط المطر بما يزيد عن 14 بوصة / سنة، أي أكثر من 1524 ملم.

وتعتبر الزراعة المطرية هي الأكثر انتشارًا في الوطن العربي، وذلك نتيجة لوجود مساحات شاسعة تقع في المناطق الجافة وشبه الجافة والتي تشكل حوالي 89٪ من مساحة هذه الدول والتي تبلغ حوالي 3373 مليون فدان، وكذلك تشكل الموارد الأرضية الزراعية العربية مساحة قليلة وذلك مقارنة بالمساحات الشاسعة التي يمتلكها الوطن العربي، ولكن نتيجة لوقوع حوالي أربعة أخماس الأراضي الزراعية العربية ضمن نطاق الأراضي الجافة والتي يتساقط عليها أمطار تبلغ 150 ملم / سنة، وضمن الأراضي شبه الجافة والتي يتساقط عليها أمطار تبلغ 250 – 350 ملم/ سنة.

وتبلغ المساحة القابلة للزراعة من الأراضي العربية حوالي 472.5 مليون فدان، ويتم استغلال حوالي 160 مليون فدان في الإنتاج الزراعي.

وعمومًا، فإن مساحة الأراضي الزراعية التي تعتمد على الزراعات المطرية تبلغ حوالي 72.8 مليون فدان، أي حوالي 53٪ من مساحة الأراضي التي يتم زراعتها بالمحاصيل الموسمية.

وبالنسبة لمحاصيل الحبوب فإن المساحة المحصولية في الدول العربية قد انخفضت بحوالي 3.7٪ والتي تمثل حوالي 69٪ من المساحة المحصولية الإجمالية، وذلك نتيجة الظروف المناخية غير المواتية، بينما انخفضت إنتاجية معظم محاصيل الحبوب إلى 9٪، وانخفضت غلة الهكتار بنسبة 14.5٪ (محمود صبوح – محمود الشباك).

وقد حذر برنامج الغذاء العالمي FAO من أن الجوع ونقص الغذاء يهدد ملياري شخص في العالم.

وأن حوالي 45-50٪ من إجمالى الطلب على المياه في العالم العربي يتم توفيره من الموارد المائية السطحية والتي تشترك مع دول مجاورة خارج المنطقة العربية، مما يؤدي إلى تأثيرات سلبية داخل الوطن العربي، إضافة إلى ما يصاحب هذه المشكلة من تعقيدات، سواء أكانت هذه التعقيدات سياسية أو اقتصادية أو اجتماعية.

إن الوطن العربي يزخر بموارد كثيرة، مثل: الموارد الطبيعية، والبشرية، والحيوانية، والمائية، والرعوية، والغابات. لكن معدل الزيادة السكانية يصل إلى 2.2٪ ، ويتوقع الخبراء أن يصل السكان في الوطن العربي إلى حوالي 500 مليون نسمة عام 2030.

ويواجه الوطن العربي مشاكل جمة، منها تعرض هذه المناطق بالمناخ الجاف وشبه الجاف، والتي أدت إلى حدوث تدهور واستنفاذ رصيد الأصول الثابتة للموارد الطبيعية المتجددة والتآكل الكمي والكيفي لهذه الموارد، مما أدى إلى تدهور النظم البيئية واختلال توازنها، مما أدى إلى: ظهور التصحر، وانجراف التربة، وتدهور المراعي والغابات الطبيعية، ونقص الأصول الوراثية، وتمليح التربة، وزيادة شدة الجفاف نتيجة لشح الموارد المائية، وذلك لاستنزاف المياه الجوفية نتيجة للإساءة لهذه الموارد الناتج من الاعتماد على الخبرات القليلة التي اكتسبوها، وكذلك نتيجة عدم فهم أسس استثمار وتنمية وصيانة مثل هذه الموارد.

ونتيجة لما سبق ذكره فإن المنظمة العربية (أكساد) بدأت تعمل على تفعيل التنمية المستدامة عن طريق إجراء برامج عديدة لإنتاج السلالات والأصناف المحسنة والتي تلائم البيئات العربية الجافة وشبه الجافة، بحيث تعطي إنتاجية عالية، وتتحمل كلًّا من الإجهادات الإحيائية واللاإحيائية (البيئية)، بحيث يتم تبادل وتقييم السلالات والأصناف المحسنة مع المراكز والمنظمات الدولية، مع التركيز على الأصول المحلية المنتشرة في الدول العربية.

ويعمل المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد) The Arab Center For the Studies Of Arid Zones and Dry Iands (ACSDA). بإستراتيجية لإنتاج سلالات من القمح والشعير والتي أثبتت نجاحًا كبيرًا عن طريق استنباط سلالات كثيرة منتشرة في العالم العربي بأثره، وهذه الإستراتيجية تتلخص في الآتي:

1- يتم جمع وحفظ وتقييم واستثمار الأصول المحلية لمحصولي القمح والشعير (Land races)، وكذلك المصادر الوراثية الأخرى المدخلة والأصول البرية.

2- تكوين قاعدة وراثية عريضة من تلك السلالات لكي تكون ملائمة للبيئات العامة، أي تحت الظروف الطبيعية وتحت الظروف القاسية.

3- يتم تقييم هذه الأصول الوراثية الموجودة والمستنبطة في المركز العربي عن طريق المراكز البحثية المختلفة في البلدان العربية، ثم يتم انتخاب الأصول الملائمة للبيئات المناسبة.

وقد أوضحت هذه الإستراتيجية بأنها قد ساهمت بصورة فعالة في التنمية المستدامة في إنتاج الحبوب نظرًا لثبات المحصول في البيئات القاسية، وقد أدى ذلك إلى سد جزء من الفجوة الغذائية في الدول العربية.

وينتشر في الدول العربية ومنها مصر الصحاري، حيث إن درجات الحرارة ترتفع فيها صيفًا وتتساقط الأمطار على معظم الدول العربية في فصل الشتاء. ويحدث ندرة في فصل الصيف في المياه عدا ما في كل من السودان واليمن وموريتانيا والصومال حيث تتساقط الأمطار على هذه الدول صيفا، مما يؤدي إلى استخدام المياه الجوفية في هذا الفصل من السنة، وبالتالي إنفاق أموال طائلة وبذل الجهد والعرق لضخ مثل هذه المياه وتوصيلها إلى مكان استخدامها. وحيث إن مصر تقع في الإقليم الجاف فإن هناك مخاطر تواجه الزراعة المطرية بشمال مصر وسيناء وهي تعرض هذه المناطق لانجراف التربة بواسطة الرياح ، مما يؤكد حتمية وجود غطاء نباتي لخفض فاقد التربة بالرياح والمحافظة على خصوبة التربة من نيتروجين وفوسفور وبوتاسيوم، حيث إن التربة المفقودة بها وفرة في هذه العناصر مقارنة بالتربة التي ستترك بعد عملية الانجراف.

وعموما فإن الزراعة المطرية في مصر لا تتجاوز 4 ٪ من إجمالي المساحة المنزرعة بها، حيث إن المساحة المنزرعة حاليًا 8.2 مليون فدان، منها 7.7 زراعة مروية، ونصف مليون فدان زراعة مطرية – ولكن بتطوير هذه الزراعة واتباع الأساليب العلمية الحديثة في حصاد مياه الأمطار وصيانة التربة والمياه، فإنه يمكن زيادة إنتاجها إلى خمسة أضعاف الإنتاج الحالي للزراعة المطرية في هذه المناطق، ويجب أيضا حصاد مياه الأمطار لتجميعها وتخزينها خاصة في الساحل الشمالي في مصر والتي تبلغ حوالي 150 – 250ملم/ سنة، والذي يعتبر من أهم العوامل المحددة للزراعة في تلك المنطقة.

إن كمية الأمطار التي يمكن تقديرها قد وصلت في شبه جزيرة سيناء إلى 400 مليون متر مكعب / سنة، وفي الساحل الشمالي الغربي وصلت إلى 700 مليون متر مكعب/ سنة، وكمية الأمطار التي تتساقط على الدلتا قد وصلت إلى 300 مليون متر مكعب / سنة.

ولكن بالنسبة للأمطار المتساقطة على البحر الأحمر فإنه لم يتم تقديرها لأنها تكون عبارة عن أمطار فجائية تصل إلى حد السيول في فصلى الربيع والخريف.

وتعتبر الأمطار هي المصدر الرئيسي لتغذية الوديان والأنهار والمياه الجوفية، وكما ذكرنا من قبل فإن الأمطار تعتبر هي المصدر الأساسي والرئيسي لنهر النيل.

وتعتبر ممارسة حصاد مياه الأمطار قد ارتبطت مع بدا الزراعة في شمال إفريقيا منذ ما يقرب من 7000 سنة، وبعد عدة مراحل، مثل: الحياة البرية، والصيد، والانتقال للزراعة، فقد تحولت أراضي المنحدرات إلى أراضي زراعية؛ لتبدأ معها ظاهرتي انجراف وتعرية التربة، مما جعل سكان هذه المناطق ينشئون السدود لحجز هذه المياه، كي يتم بعد ذلك صرفها للأماكن التي تحتاج إليها، وبالتعاون مع الرومان بدءوا في تأسيس نظام جيد لاستثمار الأراضي وتطبيق أساليب جيدة لحفظ مياه الأمطار.

ولقد تم تجربة عدة طرق عديدة وذلك لزيادة جريان مياه الأمطار وتوجيهها إلى مناطق الزراعة أو تخزينها في خزانات، وذلك ليتم استخدامها في سقي الحيوانات أو الاستخدامات الآدمية أو ري جزئي لبعض الحاصلات الزراعية الحولية.

ويتم حديثا إدخال بعض التحسينات على الطرق القديمة التي كانت مستخدمة في حصاد مياه الأمطار، وذلك لزيادة جريان وتوجيه مياه الأمطار لكي تزيد رطوبة الأراضي التي سيتم زراعتها وتخزين الفائض من هذه المياه لحين استخدامها.

وكان أول من أطلق اصطلاح حصاد مياه الأمطار العالم الأسترالي جديس (1993)، وعرف عملية حصد مياه الأمطار بأنها عبارة عن: جمع وتخزين مياه الأمطار سواء أكانت من الجريان السطحي أو فياضانات الأخاديد، وذلك لاستخدام هذا المخزون في أغراض الري.

ثم تلت بعد ذلك اجتهادات أخرى لتعريف مفهوم حصاد مياه الأمطار ومن بين هذه التعريفات أنه: الوسيلة المثلى لجمع مياه الأمطار بعد إعداد مساحات من المنحدرات للاستخدامات النافعة.

ويشيع مصطلح تخزين الأمطار في المناطق التي تتساقط عليها كميات قليلة من الأمطار، وتتنوع تقنياته من منطقة إلى أخرى.

وفي منطقة الساحل الشمالي الشرقي والغربي في مصر يتم حفر مواقع في الصخر، ويتم تبطين جدرانها بحيث تكون غير منفذة للماء وتسمى cisterns، حتى لا يتم رشحه ونقص كميته وبحيث يكون مجهزا بسلالم داخلية حتى يتم النزول إليه لصيانته وتنظيفه، ثم يتم عمل سدود صغيرة توجِّه سير مياه الأمطار أو السيول نحو موقع هذا الخزان.

وهناك نوع آخر يسمى الكرم؛ وهو خزان يستخدم لتخزين مياه الأمطار والذي يتم تشييده في مصر في الساحل الشمالي الغربي، وفي بلاد المغرب العربي، وهو عبارة عن مساحة يتم إحاطتها بمرتفعات عالية، ويترك مدخل في هذا الخزان بحيث توجَّه مياه الأمطار والسيول لتتجمع في هذا المكان، ولكن في هذا النوع يحدث رشح الماء لباطن الأرض في فترة قصيرة وبالتالي يعتبر بمثابة تزويد المياه الجوفية بمياه الأمطار مثل تقنية تجميع المياه في الرمال.

ويجب معرفة أن المليمتر الواحد من الأمطار يعطي واحد لتر في مساحة متر مربع عندما يتم الحصاد الجيد لهذه الأمطار.

إن الزراعة المطرية هي السمة الرئيسية لمثل هذه المناطق الجافة، حيث يتم زراعة أكثر من 75 ٪ من هذه المساحة في بلاد: السودان ، الجزائر، العراق ، سوريا، المغرب، السعودية، تونس ، الاردن.

وتبلغ مساحة الزراعات المطرية في مصر حوالي 500 ألف فدان تقع معظمها في منطقة الساحل الشمالي الغربي على ساحل البحر الأبيض المتوسط وشمال سيناء، و تعتبر مياه الأمطار وما ينشأ عنها من مياه سطحية نتيجة الجريان السطحي للمياه هي المصدر الرئيسي والأساسي في هذه المنطقة، وقد بلغ إجمالي سقوط الأمطار السنوية على منطقة الساحل الشمالي الغربي بعمق 30–40 كيلو متر من ساحل البحر حوالي 910 مليون متر مكعب إلى مليار متر مكعب سنويا، وبلغت كمية مياه الجريان السطحي ما يقرب من 34.6 مليون متر مكعب حوالي 2.6 من الكمية الكلية الساقطة على هذه المنطقة، وما يستغل حاليا من هذه المياه لا يزيد بأي حال من الأحوال عن 10٪ من هذه الكمية.

ويقدر إجمالى ما يسقط على مصر من أمطار حوالي 1.8 مليار متر مكعب، بينما تتم الاستفادة فقط بحوالي 10٪ من هذه الكمية أي ما يقرب من 180 مليون متر مكعب/ سنة.

ويجب العمل على زيادة الاستفادة من مياه الجريان السطحي للأمطار المتساقطة على المناطق المختلفة، وذلك عن طريق تقليل أو منع فقد المياه، وخفض آثار انجراف التربة بواسطة المياه، واتباع الأساليب الحديثة لحصاد مياه الأمطار لزيادة إنتاجية المحاصيل المنزرعة في هذه المناطق إلى أضعاف الناتج الحالي.

وقد أظهرت الاحصائيات أن حوالي 35٪ من كمية الأمطار المتساقطة على منطقة الساحل الشمالي تبلغ حوالي 227 مليون متر مكعب سنويا والتي يحدث لها أن تتسرب أو ترشح داخل التربة، ومن المحتمل أن يتسرب نصف هذه الكمية (115 مليون متر مكعب سنويا) إلى الخزانات الجوفية وذلك للاستفادة منها عندما يتم إعطاء ريات تكميلية للمحاصيل التي سيتم زراعتها.

ولكي يمكن إدارة مياه الأمطار إدارة سليمة يجب اتباع ما يلي:

1- منع انسياب مياه الأمطار وفقدها في اتجاه البحر.

2- الاستفادة من مياه الأمطار وتوجيهها إلى أراضي صالحة للزراعة ليتم استغلالها الاستغلال الأمثل مع ضمان حسن انتشار المياه المنسابة من الأمطار.

3- منع انتشار مياه الأمطار على أراضي غير صالحة للزراعة.

4- حماية التربة من الانجراف.

ويقصد بزراعة الأراضي تحت ظروف الإجهاد الجفافي إنتاج المحاصيل والزراعات الأخرى، اعتمادًا على الأمطار في المناطق الجافة (أقل من 250 ملم في السنة) وشبه الجافة (تتراوح بين250-500 ملم)، أي أنها هي المناطق التي تقل عن 500 ملم سنويًّا.

وفي المناطق الجافة لا يمكن إجراء عملية الزراعة فيها إلا بتوافر المياه عن طريق مشاريع الري، وفى المناطق شبه الجافة يمكن قيام الزراعة إذا أجريت عمليات خدمة الأرض المختلفة والتي تساعد على حفظ الماء، فضلًا عن استنباط الأصناف المقاومة للإجهاد الجفافي.

إن المناطق الزراعية الرئيسية في العالم تعتبر معظمها مناطق يتم زراعتها تحت ظروف الإجهاد الجفافي، وحوالي 60٪ من أراضي الزراعة تحت ظروف الإجهاد الجفافي تقع في بلدان العالم النامية. وعلى مستوى العالم العربي فإن حوالي 78٪ من الرقعة الزراعية تزرع على الأمطار، 22 ٪ فقط تعتمد على الري، حيث تتركز الزراعة الجافة على الأمطار الشتوية في كل من دول المغرب العربي وبعض مناطق العراق وسوريا وفلسطين والأردن، أما الزراعة على الأمطار الصيفية فتوجد في الدول العربية التالية: السودان والصومال وموريتانيا واليمن.

ونجد أن مصر تقع في المنطقة الصحراوية الجافة من العالم؛ لأنه يتم الاعتماد على الري من نهر النيل كمورد أساسي عدا بعض المناطق التي تعتمد في زراعتها على المطر كمحصول الشعير في أراضي مثل سيناء والمناطق الساحلية القريبة من البحر الأبيض في الإسكندرية – (الساحل الشمالي)، وأكثر الشهور التي يسقط فيها المطر هي شهور فصل الشتاء ديسمبر ويناير.

وليس المطر هو العامل الوحيد لتحديد نجاح الزراعة في المناطق التي تعتمد عليه، ولكن هناك عوامل أخرى، منها:

1- سرعة وغزارة المطر الساقط في كل مرة.

2- قدرة التربة على امتصاص ماء المطر.

3- نسبة الرطوبة الجوية.

4- ميعاد سقوط المطر أثناء السنة، حيث يكون مهما إذا سقط عند الزراعة وعند أطوار النمو الحرجة.

5- درجة الحرارة أثناء سقوط المطر.

6- كمية البخر أثناء موسم نمو النبات.

ولذلك فإنه من الممكن زيادة الرقعة الزراعية في المناطق قليلة المطر -كما ذكرها العالم Daubenmire- والتي يقل فيها المعدل السنوي عن الحد المناسب للمحصول المنزرع، وذلك كما يلي:

1-استنباط أصناف ذات مقاومة عالية للجفاف.

2-إجراء ريات تكميلية للمحصول المنزرع لعدم كفاية المطر المتساقط.

3-تقليل فقد ماء المطر.

4-خفض سرعة البخر نتح عن طريق إزالة الحشائش التي تستهلك كميات من المطر.

5-تغطية سطح التربة بمخلفات المحصول السابق.

6-زراعة مصدات رياح لتقليل فقد الماء من التربة.

7-خفض معدل التقاوي لتقليل عدد النباتات المنزرعة بالحقل.

obeikandi.com

ويقصد بالزراعة المطرية التي تكون في المناطق التي تعتمد في الزراعة ونمو المحاصيل على الأمطار، حيث يكون معدل سقوطها أكثر من 500 ملم في السنة، وكلما زاد معدل سقوط الأمطار عن 750 ملم في السنة فإن الماء لا يكون هو العامل المحدد للنمو، بل تكون هناك عوامل أخرى محددة للإنتاج.

أما الأمطار فهي قاصرة على الساحل الشمالي في شريط لا يزيد عرضه على 10 كيلو مترات، ومتوسطها في الساحل الشمالي الغربي 100-150ملم في السنة وفي الساحل الشمالي الشرقي نحو 150ملم عند العريش ، تزيد تدريجيًّا كلما اتجهنا إلى الشرق فتصل عند رفح إلى 250 ملم، ويسقط معظمها خلال فصل الشتاء.

دورة المياه في الطبيعة :

إن المياه في الطبيعة ليست ساكنة، ولكنها في حركة دائمة وهو ما يطلق عليه دورة المياه، حيث إن الحرارة الشمسية والهواء يؤثران على المياه واللذان يؤديان بدورهما إلى تبخير الماء من سطح البحيرات والبحار والأنهار والمجاري المائية غير العذبة، والتي تمثل ثلثي مساحة الكرة الأرضية والتي لا تصلح للاستخدام الآدمي أو ري الأراضي، وكذلك تتبخر المياه من التربة ومن النباتات. وتنطلق هذه المياه التي تبخرت إلى الجو المحيط على شكل بخار الماء إلى طبقات الجو العليا، وعند تعرض بخار الماء إلى برودة مناسبة فإن بخار الماء المتصاعد يبدأ في التكثف وبالتالي تأخذ شكل غيوم، ثم ما تلبث أن تتحول إلى غيوم ممطرة، وبالتالي تتساقط الأمطار التي حملتها هذه الغيوم على شكل أمطار أو ثلوج أو على شكل بَرَد، وذلك لتوفير المياه العذبة الصالحة للاستخدام الآدمي ولري النباتات، ثم تبدأ الدورة المائية مرة أخرى، ولكن لا تتبخر كميات الأمطار المتساقطة كلها، بل يتغلغل جزء منها داخل التربة أو يجري بعضها ويسيل على سطح الأرض، مما يؤدي إلى تجمع هذه المياه وسيرها في الأنهار والجداول، ثم تصب في البحار مرة أخرى.

وبالنسبة للجزء الذي يستهلكه الإنسان والحيوان والنبات فإنه يخرج إلى البيئة المحيطة بها على صورة إفرازات ونتح، وتستمر الدورة الطبيعية للماء أى البخر والمطر، وبذلك لا يوجد فقد في كمية الماء في الكون، ولكنها تظل ثابتة.

وبالنسبة لمصر فإنه تتساقط كميات قليلة من مياه الأمطار شتاءً على كل من سواحل البحر الأبيض والبحر الأحمر والتي تبلغ ما يقرب من 200 ملم / سنة على الساحل الشمالي ، وقد تزيد في بعض السنوات إلى ما يقرب من 300 ملم / سنة على سواحل البحر الأحمر عند مناطق حلايب وشلاتين وأبورماد، ويتم حصاد وتجميع هذه الأمطار

للاستفادة منها على مدار العام في بعض المناطق، وهذا هو المصدر الثاني من مصادر المياه في مصر ، وتبلغ هذه الأمطار المتساقطة مع السيول التي تحدث في أجزاء متفرقة من البلاد حوالي 18.5 مليار متر مكعب، يستفاد منها بحوالي 10٪ فقط، أي 180 مليون متر مكعب ، بالإضافة إلى الإيراد الطبيعي لنهر النيل والذي يصل كما ذكرنا سابقًا حوالي 55.5 مليار متر مكعب.

بينما تبلغ الأمطار المتساقطة في محافظة مرسى مطروح حوالي 2000 مليون متر مكعب/ سنة والتي تزداد إلى حوالي 3000 مليون متر مكعب/ سنة، حيث يتراوح معدل سقوط الأمطار هناك بين 100–150 ملم/ سنويا، ويتساقط معظمها شتاء، ويضيع من المقدار السابق ذكره حوالي 90٪ عن طريق البخر والتسرب ويبقى حوالي 200 مليون متر مكعب/ سنة، وهي التي تصنع السيول الموسمية وتغذى نظم المياه الجوفية الضحلة.

وتتساقط الأمطار في مصر في فصل الشتاء على الساحل الشمالي ، وذلك في شريط لا يتعدى عرضه عن 30 كم بمتوسط يبلغ 120ملم سنويا على كل من ساحل الدلتا والساحل الغربي، وحوالي 200ملم على الساحل الشرقي.

وهناك عواصف مطرية تتساقط بغزارة خلال فصلي الخريف والربيع، وهذه العواصف المطرية تهب على كل من سيناء والصحراء الشرقية، ويبلغ حجمها حوالي 1.5 مليار متر مكعب / سنة ، وتسيل هذه السيول إلى مجاري الوديان حتى تلتقي إما بالبحر أو بالنيل ، وبالتالي تقوم وزارة الأشغال العامة والموارد المائية بإقامة سدود لحجز هذه المياه لتفي بمتطلبات الزراعة أو الشئون البلدية أو تعمل على شحن وتغذية خزانات المياه الجوفية المتواجدة بهذه المناطق.

وهناك دراسات عديدة عن طريق تقنيات نظم المعلومات والاستشعار عن بعد في مناطق عديدة في مصر وذلك لتجنب مخاطر السيول وتنمية الموارد المائية بالمناطق الجافة مثل منطقة وادى وتير بجنوب سيناء، وذلك لتخزين مياه السيول دون فقدها في خليج العقبة وذلك عن طريق عمل عدة هرابات، وإنشاء سدود صخرية وذلك لتنمية الموارد المائية في هذه المنطقة واستخدامها في زراعة مثل هذه المنطقة.

ويسود في الزراعات المطرية الجافة وشبه الجافة في الوطن العربي زراعة محصول شتوي خلال الخريف ثم يحصد في أواخر الربيع وأوائل الصيف حسب ميعاد الزراعة وكمية الأمطار المتساقطة.

وقد لا يزيد الجزء المنزرع سنويا عن نصف أو ثلث الأرض ويترك الباقي بورًا في الموسم الشتوي التالي ثم يزرع في الموسم الشتوي الذي يليه، وقد يسمى هذا النمط الزراعي "الزراعة موسم وموسم".

ويقوم النظام الزراعي في مناطق الزراعة الجافة العربية على زراعة الحبوب في دورة تتبادل فيها الحبوب مع البور. والهدف من التبوير Fallowing في المناطق التي تتساقط عليها الأمطار الشتوية هو تخزين جزء من مياه الأمطار من موسم البور لزيادة محتوى التربة من الرطوبة أثناء موسم الحبوب التالي، أما في المناطق التي تتساقط عليها الأمطار الصيفية فإن الهدف الرئيسي من التبوير هو استعادة خصوبة التربة.

ومن الممكن في مناطق المطر الشتوية أن يتم تخزين حوالي 10٪ من الرطوبة أثناء التبوير للموسم التالي عندما يكون الصيف معتدل الحرارة، أما في المناطق ذات الصيف الحار فتكمن فائدة التبوير في حفظ الرطوبة فيه، وإذا كانت له فوائد فإنها تعود إلى مقاومة الحشائش بالحرث أثناء التبوير وزيادة خصوبة التربة عن طريق تراكم النترات ومقاومة الأمراض النباتية والآفات الحشرية.

وعندما يتم ترك الأرض بورًا يجب مراعاة ما يلي:

1) العناية بإجراء الخدمة الزراعية مثل حرث الأرض ودفن النباتات النامية على سطح التربة وذلك لزيادة نسبة المادة العضوية في التربة.

2) القضاء على الآفات والأمراض وتقليل الإصابة بها، وذلك خلال موسم زراعة المحصول الاقتصادي.

3) المحافظة على مياه الأمطار التي تتساقط على الجزء الذي يتم تركه بورا، وذلك لتتغلغل في قطاع التربة وتخزن بها حتى يمكن الانتفاع بها في السنة التالية وذلك بناء على نظرية زراعة الأراضي الجافة في بلاد العالم الأخرى.

والعامل الأساسي لاختيار هذا النظام هو اعتبار المطر العامل المحدد للإنتاج، ويزيد الإنتاج كلما زاد المطر إلى حد تتزايد فيه كمية الإنتاج بنسبة كبيرة.

وينصح في الوقت الحاضر أن تستعمل الأرض كاملة في الموسم الزراعي دون ترك الأرض بورًا بزراعة نصفها قمحًا أو شعيرًا والنصف الآخر يزرع بأحد المحاصيل البقولية النافعة العلفية الحولية من جنس *Vicia* أو *Medicago* أو العدس والحمص إذا

كان معدل الأمطار أعلى من ذلك – كما سيأتي ذكره فيما بعد عند تناول الدورات الزراعية التي يمكن تطبيقها في ظروف الزراعة تحت الإجهاد الجفافي.

وقد أثبتت الدراسات أن موسم المطر في الساحل الشمالي الغربي يبدأ خلال شهر أكتوبر، وأن حوالي ما يقرب من 75٪ من إجمالي كميات المطر المتساقطة سنويا يتم هطولها من شهر فبراير، ومن أكثر الشهور هطولا بالأمطار شهري ديسمبر ويناير. وعموما فقد وجد أن الأمطار المتساقطة خلال شهر مارس والشهور التالية له لا تتجاوز 10٪ من إجمالي الأمطار المتساقطة، ولذلك فإن مناخ إقليم الساحل الشمالي الغربي يتميز بموسم قصير تتساقط فيه الأمطار وصيف طويل جاف يمتد إلى حوالي سبعة أشهر مع تغيرات محدودة في درجات الحرارة اليومية.

كما وجد أن غالبية الأمطار عبارة عن رخات خفيفة إلى متوسطة ، ولا يزيد عدد الأيام المطيرة عن أربعة أيام وهي التي تزيد فيها معدلات الأمطار عن 10 ملم / يوم ، وهي التي تسمح بمعدلات مناسبة من الجريان السطحي.

ويعتبر تدني معدلات الأمطار وعدم انتظامها من أهم معوقات الزراعة المطرية بمنطقة الساحل الشمالي الغربي ، حيث إن كمية المخزون الرطوبي بقطاع التربة يتوقف أساسا على ما يصل التربة من مياه الجريان السطحي، بالإضافة إلى كميات مياه الأمطار السنوية وكذلك العمق الفعال للقطاع وقوام التربة.

إن منطقة الساحل الشمالي الغربي لابد وأن يتم تطوير وتنمية الزراعة المطرية بها من حيث حصاد أو جمع وتخزين مياه الجريان السطحي بتقنية عالية وكفاءة مناسبة سواء بقطاع التربة أو إقامة سدود أو خزانات سطحية وتحت سطحية...إلخ وذلك لزيادة القدرة على الاستفادة من مياه الأمطار مع استخدام نظم ري حديثة ليكون بمثابة زراعة مستدامة ومتواصلة.

ويطلق البدو كلمة "صابا" على السنوات ذات الأمطار الغزيرة لأن المحصول يكون وفيرا، وكذلك المرعى يكون يانعا وغزيرا ، وهذا الشتاء ذو الخير الوفير يعقبه صيف كثير البركة نتيجة لامتلاء الآبار بالماء العذب، بينما يطلق البدو كلمة "جَدب" على السنوات قليلة أو عديمة الأمطار حيث يَعم القحط.

موعد سقوط الأمطار والعوامل التي تؤثر على هذه الأمطار:

1- تختلف بداية موسم سقوط الأمطار من عام إلى آخر؛ فأحيانا يكون في بداية الموسم (أكتوبر ونوفمبر)، وقد يكون في منتصف الموسم (ديسمبر)، وقد يتأخر إلى شهر يناير أو فبراير، فكما تشير بيانات سقوط الأمطار تسقط حوالي 90.8 ٪ من الأمطار السنوية خلال ثلاثة شهور فقط.

2- يتوقف مقدار الرطوبة المختزنة بقطاع التربة على عدة عوامل، أهمها: كمية الأمطار المتساقطة، وحدوث عواصف مطيرة، إلى جانب عمق قطاع التربة وعدم تأثر المنطقة بمياه الجريان السطحي.

3- يلعب قوام التربة دورا مهمًّا ورئيسيا في زيادة كمية الرطوبة المختزنة بقطاع التربة، فتزيد كمية الرطوبة المختزنة في حالة القوام الطيني الناعم عن القوام الخفيف، بالرغم من زيادة معدل المطر في الحالة الأخيرة.

4- تحت ظروف محدودية مياه الأمطار أقل من (200 مم) فإن الجريان السطحي تحت ظروف ثبات العناصر الأخرى يعتبر من أهم العوامل المؤثرة في زيادة معدلات تخزين المياه في قطاع التربة وإنه يتحتم دراسة النسبة بين مساحة مياه الجريان السطحي Run off – area إلى مساحة المنطقة المنزرعة التي تستفيد من هذه المياه Run -in area لأنواع مختلفة من المحاصيل وتحت ظروف مختلفة للقطاع الأرضى لخواص التربة.

والأمطار المتساقطة على الساحل الشمالي للصحراء الغربية تنتمي إلى نوعين رئيسيين:

1-المطر الإعصاري أو ما يسمى بمطر الجبهات، وهذا النوع من المطر يتساقط بصفة خاصه نتيجة للمنخفضات الجوية الشتوية.

2- مطر التعقيد (المطر الرعدي) ويحدث هذا النوع من الأمطار نتيجة عدم الاستقرار الناشئ عن تسخين الهواء عند سطح الأرض، ثم ارتفاع هذا الهواء الساخن لأعلى، وبالتالي يؤدي ذلك إلى تشكيل سُحب ركامية أو ركامية مزنية قد يصل سمك وكثافة هذه السُحب إلى الحد الذي يكفى إلى تكوين عواصف رعدية وكلاهما غير منتظم سواء في الكمية أو في المكان أو في الزمان.

إن مياه الأمطار الزائدة عن معدل الرشح للأراضي يحدث إما داخل أو خارج أحواض الوديان؛ حيث يحدث لها جريان سطحي على صورة Sheet Run off (المطر

الفعال) ، وهذه المياه يحدث لها تراكم في المنخفضات أو أمام السدود المقامة لهذا الغرض ، أو يتم تجميعها في الخزانات الأرضية وقد يبلغ هذا المطر الفعال ما يقرب من 15 – 25 ٪ من قيمة المطر المتساقط.

إن منطقة شرق العريش تعتبر من المناطق التي تتساقط عليها أمطار عالية نسبيا في مصر، حيث يبلغ معدل المطر السنوي من 200 – 300 ملم ، وهناك عدد لا بأس به من الآبار المخصصة للزراعة وآبار أخرى تم إعدادها للشرب.

وتعتبر المياه المتجمعة في الكثبان الرملية ذات جودة عالية ومورد جيد للمياه، حيث لا تتعدى الملوحة عن 500 جزء في المليون.

ولكن نتيجة للسحب الجائر من هذه الآبار السطحية أو زيادة حفر الآبار مع قلة التغذية للخزانات الموجودة ، فقد اختل التوازن بين كمية المياه المستخرجة ومعدل التغذية، حيث أدى ذلك إلى زيادة ملوحة مياه الآبار والتي وصلت إلى أكثر من 2500 جزء في المليون.

وقد تم دراسة تجمع وتخزين مياه الأمطار من خلال خصائص مساحات التجمع والخزانات الأرضية وعلاقة ذلك بتذبذب كمية الأمطار الساقطة وذلك من خلال دراسة بيانات الأمطار المجمعة في مرسى مطروح.

وقد دلت النتائج على حدوث ما يلي:

تتذبذب كمية الأمطار الشتوية المتساقطة من 48 – 310 مم/ سنة، وأن هناك تناقصا واضحا قد حدث في كمية مياه الأمطار الساقطة كلما بعدنا عن الساحل، فقد يصل التناقص في كمية الأمطار وعدد النوات (العواصف المطرية) إلى أكثر من 50 ٪ في المسافات بين 2 – 11 كم من الساحل.

إن 6 – 7 نوات (أكثر من 3 مم للعاصفة) على الأقل كانت كافية لتعظيم الاستفادة من الخزانات الأرضية بالمنطقة وذلك في السنوات الجافة – والتي قد تستطيع أن تستوعب أكثر من 15 نوة في السنوات الماضية.

إن كفاءة التجمع مقاسة كنسبة مئوية من كمية الأمطار الساقطة تراوحت بين0–76٪ لجميع السنوات وأن مساحات التجمع الأقل مساحة كانت ذات كفاءة تجمع أعلى.

1- كانت كمية الجريان السطحي أعلى من حجم الخزانات الكلية مما يدل على أن هناك إمكانية لزيادة عدد الخزانات الأرضية لتجميع مياه الأمطار بالمنطقة.

إن زمن الهطول وكمية الأمطار الكلية هي العوامل الأساسية للتحكم في تجمع مياه الأمطار، في حين أن شدة سقوط الأمطار لم يكن لها أي تأثير.

إن كمية الأمطار ذات 3 مم / عاصفة كانت ضرورية لحدوث الجريان السطحي، وهذا يعادل ثلثي عدد النوات الكلية السنوية.

2- كان التسرب والشروخ الداخلية بالخزانات الأرضية هي المشكلة الأساسية التي تواجه كفاءة التجمع للخزانات تحت الدراسة.

8- يمكن الاعتماد على زيادة عدد الخزانات الأرضية لتجميع مياه الأمطار بالمنطقة كمورد لمياه الشرب للإنسان والحيوان.

وقد تم تنفيذ مشروع إقليمي بيئي مع إيكاردا عنوانه: (الرعاية الشاملة للحياة على مستوى المزرعة في منطقتي غرب آسيا وشمال إفريقيا وذلك لتحفيز إدماج حصاد المياه في النظم الزراعية للبيئات الأكثر جفافا) ومن هذه الدول مصر.

السيول:

تتساقط الأمطار في شكل سيول على أجزاء متفرقة من مصر خلال فترات الانقلاب الربيعي والخريفي، حيث تتساقط هذه السيول على مجمعات كبيرة من الهضاب مرتفعة المناسيب، مثل: جبال البحر الأحمر وجنوب سيناء أو هضاب وسط سيناء وهي شديدة الانحدار، مما يؤدي إلى حدوث تجميع المياه في مجمعات كبيرة، وهناك سيول تحدث أيضا في محافظة مرسى مطروح، وتسمى بمياه السيول أو السريان السطحي في الأودية، وتقدر بحوالي 40 مليون متر مكعب/ سنة، وكانت تتجه في معظم الأحيان إلى البحر المتوسط، ولكن قد أمكن التحكم في حوالي20مليون متر مكعب/ سنة من هذه السيول، وذلك عن طريق بناء السدود والحواجز الترابية والهرابات أو الآبار الرومانية، وتم إصلاح وترميم المتدهور منها عن طريق إقامة مشروعات حصاد مياه الأمطار، وهناك إمكانية الاستفادة من حوالي 20 مليون متر مكعب/ سنة إضافية من جراء السيول هناك في مناطق متفرقة من المحافظة، حتى لا تفقد أي كمية من هذه المياه والتي تعتبر ذات صلاحية عالية للشرب وري الأراضي الزراعية.

إن كميات المياه الواردة من السيول يجب عدم الاستهانة بها، كما يجب الاستفادة

الكاملة بها؛ حيث إنها سيول خير وليست وبالا إذا ما تم الاستفادة منها والتخطيط المناسب لاستثمارها، كما أنها تعد موردا بينيا مهمًّا نحن في أشد الحاجة إليه إذ إنها توفر كميات كبيرة من المياه العذبة، ومن الممكن أن يتم السيطرة عليها والاستفادة منها عن طريق إقامة سدود حجز، ويعتبر تخزين مياه السيول مهم جدًّا لتوفير هذه المياه التي يمكن أن تضيع هباء، بل ومن الممكن أن تسبب خسائر كبيرة.

وهناك سدود تم تشييدها مثل التي أقامتها في شبه جزيرة سيناء. وتبنى السدود الهيدرولوجية وهي التي تحدد العلاقة بين سقوط الأمطار والجريان السطحي ومعدل وكمية السيول، وهذه السدود تعمل أيضا على الحد من الانجراف للتربة وتساعد على شحن الخزانات الجوفية.

ومن أقدم السدود التي تم إقامتها في سيناء على مجاري السيول هو سد الروافعة غرب العريش بسيناء ويحجز أمامه حوالي 4 مليون متر مكعب.

ويوجد ما يقرب من 3 مليون فدان معظمها صالحة للزراعة في منطقة الشلاتين – أبو رماد – حلايب والكائنة بالجزء الجنوبي الشرقي لجمهورية مصر العربية.

وتتميز هذه المناطق بمناخ مداري قاحل مع أمطار خريفية بالجزء الجنوبي وأمطار شتوية بالجزء الشمالي يترتب عليها تعرض مثل هذه المناطق لكميات متفاوتة من السيول الجارفة مما يتطلب البحث عن وسائل مختلفة للاستفادة من هذه المياه واستغلالها في استزراع الأراضي بهذه المناطق.

وتوجد بهذه المناطق العديد من الأودية الرئيسية التي تقطع المنطقة في اتجاه الشرق لتصب مياهها الجارفة والمحملة بالمواد الغيرينية في البحر الأحمر.

كما تتميز هذه المناطق بأنها تحتوي على غطاء نباتي كثيف في معظم الوديان والتي تعتمد عليها الحيوانات في رعيها؛ لهذا كان من الضروري الحفاظ على المراعي الطبيعية وتعريف الأهالي بالأسلوب الأمثل لاستغلال هذه المراعي وتوعية المواطنين بسياسة رعوية مناسبة.

وهناك بعض المناطق الصحراوية في وادي النيل قد تتعرض للسيول في بعض السنوات، مما يستوجب معه تطهير مجاري ومخرات السيول لتوصيلها إلى النيل بدون أي عقبات، حتى يتم تلافي الضرر الذي تحدثه مثل هذه السيول بالمزروعات أو ما يستقطع من مجاري الري، وعموما تتساقط أمطار على مصر بما يقرب من 1.8 مليار متر مكعب، حيث يتم الاستفادة فقط بما يقرب من 10٪ منها، أي حوالي 180 مليون متر مكعب فقط

مما يستوجب معه تقنية حصاد الأمطار وجمعها والمحافظة على كل قطرة.

وتعتبر الزراعة المطرية من أهم مصادر الثروة الزراعية في العديد من البلدان العربية التي لا تتوافر بها مصادر الأنهار أو المياه الجوفية، وكما أن إمكان التخطيط والتطوير والتنمية المتواصلة في مناطق الزراعة المطرية يعتمد بالدرجة الأولى على الفرص المتاحة للتعرف على معلومات صحيحة عن كل منطقة من هذه المناطق على حدة في كل دولة من الدول العربية، والأفضل معرفة المعلومات الصحيحة لكل منطقة داخل الدولة الواحدة، وذلك لاختلاف المناطق عن بعضها البعض لأنها تعطي معلومات أكثر دقة، ليتسنى تطويع التقنيات الحديثة وإزالة المعوقات الرئيسية للتنمية الزراعية ومجابهة أخطار التصحر، والتخطيط للبحوث التطبيقية التي تساهم في التغلب على هذه المشكلات تبعا للمعلومات التي يمكن الحصول عليها من كل منطقة على حدة.

ومن أهم الوسائل التي يمكن اتخاذها لمواجهة خسائر السيول واستثمار مياهها:

إنشاء سدود تخزين لحجز المياه خلفها سواء أكانت سدودا ترابية أو ركامية.

إنشاء سدود تحت السطحية: وذلك للمحافظة على مياه السيول وعدم بخر المياه، وبالتالي عدم زيادة تركيز ملوحتها، ولكي يتم ملء الخزانات الجوفية بهذه المياه العذبة النقية.

إنشاء سدود إعاقة: وذلك عن طريق إقامة بعض السدود في الروافد الموجودة في هذه المناطق وذلك لكي يتم حجز المياه في هذه الروافد.

إقامة الجسور لتوجيه مياه السيول إلى مناطق أخرى يمكن الاستفادة بها.

حفر الخزانات وتبطينها تحت سطح التربة مباشرة في الأماكن المنخفضة (هرابات) لكي يتم تجميع هذه المياه، بحيث تكون هذه الخزانات لها فتحات في أعلاها، وذلك لسهولة سحب المياه منها، وتبلغ سعة الخزان من 200-500 م3 ماء. وقد تم إنشاء أكثر من 50 خزان بشبه جزيرة سيناء، وتسمى هذه العملية هرابات.

جسور كنتورية، وهذه الجسور يتم إقامتها بحيث تكون عمودية على مسار المياه وعمل مفيضات لكي لا يؤدي إلى انهيار هذه الجسور. وتقوم هذه الجسور بحجز المياه أمامها وتغذية الخزانات الجوفية.

* * *