

الباب التاسع

إرواء محاصيل الحقل

تختلف الحاصلات الحقلية فيما بينها في استهلاكها واحتياجها وفي مقنناتها المائية حسباً لكثير من العوامل، كما تختلف الفترات الحساسة من حياة النبات للماء باختلاف المحاصيل وفيما يلي بعض الملاحظات عن إرواء بعض المحاصيل وبعض التفاصيل عن البعض الآخر.

الذرة الرفيعة للحبوب

Grain Sorghum
Sorghum bicolor (L.) Moench

يعتبر محصول الذرة الرفيعة من أكبر خمس محاصيل على مستوى العالم حيث يقع في المرتبة الرابعة بعد محصول القمح والأرز والذرة الشامية رغماً عن أن إنتاجه العالمي لا يتعدى ٤٠-٥٠ مليون هكتار بمتوسط يبلغ ١٢٠٠-١٣٠٠ كجم/هكتار (FAO, ١٩٧٧). يخص آسيا وأفريقيا ٧٥% من الإنتاج العالمي حيث يستهلك أساساً كغذاء للإنسان وحبوب بحوالي ٥٠% كمتوسط عالمي. وفي معظم أنحاء العالم فإن زراعة الذرة الرفيعة تزرع في البيئات التي يصعب فيها زراعة الأرز والذرة الشامية حيث لها القدرة الوراثية على التفوق على معظم محاصيل الحبوب في الإنتاج تحت ظروف البيئات الحدية وعلى الأخص البيئات الحارة والجافة (Martin, 1930) لتمييزها بالنمو الكثيف المتعمق للجذور التي تمكن النباتات من اكتشاف الماء القابل للاستفادة، وجود الشمع الذي يغطي السيقان والأوراق مما يعمل على تقليل فقد الماء من

الكيوتين، وقدرة تعظيم كفاءة استخدام الماء من خلال تغيير اتجاه الأوراق وتنظيم الثغور والقدرة على استخدام المواد الممتلئة قبل عملية التزهير في امتلاء الحبوب مما يؤهلها إلى مقاومة الجفاف.

مراحل النمو

لقد أوضح (Eastin 1972) أنه من المهم وصف مراحل نمو الذرة الرفيعة خلال الثلاث المراحل التالية:

١- **مرحلة النمو الأولى (GS1):** وهي الفترة التي تبدأ من الانبثاق وحتى تحول المرستيم القمي من المرحلة الخضرية - نظام إنتاج الأوراق - إلى المرحلة الثمرية. تحتاج هذه المرحلة من الانبثاق إلى ٣-١٠ أيام معتمدة في ذلك على عمق الزراعة ودرجة حرارة الأرض والمياه (Evans and Stickler, 1961, Saint-Clair 1976). إن أقل درجة حرارة ممكنة أن تثبت عندها حبوب الذرة الرفيعة تبلغ ٨-١٠ م°. تتكون في هذه المرحلة أعداد الأوراق الكلية والأشطاء القاعدية ونسبة من نظام الجذر الكلى. وتعتمد المدة اللازمة لهذه الفترة على كل من التركيب الوراثي والعوامل البيئية ولكن عادة ما تستغرق ثلث الفترة الكلية اللازمة من الانبثاق إلى النضج الفسيولوجي ويوجد تفاعل قوى بين الفترة الضوئية والمدة الحرارية لتحديد فترة النمو الأولى لنباتات الذرة الرفيعة (Quinby et al, 1973). وتنتهي هذه المرحلة حينما يقف المرستيم القمي عن إنتاج الأوراق وتبدأ عمليات تخليق النورات panicle.

٢- **مرحلة النمو الثانية (GS2):** وهي الفترة التي تتميز بالزيادة الأسية لمساحة الورقة exponential وتمدد الجذور، وتراكم المادة الجافة تزداد المساحة الكلية للأوراق والتي تستغرق ٣٣-٣٤% من الفترة الكلية لهذه المرحلة. وخلال هذه المدة يتم تميز differentiate النورات وتحديد عدد الحبوب وفي نفس الوقت يتم بناء أقصى حجم للنبات. ومن الملاحظ عند تعرض النباتات لأي نوع من الإجهادات الذي ينتج عنه إعاقة للعمليات التي تجري في هذه المرحلة الحرجة من النمو فإن ذلك يؤدي إلى تأثيرات واضحة على المحصول من خلال كل من

مساحة الورقة وعدد حبوب النورة. تصل هذه المرحلة إلى نهايتها بخروج النورة من الغمد ووصول الأوراق إلى أكبر مساحة وبداية عملية التلقيح. وعندئذ يكون المجموع الجذري قد وصل إلى أكبر تعمق وأن تراكم المادة الجافة قد وصل إلى ٦٠-٧٠% من مجموع المادة الجافة الكلية للنبات (Kaigama et al, 1977).

٣- مرحلة النمو الثالثة (GS3): وهي الفترة التي يتم فيها إمتلاء الحبوب والتي تستمر من الأزهار حتى النضج الفسيولوجي للحبوب. وهذه المرحلة من أكثر المراحل الحرجة للنمو. ويتحدد خلالها المحصول النهائي كمحصلة لكل من المسدة والمعدل التي يتم فيها تجمع المادة الجافة بالبذور (Clegg et al, 1970 and Eastin et al, 1973) وبذلك توفر حجم للمصب (الحبوب) غير محدد. يبدأ التلقيح من قمة السنبلة ثم يتقدم قاعدياً وتستغرق هذه العملية ٤-٧ أيام. وتتضج الحبة فسيولوجياً (الوصول إلى أقصى محتوى من المادة الجافة) بنفس ترتيب عملية التلقيح ولكن ليست بنفس المعدل لذا يستغرق وصول الحبوب إلى النضج في القمة وقت أقل بالمقارنة بالموجود بالقاعدة وأيضاً تبعاً لموقع الحبة على محور الشطاء، ويمكن التعرف على وصول الحبوب إلى هذه المرحلة عن طريق ملاحظة تكوين الطبقة السوداء (Eastin et al, 1973).

نمو وتطور المجموع الجذري

يتميز جنس السورجم بتكوين جذر جنيني واحد هو عبارة عن الجذير (مرسى ١٩٧٩) يقوم بتثبيت البادرة في الأسابيع الأولى من النمو. وفي أثناء ذلك ينمو نظام الجذور العرضية من براعم العقد الموجودة أسفل الساق (Hackett, 1973 and Evetts, 1973) وخلال عملية إنبات الحبوب والتي تستغرق ٧-١٠ أيام تتكون الجذور العرضية بمعدل ٠,٥-١ /يوم (Blum et al, 1977a and b) وتختلف أعداد الجذور العرضية لتصل في المتوسط ١٥-٢٠ معتمدة في ذلك على نظام تكوين الأشطاء (Downes, ١٩٦٨) وبمجرد إكمال تكون الجذور العرضية يتدهور نظام الجذر الجنيني، أما إذا فقدت الجذور الجنينية بفعل العوامل الميكانيكية أو الإصابة المرضية فذلك يؤدي إلى موت البادرة ومواكبة ذلك بنمو النظام الجذري العرضي فإن

ذلك يؤدي إلى تفرعه ونشاط نموه مما يؤدي إلى كبر حجم الجذور العرضية. ولقد وجد (Blum et al, 1977a) وجود علاقة من الدرجة الأولى بين مساحة الورقة وكل من الطول الكلى للجذر وحجم الجذر. وفي نهاية مرحلة النمو الأولى يتعمق الجذر لمسافة ١٢٠-١٥٠ سم (Teare et al, 1973) بانتشار جانبي يبعد ٢٠-٢٥ سم من الساق الرئيسي معتمداً على مسافة الزراعة وغيرها من العمليات الزراعية. ولقد ذكر (Mc Clure and Harvey, 1962) أن جذور هجين الذرة الرفيعة تميل للتعمق وكثافة النظام الجذري عن سلالات الأباء مع تركيز إنتشارها في القدم العلوى من سطح الأرض (Zartman and Woyewodzie, 1979).

ويزداد تفرع الجذور العرضية للنظام الجذري في مرحلة النمو الثانية قريباً من السطح العلوى للأرض مع الإستمرار في التعمق يتقدم النبات في العمر ليصل وزن النظام الجذري لأكثر وزن له تقريباً عند الإزهار تحت ظروف توافر وكذلك شح الرطوبة بالأرض (Mayaki et al, 1976) وعند تعرض النباتات لإجهاد الجفاف تموت الجذور الرفيعة وبإعادة الري تحل محلها جذور نمت جديداً.

وفي أثناء مرحلة النمو الثالثة أى أثناء امتلاء الحبوب فإن معظم المواد الممتلئة تذهب إلى عملية إمتلاء الحبوب كما سبق القول، وحينئذ ربما يقل نمو الجذور ولقد أوضح (Bunch et al, 1978) أن كثافة طول الجذور (طول الجذر بالسنتيمتر لكل سنتيمتر مكعب من الأرض) يتراوح ما بين ٤ عند سطح الأرض إلى ٢ على عمق ٣٠-٢٥ سم إلى ١ عند عمق ٦٠-٦٥ سم وأقل من ١ أسفل ٨٥ سم.

الإستهلاك المائى

إن الإستهلاك المائى للذرة الرفيعة محصلة لعملية التبخير من سطح الأرض وعملية النتح التى يقوم بها النبات حينما يكتمل نمو مساحة الأوراق ليصبح مكون للماء الكافى المستهلك. وباستمرار نمو مساحة الأوراق يزداد نسبة الاستهلاك الفعلى للنبات مقارنة بجهد النتح بخر، وتحت ظروف البيئات النصف جافة فإن تدفق الحرارة من المساحات المحيطة بالنبات تعمل على الزيادة الكلية اليومية للنتح بخر متفوقة فى ذلك على جهد البخر. وتجدر الإشارة هنا إلى أن درجة حرارة أوراق الذرة الرفيعة

بالمناطق المروية جيدا تكون أقل من درجة حرارة الجو المحيط مما يؤدي إلى تدفق الحرارة أثناء عملية النتج من الجو إلى الأوراق وعلى الأخص في أوقات ما بعد الظهيرة (٤-٦ بعد الظهر) حيث تقل بسرعة الأشعة الساقطة بينما تصل درجة حرارة الجو أقصاها. ويستمر معدل استهلاك الماء مرتفعا بمرحلة امتلاء الحبوب مع ملاحظة انخفاضه في المراحل الأخيرة المواكبة لطور النضج العجيني الصلب، ويرجع ذلك إلى فقد جزء من الأوراق ونقص حجم الجذور لدخولها في مرحلة الشيخوخة، وبذلك لا يمكن للجذور مواكبة زيادة عملية النتج، بالإضافة إلى مقاومة الورقة الكبيرة في العمر لعملية انتقال الماء خلالها ونقص الجهد المائي حتى تحت ظروف توافر الماء (Ferreres et al, 1978). يمتص نبات الذرة الرفيعة الماء من الأعماق المختلفة وتمتص النباتات نحو ٨٠-٩٠% من مجموع الماء الممتص بقطاع الأرض العلوى لعمق ٩٠ سم (مرسى ونورالدين ١٩٧٧).

التحمل للجفاف

تتميز نباتات الذرة الرفيعة بقدرتها على تحمل الجفاف ويرجع ذلك لدخول النباتات في طور سكون بالتعرض للجفاف، وإمكانية استئناف النباتات لنشاطها بعد زوال الجفاف وزيادة عدد الجذور الثانوية وتعمقها واكتساب الأوراق طبقة سميكة من الشمع والتواء الأوراق عند الجفاف مما يؤدي إلى احتفاظ النباتات بمائها، وزيادة نسبة وزن الجذور إلى وزن الأوراق مما يؤدي إلى زيادة كمية الماء الممتص (مرسى ونورالدين ١٩٧٧) للذرة الرفيعة عن الذرة الشامية بقدرتها على الشفاء بعد الذبول بالمقارنة مع الذرة الشامية (Glover, 1958). ويؤدي تعرض نباتات الذرة الشامية لإجهاد جفافي إلى حدوث ضرر للثغور لا يشفى منه لفترة تمتد لنحو أسبوعين وهذا القدر من الإجهاد الجفافي الذي يحدث للثغور الذرة الشامية ليس له سوى تأثير طفيف على ثغور الذرة الرفيعة.

ويؤثر الإجهاد الجفافي أثناء فترة الإنبات وظهور البادرات لفترة تمتد نحو ١٠ أيام على عدد النباتات بوحدة المساحة، وأثناء تكوين البادرات والأشطاء والتي تمتد لفترة نحو ١٠ أيام على عدد الأشطاء بوحدة المساحة، وأثناء تكوين أصول الأزهار

والإزهار لفرته تمتد نحو ١٥ يوما على عدد الحبوب، وأثناء فترة امتلاء الحبوب لفترة تمتد نحو ١٥ يوما على أوزان وأحجام الحبوب وهكذا يلاحظ أن مجموع طول الفترات الحساسة للإجهاد الجفافى تبلغ ٥٠ يوما (مرسى ونور الدين ١٩٧٧).

ري الذرة الرفيعة

تكون رية الزراعة على البارد مع الغمر الكامل للأرض لضمان إكمال الإنبات (عبد الجواد وأبو شتيه ١٩٩٨). تروى النباتات رية المحياة بعد ١٥-١٨ يوما من الزراعة ويتوقف ذلك على ميعاد ومنطقة الزراعة ونوع الأرض وتروى النباتات بعد رية المحياة كل ١٠-١٢ يوما فى الزراعة الصيفى وكل ١٢-١٥ يوما فى الزراعة النيلية. ويوقف الري قبل الحصاد بحوالى ٢-٣ أسابيع للمساعدة على جفاف القناديل وعدم رقاد النباتات.

يبلغ المقنن المائى للذرة الرفيعة ٢٥٠٠، ٢١٥٠، ٤٥٠٠ م^٣ فى الزراعة الصيفية و ٢٣٠٠، ٢٩٢٠، ٤١٤٠ م^٣ فى الزراعة النيلية بالوجه البحرى ومصر الوسطى والعليا على الترتيب.

ويبلغ مقدار الماء اللازم لإنتاج كيلو جرام واحد من حبوب الذرة الرفيعة نحو ١٦٢٦، ١٨٠٤، ١٨٠٤ كيلو جرام من الماء فى الزراعة الصيفى فى الوجه البحرى ومصر الوسطى والعليا على الترتيب ونحو ٢٦٢٨ كيلو جرام من الماء فى الزراعة النيلية بمصر الوسطى (مرسى ونور الدين ١٩٧٧).

قائمة المراجع

- عبد الجواد ع. أ.، أبو شتيه ع. م. ١٩٩٨. إنتاج محاصيل الحقل، مكتبة الأنجلو المصرية الطبعة الأولى، القاهرة، مصر، ٣٨٦ صفحة.
- مرسى م. ع. ١٩٧٩. محاصيل الحبوب، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، مصر، ٤٠٣ صفحة.
- مرسى م. ع.، نور الدين نعمت ع. ١٩٧٧. رى محاصيل الحقل، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، مصر، ٢٢٢ صفحة.
- Blum A. , Arkin G.F. and Jordan W.R. 1977 a. Crop Sci. 17, 153- 157
- Blum A. Jordan W.R and Arkin G.F. 1977 b. Crop Sci. 17,468- 472
- Bunch G.J, Smith R.C.G. and Mason W.K.1978. Aust.J.Plant Physiol. 5,169-177.
- Caddel J.L. and Weibel D.E. 1971,Agron.J.,63,799-803
- Clegg M.D,Eastin J.D, Maranville J.W, and Sullivan C.Y. 1970. Ann.Rep. No. 4 Univ. of Neb. Lincoln, Neb. ,pp.101-105.
- Downes R.W. 1968. Aust.J.Agric. Res. 19,59-64.
- Eastin ,J.D. Hultquist J.H. and Sullivan C. Y. 1973. Crop Sci. 13,175-178.
- Eastin ,J.D 1972 in Ran N G P Rao and House I.R. ,Eds Sorghum in the seventies , Oxford and IBH Publ . New Delhi ,India,pp.214-296.
- Evans W.F. and Stickler F.C.,1961. Agron. J. 53,366-372.
- Evetts I.L. and Burnside D.C. 1973.Weed Sci. , 21,289-291.
- Fereres E. Acevedo D. Henderson D.W. and Hsiao T.C.1978. Physiol. Plant. 44,261-267.
- Glover J. 1958.J. Agric. Sci. 42, 187.
- Food and Agricultural Organization (FAO). Yearbook of Food and Agricultural Statistics 1977, Vol. 31
- Hackett C. 1973. Aust. J. Biol. Sci. 26,1211-1214.
- Hesketh J.D. Chase S.S. and Nanda D.K.1969. Crop Sci. 9,460 -463.
- Kaigama B.K. ,Teare I.D. Stone L.R. and Powers W.L. 1977. Crop Sci. 17 , 555-559.
- Martin J.H. 1930. J.Am. Soc. Agron. 22 ,993 & 1003.
- Mayaki W.C. ,Stone L.r. and Teare I.D. 1976. Agron. J. 68, 532- 534.
- McClure J.W. and Harvey C.1962. Agron.J. 54,457-459.

- Quinby J.R. Hesketh J.D. and Voight R.E. 1973. Crop Sci. 13,243-246.
- Saint-Clair P.M. 1976. Can. J. Plant Sci. , 56 ,2124.
- Teare I.D. Kanenmasu E.T. ,Powers W.L. and Jacobs H.S. 1973. Agron. J. 65,207-211.
- Zartman R.E. and Woyewodzie R.T.1979. Agron. J. 71,325-328.

الذرة الشامية

Maize
Zea mays L.

تزرع الذرة الشامية في أكثر من ١٢٠ مليون هكتار سنوياً، تعتبر الولايات المتحدة الأمريكية أكبر مناطق إنتاجها في العالم حيث تزرع حوالي ثلث المساحة المنزرعة في العالم، تزرع في مصر بحوالي ١,٧ مليون فدان بمتوسط ٢٠ أردب للفدان، يرتفع إلى ٢٤,٨ أردب (أردب الحبوب بعد التجفيف - ١٤٠ كجم) عام ٢٠٠٣. تتركز بالمناطق المعتدلة في نصف الكرة الغربي ما بين خط عرض ٥٨ درجة شمالاً عند كندا وحتى ٣٥-٤٠ درجة جنوباً عند أمريكا الجنوبية. كما تنمو عند ارتفاع يبلغ مستوى منخفض تحت سطح البحر إلى ارتفاع يبلغ ٤٠٠٠ متر فوق سطح البحر. كما تختلف النباتات كثيراً في الطول فتبلغ متر طويلاً وعدد أوراق ٨-٩ مع طول فترة حياة تبلغ ٥٠ يوماً إلى ٦ أمتار وعدد أوراق ٤٢-٤٤ مع طول فترة حياة تبلغ ٣٣٠ يوماً.

الإحتياجات المناخية

تنمو نباتات الذرة الشامية جيداً في المناطق الخالية من الصقيع لمدة ١٢٠ يوم ذات حرارة متجمعة تتراوح ما بين ٢١٠٠ - ٢٢٠٠ أو أكثر، ويمكن الحصول على أعلى محصول بالتعرض لدرجة حرارة معتدلة مع توافر الماء، وتعتبر درجة ٢٤-٣٢°م هي درجة الحرارة المثلى وكلما ارتفعت درجة الحرارة من ٢٧ إلى ٣٢ وتوافر الماء فإن الذرة الشامية تسرع من النمو، وعند ارتفاع درجة الحرارة عن ٣٢°م فإن نمو الجذور يزداد بصعوبة كما ويستهلك كميات كبيرة من المياه للحفاظ على إنتفاخ خلايا النبات لذلك فإنه ينقص الماء تعتبر درجة حرارة ٢٧°م هي الدرجة المثلى للنمو. وعلى عكس الاعتقاد السائد فإن محصول الذرة الشامية لا ينمو جيداً في الليالي الحارة الرطبة حيث يؤدي ذلك إلى زيادة معدل النتح مما يفقد النبات الكثير من الطاقة والمادة الجافة. وتعتبر كميات المياه عاملاً هاماً لإنتاج محصول مرتفع من الذرة الشامية، ففي الولايات المتحدة الأمريكية فإن زراعة الذرة الشامية بالمناطق الممطرة

تعطى أعلى محصول تحت معدل مطر يصل إلى ٦٠-١٠٠سم. يمكن القول أنه فى المناطق الجافة فإن إنتاج الذرة يقتصر على المناطق ذات معدل الأمطار الذى يبلغ ٣٨٠ مم أو أكثر (Marten et al, 1976).

تمتد فترة حياة الذرة الشامية بمصر نحو ٩٠-١٢٠ يوما ويتوقف ذلك على الصنف وميعاد الزراعة وخصوبة التربة وغير ذلك من العوامل. وتمتد زراعة الذرة الشامية من أقصى الجنوب إلى أقصى الشمال بالأراضى الخصبة الجيدة الصرف وبالأراضى الصفراء الطينية والسوداء الثقيلة ولا يزرع بالأراضى المالحة أو القلوية (مرسى ونور الدين ١٩٧٧).

ويمكن تقسيم طول فترة حياة الذرة الشامية إلى مرحلتين وهما مرحلة النمو الخضرى وتمتد نحو ٤٥-٥٥ يوما، ومرحلة النمو الزهرى والثمارى وتمتد نحو ٥٠-٦٠ يوما وتنقسم كل من المرحلتين إلى أطوار، فتقسم المرحلة الخضرية إلى طور الإنبات وطور التفريع القاعدى (مثل الذرة الشامية السكرية) وطور الإستطالة. وتنقسم المرحلة الزهرية والثرية إلى طور التهيئة للإزهار وتكوين النورات، وطور تفتح الأزهار والإخصاب وطور إمتلاء الحبوب إلى تحت أطوار هامة وهى الطور اللبنى والعجنى واللامع والنضج الكامل.

لقد أوضح هانواى ١٩٧١ (Hanway, 1971) مراحل نمو الذرة الشامية فى حزام الذرة بالولايات المتحدة الأمريكية كما هو موضح بجدول (٩-١) التالى:

جدول (٩-١): مراحل نمو محصول الذرة الشامية (Hanway, ١٩٧١)

مرحلة النمو	التوصيف	مرحلة النمو	التوصيف
صفر	الإنبات	٥.٠	ظهور الحريرة، إكمال ظهور النورة المنكرة، إنتثار حبوب اللقاح
٠.٥	تكمال ظهور عدد ٢ ورقة (الرقبة Collar)	٦.٠	طور بداية تكوين الحبوب وتكامل القلوة والأعلقة وحامل النورة
١.٠	تكمال ظهور عدد ٤ ورقة	٧.٠	الطور العجبنى وإمتلاء الحبوب بسرعة

تابع جدول (٩-١): مراحل نمو محصول الذرة الشامية (Hanway, ١٩٧١)

مرحلة النمو	التوصيف	مرحلة النمو	التوصيف
١,٥	تكمال ظهور ٦ ورقة	٨,٠	بداية الطور اللامع ونمو سريع للجنين
٢,٠	تكمال ظهور ٨ ورقة	٩,٠	جميع الحبوب بالطور اللامع
٢,٥	تكمال ظهور ١٠ ورقات	١٠,٠	التضج الفسيولوجي وأكبر تراكم للمادة الجافة
٣,٠	تكمال ظهور ١٢ ورقة		
٣,٥	تكمال ظهور ١٤ ورقة		
٤,٠	تكمال ظهور ١٦ ورقة وبسروز طرف لتورة المذكرة من المحيط		

ويزرع نبات الذرة الشامية في مصر في عروتين وهما الزراعة الصيفي والزراعة النيلي، وتزرع الزراعة الصيفي في أبريل ومايو وتتضج في أغسطس وسبتمبر وتزرع الزراعة النيلي في أكتوبر ونوفمبر وهكذا يواكب نمو نباتات الذرة الشامية في الزراعة الصيفي درجات حرارة وشدة إضاءة أخذين في الارتفاع وعلى العكس من هذا يواكب نمو نباتات الذرة الشامية في الزراعة النيلي درجات حرارة وشدة إضاءة أخذين في الانخفاض بتقدم النباتات في العمر.

نمو ووظيفة الجذور

يتميز نبات الذرة الشامية بالجذور اللبفية الكثيفة ونظرا لأن الذرة من المحاصيل السريعة النمو لذلك تتميز بقوة نمو الجذور وبالرغم من أن الجذور الأولى التي تنمو هي الجذور الجنينية Seminal إلا أن معظم كتلة الجذور تتكون من الجذور الثانوية (العرضية) والتي تتضمن الجذور التاجية Crown or Coronal والهوائية Brace or aerial.

ويختلف عدد الجذور الجنينية باختلاف الطرز أو تحت الأنواع فهي جذر واحد كثير التفرع في الذرة السكرية وأربعة جذور كثيرة التفرع بالطرز الأخرى، تظهر هذه

الجزور بالتتابع إذ يظهر الجذير أولاً مكوناً الجذر الابتدائي يعقبه زوج آخر من الجذور الجنينية الثانوية وتقوم بوظيفتها في إمتصاص الماء والعناصر الغذائية، وتقل أهميتها بظهور الجذور العرضية وتشكل الجذور العرضية المجموع الجذري الرئيسى للذرة الشامية وهى ليفية وتنمو فى محيطات لا يتجاوز عددها أربعة بالمحيط الواحد، تنمو الجذور العرضية المبكرة موازية لسطح الأرض ثم تنحى رأسياً بعد ذلك وتسمى بالجذور الجانبية، وتنمو الجذور العرضية فى الأطوار المتقدمة من حياة النبات رأسياً وتسمى الجذور الرأسية، وتشغل الجذور العرضية قطاع الأرض السطحي بمسك ٩٠ سم وقد تتعمق الجذور وتصل لعمق مترين من سطح الأرض وتسمى منطقة خروج الجذور بمنطقة التاج الجذري وتتميز الجذور العرضية بكثرة تفرعها، أما الجذور الهوائية فتتنمو فى محيطات على العقدة الثانية أو الثالثة أو العقد الأعلى من ذلك أحياناً فوق سطح الأرض والأجزاء الموجودة فوق سطح الأرض تكون سميكة غير متفرعة ولكنها تكون متفرعة فى الأرض. وتثبت الجذور الدعامية النبات فى الأرض وتحميه من الرقاد ويتركز المجموع الجذري الأساسى فى ٣٠-٦٠ سم السطحية من سطح الأرض. وتكون الجذور العرضية نظام الجذر الرئيسى. وتصل نسبة المادة الجافة للجذور فى النباتات المروية إلى ٦٤% فى القدم العلوى (٣٠ سم) و ٩٢% فى منطقة ٩٠ سم العليا على حين تصل تحت ظروف الزراعة الجافة (المطرية) إلى ٣٩% و ٧٠% فى الأعماق المذكورة على الترتيب (Mayaki et al, 1976). وهذا يعنى أن جذور نباتات الذرة الشامية تتخلل أعماق بعيدة من التربة تحت ظروف الزراعة الجافة بالمقارنة بالزراعة المروية وذلك حينما تكون كمية المياه أقل من الكمية المتلى. وهذا يعنى إمتلاك جذور النباتات قدرة ميكانيكية على تجنب الجفاف. ويلاحظ فى الأراضى العميقة الجيدة الصرف وجود علاقة خطية بين نقص محتوى الأرض من الرطوبة وكثافة الجذور ونعنى بها طول الجذر فى وحدة الحجم سم/سم^٣ (Grimes et al, 1975).

وهناك عوامل كثيرة تؤثر على نمو وكثافة جذور محصول الذرة الشامية يمكن ذكر أهمها وهى:

- ١- الإمداد المائى والمقاومة الفيزيائية للأرض: فى الأراضى التى تتميز بارتفاع مستوى الماء الأرضى حتى منطقة جذور الذرة الشامية فلا يكون للماء علاقة وثيقة بإنتاج الجذور الكثيفة كما هو الحال فى الأرض الجيدة الصرف. ويمكن القول أنه

مجرد وصول حافة منطقة شعيرات الجذر إلى الماء فإن معظم المياه تمتص بواسطة الجذور الموجودة بهذه المنطقة حتى إذا كانت تمثل جزءا يسيرا من المجموع الجذرى. وتؤثر مقاومة الأرض الفيزيائية على تخلل الجذور تأثيرا كبيرا على إنتشارها وتعمقها حيث عادة ما تتخلل جذور المحصول المسافات الموجودة فى فراغات الأرض وتؤثر أعداد وأحجام هذه المسام على قدرة الجذور على التخلل، حيث وجد أن جذور نبات الذرة عمر ٥ أسابيع غير قادرة على تخلل منطقة تحت الأرض المندمجة التى تصل كثافتها الظاهرية إلى ١,٥ جم/سم^٢ على الرغم من إمكانية نموه بغزارة عند كثافة ١,٢ جم/سم^٢ وينمو معتدل عند كثافة تتراوح ما بين ١,٣-١,٤ جم/سم^٢ وتؤثر المقاومة الفيزيائية على نمو الجذور الجانبية فى حالة ميكنة الزراعة لما تحدثه عجلات الجرارات من نمج الأرض فى منطقة بين الخطوط أو فى التأثير على عمق الجذور لاندماج الطبقات الأفقية ويمكن التغلب على ذلك بزيادة عمق الحرث.

٢- درجة حرارة الأرض: تلعب درجة حرارة الأرض دورا مهما فى التأثير على نمو الجذور حيث تقل المادة الجافة للسيقان والجذور فى مراحل النمو المختلفة بزيادة درجة حرارة الأرض وتبلغ درجة الحرارة المثلى لتراكم المادة الجافة فى بساتين الذرة الشامية ٢٠ م° (Beauchamp and Lathwell, 1967) حيث وجدت علاقة من الدرجة الأولى ما بين معدل إستطالة الجذور والسيقان من جهة وزيادة درجة الحرارة فى المدى من ١٠-٣٠ درجة مئوية من جهة أخرى (Blacklow, 1972)، وحينما تزداد درجة الحرارة عن ٣٢ م° يعقب ذلك نقص واضح فى كل من الجذور والسيقان وعند وصولها إلى ٤٠ م° فإن هذه الدرجة تصبح مميتة للبادرات، على حين أن تعرض النباتات لدرجة ٩ م° يؤدى إلى تقليل وقد يمنع إستطالة الجذر.

وتعمل رطوبة التربة على تحوير تأثير درجة الحرارة على نمو جذور النباتات والسيقان. وعند توافر الرطوبة بالأرض فإن إرتفاع درجة حرارة الأرض تؤدى إلى زيادة إستطالة الجذور، وفى حالة توافرها بكمية متوسطة لا يحدث تأثير على إستطالة الجذور بينما إذا قل محتوى الرطوبة بالأرض فإن إرتفاع درجة الحرارة يؤدى إلى زيادة وزن وإنتشار الجذور. وعادة ما تنخفض درجة حرارة الأرض

غير المحروثة عن الأرض المحروثة لتعرض الأخيرة لأشعة الشمس التي تؤدي إلى رفع درجة حرارتها.

٣- **التهوية والتسميد:** يلعب التسميد دوراً في نمو المجموع الجذري لنباتات الذرة الشامية واستخدام الماء، حيث أن الذرة المسمدة جيداً تستعمل الماء بكفاءة أكبر حيث تحصل على المياه بواسطة جذورها المتعمقة بالأرض لقدرة الجذر على استخلاص الماء من المسام الصغيرة والأغشية المائية المحيطة بحبيبات الأرض. إن الذرة المسمدة جيداً وعلى الأخص السماد الأزوتي ينتج جذور عميقة كثيفة في المراحل المبكرة من النمو (Linscott et al, 1962)، وحيث أن استخدام الماء له علاقة كبيرة بنمو الجذور فإن تغذية المحصول ذو تأثير إيجابي على كفاءة استعمال الماء وعلى الأخص تحت ظروف نقص الماء عن الحد الأمثل بالأرض.

نمو الجذور وعلاقتها بالمراحل الفسيولوجية

تظهر الجذور العرضية (الثانوية) في مرحلة ٤-٦ أوراق، بعدها تنمو سريعاً وتتخلل الأرض لتصل إلى ٤٥ سم في مرحلة ٨ أوراق. كما تنمو الجذور الهوائية من العقد السفلى للساق عند طرد النورة المذكورة تقريباً والتي تقوم بوظيفة دعامية بالإضافة إلى امتصاص الماء والعناصر الغذائية.

يمر نمو الجذور بسلسلة من المراحل المتداخلة والتي لها علاقة بنمو الأجزاء العليا من النبات. وكما سبق القول يحدث النمو المبكر للجذر لأسفل وفي اتجاه القطر بكثافة يليه نمو جانبي مكثف يكتمل قبل مرحلة طرد النورة المذكورة بحوالي ١-٢ أسبوع. تظهر الجذور الهوائية الدعامية قرب إكتمال نمو الجذور الجانبية (Forth, 1962)، ومن هنا يتضح أن معظم الجذور تنمو قبل مرحلة طرد النورة المذكورة لذلك فإن طول المدة من الزراعة إلى الطرد تؤثر على حجم المجموع الجذري. إن الأصناف المبكرة في طرد النورة المذكورة يكون حجم مجموعها الجذري أقل من حجم المجموع الجذري للأصناف المتأخرة وهذا قد يؤدي إلى نمو الأصناف المبكرة أفضل من المتأخرة تحت ظروف قلة المياه على حين أن الأصناف المتأخرة تتميز بنمو خضري كبير يستهلك كمية كبيرة من المياه، ومن هنا فإن الأصناف المتأخرة تعطى محصولاً كبيراً إذا

تعرضت لفترة قصيرة من الجفاف حيث تستطيع مواجهة هذه الفترة بمجموعها الجذرى الكبير، على حين أن الأصناف المبكرة تعطى محصولاً أكبر من الأصناف المتأخرة عند تعرضها لفترة طويلة من الجفاف لعدم إمتصاصها قدراً كبيراً من الماء فى فترة قصيرة.

وتوضح الدراسات أن حجم جذور الذرة يزيد سريعاً حتى طرد النورة المذكورة ثم يبدأ فى التناقص أثناء إمتلاء الحبوب (Mengel and Barber, 1974) ويكون ذلك محصلة للنمو السريع فى مراحل النمو الأولى مع قلة فى أعداد الجذور التى تموت ويؤدى ذلك إلى زيادة حجم المجموع الجذرى زيادة أسية وعند وصول النباتات إلى مرحلة الإزهار يبدأ موت الجذور بنفس معدل إنتاج الجذور الجديدة مما يعمل على ثبات حجم الجذر. ويتقدم النباتات فى العمر فإن أعداد الجذور التى تموت يتفوق على أعداد الجذور المنتجة وبذلك يقل حجم المجموع الجذرى بعد طرد النورة المذكورة.

المادة الجافة بالنبات

تتراكم المادة الجافة نتيجة لما ينتج من عملية التمثيل الضوئى وما يستهلك فى عملية التنفس، لذلك فإن أى مؤثر يؤدى إلى زيادة عملية التمثيل الضوئى ونقص عملية التنفس يعمل بالضرورة على زيادة كمية المحصول، وعملها فإنه من السهل التحكم فى العوامل التى تؤثر على عملية التمثيل الضوئى مثل خصوبة الأرض، مساحة الورقة، زاوية الورقة، الإمداد الماءى وتربية الأصناف، على حين أن عوامل قليلة هى التى يمكن التحكم فيها فى عملية التنفس.

وتعتبر نباتات الذرة الشامية من المحاصيل ذات الكفاءة المرتفعة من حيث مقدار ما يثبت من ثالى أكسيد الكربون بواسطة وحدة المساحة من الورقة. تنتج الأوراق أولاً على النبات يليها أغصان الورقة، السيقان، الأغلفة، الكيزان وأخيراً الحبوب. وفى المرحلة الثالثة من النمو فإن أعداد الأوراق التى تتعرض لأشعة الشمس تكون كافية لاستمرار تراكم المادة الجافة بمعدل يومى ثابت حتى قرب النضج، وتنتج كل المادة الجافة للأوراق مبكراً وتصل قممها فى السيقان قبل الإزهار مباشرة على حين يكون تجمع المادة الجافة فى الحبوب سريع للغاية وتعزى إليه كل الزيادة فيها بعد

طرد النورة المذكورة، وفي الابلقة فإن ٤٥% من إجمالى الماة الابلقة المنأج من أأضاء النبات الموءوءة أعلى الأرض تنقل إلى الابلوب لتؤكء كفاءة المصأ فى إسأعاب الماة الابلقة لئاءاء عمللة الأماأل الضوئى وابلرها من المواء. وائأاقص معدل عمللة الأماأل الضوئى باأأم أوراق النبات فى العمر ولما كانت الأوراق الأكبر عمرا تقع فى الابلء السفلى من الساق لذلك فإن هناك فرق كببر فى معدل عمللة الأماأل الضوئى من الأوراق المنفرءة الناجم من الإأألاف فى أعمار الأوراق وائأالل بعضها البعض، وابلون هذا الفرق أقل ألمان تكون النباتاء صألرة وقبل أن بام ألق المأموع الابللرى، كما وابلون كببر بأرب النباتاء من النضأ.

إن معدل عمللة الأماأل الضوئى فى المأموع الابللرى (أأأ ظروف الإضاءاة الابلءة) وابلون مأمولة مساة الورقة وعمر النبات أأأ باأاء باأاءة مساة الأوراق إلى أن بالق المأموع الابللرى (عاة ما وابلون قبل طرد النورة المذكورة مبالشرة) لأصل إلى أمانه وقت طرد النورة المؤنأة أأأأ أو فى المأرلة المبكرة من إمالء الابلوب أأ باأا فى الأأاقص باسأمرار باأاءة عمر الأوراق أأعا لمعائلة من الابلرلة الأولى باأاءة أأاء النباتاء فى المءى من ٣٤-٦٩ ألف نبات/ هأأار (٢٢-٢٦ ألف نبات/ أأان) أأ أأاقص باسأمرار البأاءة عن هذا المءى.

وآعأأر ٢,٦ أألل مساة الأوراق الأء الأمأل لإأأاأ الابلوب فى هأن الأرة الشاملة باأما باعأر ٢ الأء الأمأل لإأأاأ الابلوب فى السلاال (Major et al., 1972) وأأأ ظروف أألل مساة الأوراق الأمأل فإن ٩٠% من الأشعة الضوئلة الساقطة بام إأراضها بواسأة المأمول. إن كملة الماة الابلقة المأأأة أأأ ظروف أألل مساة أوراق أأأ باأ ٣,٣ بواسأة الأوراق الموءوءة فى أمة ووسط وأسفل النبات باأأ ١:٢١:٤ وابلزى إأأاقص المعدل فى الأوراق السفلى أأأ مأسوى أألل مساة الأوراق المأأأ إلى أأالل الأوراق لأعضها وابلأأها فى العمر كما أأ باأأ الإأأاف فى المنطقة الوسطى إلى أأارب الابلوب مما يؤءى إلى كبر أأم وعاء المصأ الذى باسأوعب ناأأاأ عمللة الأماأل الضوئى. وفى إأأى الأراساء وأأ أن أأأى الهأن واصلأ إلى أقصى أأاأم للماة الابلقة باء ٥٤-٥٧ يوم من عمللة الأأأأ باءما

وصلت ٧٥% من النباتات لمرحلة النورة المؤنثة، وعند وصول حبوب الذرة إلى أقصى تراكم للمادة الجافة فإن محتوى الرطوبة بها يتراوح ما بين ٢٨-٣٨%.

الإجهاد الجفافى

تتأثر نباتات الذرة الشامية بالإجهاد الجفافى فى فترات معينة من حياتها عن البعض الآخر حيث يؤثر الإجهاد الجفافى أثناء فترة الإنبات وظهور البادرات (تمتد حوالى ١٠ أيام) على عدد النباتات، وأثناء تكوين البادرات (تمتد نحو ١٥ يوما) على قوة نمو النباتات، وأثناء الإزهار (تمتد نحو ١٥ يوما) على عدد الحبوب الممتلئة وأثناء إمتلاء الحبوب (تمتد نحو ١٥ يوما) على حجم ووزن الحبوب وتعتبر الفترة من طرد النورة المذكرة إلى الطور العجىنى أهم فترة حرجة من حيث تأثير الإجهاد المائى على كمية محصول الذرة الشامية وهكذا يبلغ مجموع طول الفترات التى يكون فيها نبات الذرة الشامية حساسا للإجهاد المائى نحو ٥٥ يوما أى نحو نصف عمر النبات ويمكن القول أن نبات الذرة الشامية يتحمل الإجهاد الجفافى فى الفترة الخضرية من حياة.

وبالرغم من أن عمق جذور الذرة الشامية يتأثر بالصفات الوراثية إلا أنه هناك علاقة وثيقة بين إستطالة الجذور ومحتوى الأرض من الرطوبة حيث تزداد إستطالة الجذور بنقص التوتر الرطوبى، ليس هذا فحسب بل أيضا بزيادة محتوى الرطوبة عند نفس درجة التوتر وهذا يعنى أن قوام الأرض يلعب دورا هاما فى التأثير على نمو الجذور حيث يؤثر على قدرتها على حفظ الماء. ومن المعروف أن الجذور المتعمقة فى الأرض تكون أقل كفاءة فى إمتصاص الماء عن الجذور السطحية إلا أنه فى العديد من الأحوال يحدث العكس حيث تكون أصغر عمرا وتوجد فى منطقة مبللة وأقل تزاحم من الجذور القريبة من السطح وهذا يوضح لماذا ينقص الوزن الكلى للجذور بعد الإزهار فى الوقت الذى يظل إستعمال الماء كبير.

أما بالنسبة لعلاقة الذرة الشامية فى مرحلة النمو الخضرى بالماء فيمكن القول أن فقد الماء يكون كبيرا فى المراحل المبكرة من حياة الذرة الشامية حيث إرتفاع عملية البخر من سطح الأرض لقلة الغطاء النباتى وقلة دليل مساحة الأوراق، ويتقدم النباتات

في العمر فإن نمو النباتات ربما يؤدي إلى نقص عملية النتح بخر حيث تصبح الأرض جافة مما يعمل على قلة معدل التبخير وباستمرار التغير الحادث في نمو المجموع الخضري أثناء موسم النمو يحدث تغيير في عملية النتح بخر الكلية في الحقل مما يؤدي إلى سيادة عمليات البخر نتح على عملية البخر ولما كان إستخدام وعاء البخر نتح كأساس لحساب قيمة الجهد المائي فإن متوسط قيمة الماء المستهلك يبلغ ٣٥% في المراحل الأولى من النمو ثم تصل إلى ٨٠% بعد طرد النورة المؤنثة مباشرة ثم تعود لتتقص باقتراب النباتات من النضج.

يختلف الإستهلاك المائي للذرة الشامية كثيرا باختلاف مراحل النمو حيث يتأثر معنويا بعوامل المناخ فيبلغ الضعف في الجو الحار المشمس مقارنا بالجو البارد ذو السحب. ولقد وجد (Shaw 1963) أن إستهلاك النبات الواحد من الماء يبلغ ٢٥ سم وحوالي ١ سم في اليوم في مراحل النمو المبكرة ووقت طرد النورة المؤنثة على الترتيب.

يتأثر نمو المجموع الخضري بدرجة حرارة الأرض التي بدورها تؤثر على مقدرة الجذور على امتصاص الماء لتأثيرها غير المباشر على عملية البناء. وعندما تقل درجة حرارة الأرض عن درجة ٢٨ م° ينقص طول الورقة نتيجة لتحديد كمية المياه الممتصة بواسطة الجذور. وعندما يصل الجهد المائي للنبات إلى -٩ ضغط جوي فإن إستطالة الورقة تتوقف لنقص ضغط إنتفاخها على الرغم من عدم تأثر نتح النبات وناتج عملية التمثيل الضوئي إلى أن يصل إلى -١٢ أو -١٣ ضغط جوي (Barlow etal. 1977) حينئذ يبدأ تأثر كل من النتح والتمثيل الضوئي. وبحسب النتح في الذرة الشامية بنسبة ما يفقد أثناء فترة الإستهلاك المائي الأعظم. وأثبتت الدراسات أنها تحتل ٥٠-٧٠% من كمية الماء المفقود أثناء أقصى إستعمال وحيث أن يمر الماء في النبات يسلك مسلك هيدرو ليكي مستمر فإن أي تغير في الجهد المائي للجذور يعكس تغييرا مماثلا للجهد المائي للورقة مما يؤدي إلى التأثير على مقاومة الثغور للإنتشار وبالتالي يؤثر على معدل النتح.

ويبدو أن حساسية معدل إستطالة الأوراق للإجهاد الرطوبي المعتدل يعتبر عاملا مهم لتحديد النمو حيث وجد أن نقص الجهد المائي للأرض من -٠,٣٥ إلى -٢,٥ بار

أدى إلى نقص معدل إستطالة الورقة بنسبة ٤٤% وزيادة تركيز الكربوهيدرات الذاتية بنسبة ٤٢% فى نفس الوقت الذى نقصت فيه الكمية الكلية للمادة الجافة المتراكمة بنسبة ٢٦% والنتح بنسبة ٢٤%. وأثناء تعرض النباتات للإجهاد الجفافى المعتدل فإن النباتات تحافظ على إتزان موجب جزئيا لثانى أكسيد الكربون بالأوراق فى صورة إمداد وفير من الكربوهيدرات الذاتية للحفاظ على عمليات البناء.

يتأثر عدد ووزن الحبوب بالإجهاد الجفافى كثيرا فى المرحلة الزهرية والثمارية، فيحدد عدد الحبوب الفعالة فى طور التهيئة للإزهار وتكوين النورات وإذا تعرضت النباتات لإجهاد جفافى شديد أو لفترة طويلة أثناء تفتح الأزهار تكون النتيجة نقص الإخصاب وعقد الحبوب. ويرجع نقص الإخصاب إلى جفاف حبوب اللقاح وإلى إعاقة إنبات حبوب اللقاح أو نمو أنبوبة اللقاح من الميسم إلى البويضات. يتأثر إمتلاء الحبوب بالظروف التى تتعرض لها النباتات قبل الإزهار وبعده وتعرض النباتات لإجهاد الجفاف بعد الإزهار أكثر تأثيرا على إمتلاء الحبوب بالمقارنة مع التعرض له قبل الإزهار.

الرطوبة الزائدة

نبات الذرة الشامية حساس للرطوبة الزائدة بالأرض ويرجع ذلك أساسا إلى ما يعانيه النبات من نقص محتوى الأكسجين بالأرض. ويختلف مقدار تأثير زيادة الرطوبة باختلاف الفترة التى يتعرض لها النبات ومن أهم فترات حياة النبات حساسية للرطوبة الزائدة هى طور البادرة وطور النمو الخضرى الذى يبلغ فيه النبات إرتفاع ٥٠ سم. تؤدي الرطوبة الزائدة فى طور تكوين البادرة إلى نقص عدد النباتات بوحدة المساحة وضعف النمو ويرجع هذا الضرر إلى وجود القمة النامية للنبات تحت سطح الأرض لفترة تمتد نحو ٣-٤ أسابيع من الزراعة ويؤدى تعرض النباتات لرطوبة زائدة فى طور إرتفاع نحو ٥٠ سم لمدة تمتد من ٣-٦ أيام إلى نقص كمية المحصول بمقدار يتراوح من ٣٠-٥٠% ومن جهة أخرى إذا تعرضت النباتات للرطوبة الزائدة فى طور الإزهار أدى إلى إنخفاض قليل فى كمية المحصول. ويتضح مما سبق أن الفترات الحساسة من حياة نبات الذرة الشامية للرطوبة الزائدة ليست هى الفترات الحساسة لنقص الرطوبة.

تنظيم فقد الماء

إن ماء الأرض هام لاستمرار عملية إنتفاخ الخلايا ولمقابلة إحتياجات عملية النتح والإستخدامات التى تحتاج إليها الخلية. ومن الصعب الفصل بين ما يحدث للنبات حين تعرضه لدرجة الحرارة المرتفعة التى تكون مصحوبة بالإجهاد الجفافى عن ما يحدث للنبات حين التعرض للحرارة المنخفضة التى تؤدى إلى نقص عملية التبخير الناشئ من إنغلاق الثغور.

عندما تتعرض النباتات الصغيرة لنقص الماء تغلق الثغور وتلتف الأوراق ويصبح شكلها ردى وتلتف الأوراق نتيجة لنقص إنتفاخ الخلايا اللاحقة bulli form cells المنتشرة على طول العرق الوسطى لتصل الورقة ويحدث ذلك حينما يقترب الجهد المائى للورقة من -١٥ بار وعادة ما تصاب أوراق الذرة الشامية بالذبول في ظروف الجفاف، وفي جميع الأعمار وقت الظهيرة وتعود للإنتفاخ فى الليل وباستمرار التعرض للجفاف يحدث الذبول مبكرا عن وقت الظهيرة إلى أن تصبح الأوراق ذابلة طول اليوم، وباقتراب محتوى الرطوبة بالأرض لمعامل الذبول تفقد النباتات قدرتها على الشفاء أثناء الليل.

وعند تعرض نباتات الذرة الشامية إلى الجفاف فترة تتراوح ما بين ٣-٤ أيام فإن الثغور تعود لطبيعتها بعد ١-٢ يوم من فترة الإستشفاء، ولكن حين التعرض للجفاف الشديد ولفترة تمتد إلى أسبوع أو أكثر فإن ذلك يؤدى إلى تغييرات واضحة فى سلوك الثغور ولا يبدو أن لها القدرة على فتح الثغور بالكامل من جديد وهذا يعنى حدوث تلف شديد للثغور بتعرضها للجفاف لفترة طويلة مما يؤدى إلى نقص فى المحصول رغما عن إمداد النبات بالماء الكاف بعد التعرض للجفاف (Glover, 1950).

تزداد كثافة الثغور على السطح السفلى (٩٢٩.١٠٨٠٠) كما ذكر Miller (1938) عن السطح العلوى (٧٠٣٧.٩٨٠٠) (Meidner and Mansfield (1968) كما تختلف كثافتها باختلاف موقعها على اتصال الأوراق حيث تقل بالقرب من الغمد وتزداد بالإتجاه لطرف النصل (Miller (1938).

وتحت ظروف توافر المياه فإن ثغور السطح السفلى تظهر مقاومة أقل للإنتشار عن ثغور السطح العلوى (تعنى إنخفاض مقاومة الثغور للإنتشار زيادة الماء المفقود فى عملية النتح على حين يحدث العكس بزيادة مقاومة الثغور للإنتشار) وبنقص الجهد المائى تزداد المقاومة بسرعة أكبر من السطح العلوى وباقترابه من -١٥ بار فإن مقاومة السطحين تكون متماثلة تقريبا وعند إعادة الرى فإن مقاومة كلا الجانبين تنقص بسرعة ولكن يكتسب السطح السفلى مرة أخرى المقاومة المنخفضة بمجرد وصول الخلايا إلى حالة الإنتفاخ الكلى.

وفى حالة سطوع الشمس فإن النباتات المروية جيدا تتميز بفتح ثغور السطح السفلى بمعدل أكبر من العلوى لتصل إلى ثلثى إنفتاح عندما تبدأ ثغور السطح العلوى فى الإنفتاح (Domes and Bertsch, 1969).

ولا يتأثر معدل التمثيل الضوئى عندما يتغير الجهد المائى للورقة من صفر إلى - ٣,٥ بار (Boyer, 1970). وعندما يبلغ الجهد المائى - ٣,٥ إلى - ١٠ بار تكون هناك علاقة مباشرة بين معدل التمثيل ومقاومة الثغور. وتبدأ العوامل الأخرى فى التأثير بدرجة صغيرة على التمثيل الضوئى عند التعرض إلى أقل من - ١٠ بار (Boyer, 1970)، وعموما تحدث تغييرات سريعة فى مقاومة الثغور عندما يصل الجهد المائى للورقة من - ١٠ إلى - ١٢ بار بغض النظر عن شدة الضوء (Beadle et al. 1973).

تتحدد مقاومة الثغور للإنتشار فى أى وقت من النهار بكمية الإشعاع الساقط على الورقة، درجة شيخوخة الورقة والجهد المائى لها. وعلى ذلك يكون أى تغيير ولو طفيف فى محتوى الماء بالخلايا المنفخة ذو علاقة بالتغيرات الكبيرة نسبيا فى الجهد المائى للورقة. إن الجهد المائى والجهد الأسموزى وجهد إنتفاخ الورقة يصل إلى أقصى إرتفاع عند شروق الشمس بعدها ينقص ليصل إلى حده الأدنى قرب منتصف النهار ليعود للزيادة مرة أخرى بعد الظهر وفى نفس الوقت تزداد مقاومة الثغور من شروق الشمس حتى منتصف النهار ثم تقل بعد الظهر، وذلك يحدث فى كل من النباتات المجهددة وغير المجهددة مائيا ويكون الخلاف فى حجم ودرجة التغيير وهذا يعكس تأثير تغيير الطاقة وتدفقها بالحقل على مقاومة الثغور التى بدورها تؤثر على معدل النتح. ومن أجل مقاومة كل من الماء المتدفق إلى النبات والأرض فإن النباتات

لا تستطيع إمتصاص الماء بسرعة كافية ليحل محل ما يفقد فى عملية النتح تحت ظروف النتح المرتفع، وفى هذه الحالة فإن تدرج الجهد سيؤدى إلى زيادة الإلتزان بين متطلبات البيئة ومعدل سحب الماء من الأرض والتي يتم التحكم فيها بواسطة المجموع الجذرى للنبات.

إن الأوراق الصغيرة السريعة التمدد لنباتات الذرة الشامية تعتبر المصبب الأعظم لعملية التمثيل الضوئى (Barlow et al, 1977)، ونظراً لأن عملية إستطالة الورقة تتأثر بشدة بالجهد المائى عند - ٧ إلى - ٩ بار فإن معدل عملية التمثيل الضوئى لا تتأثر بشدة قيل أن ينقص الجهد المائى للورقة إلى حوالى - ١٢ بار (Boyer, 1970).

التغيرات الفسيوكيماوية

بتعرض نبات الذرة الشامية إلى نقص الماء ينقص محتوى أوراق النباتات المعرضة للإجهاد الجفافى من أدينوسين ثلاثى الفوسفات وقد يرجع ذلك إلى نقص فى التنفس أو/و عدم إتحاد الأكسجين فى عملية الفسفرة وقد يعزى إلى زيادة إستخدام الأدينوسين ثلاثى الفوسفات، ويقال أن العامل المحدد ليس تمثيله وإنما نشاطه.

وينقص نشاط إختزال النترات بأوراق الذرة الشامية تحت الإجهاد الناجم من كل من الحرارة والجفاف (Amos and Scholl, 1977) وكذلك محتوى البولي ريبوسوم (Marilla et al, 1973) مع زيادة فى محتوى حمض الأبسيسيك (Beardsell and Cohen, 1975) كما تحدث تغييرات فى تركيز البرولين.

رى محصول الذرة الشامية

يمكن لنبات الذرة الشامية أن يمتص ٨٠% من الماء القابل للإستفادة قبل أن يبدأ تنظيم عملية النتح بواسطة الثغور. لذلك فإن معظم برامج الرى تصبح بالرى بعد إستفاد ٥٠% من الماء القابل للإستفادة حيث يعمل على الوصول إلى أعلى كفاءة للرى بالإضافة للإمداد بكمية من الماء تغطى الفترة التى تحتاج فيها النباتات لكمية مرتفعة من الماء.

وتعتبر الفترة الحرجة للماء هي الفترة المواكبة لطرْد النورة المؤنثة أو بعد ذلك بقليل. حيث أوضح كثير من الباحثين أن نقص الماء في فترة طرد النورة المذكورة والمؤنثة تؤدي إلى نقص كبير في كمية المحصول، حيث أن تعرض النباتات للإجهاد الجفافى قبل طرد النورة المؤنثة أو أثناءها أو بعدها يؤدي إلى نقص في المحصول يبلغ ٢٥ أو ٥٠ أو ٢١% على الترتيب، كما أن طول فترة التعرض للإجهاد الجفافى هامة أيضا حيث أن نقص الماء بالأرض إلى حد الذبول لمدة ٢ يوم أثناء طرد النورة المذكورة أو فترة التلقيح تؤدي إلى نقص المحصول بمقدار ٢٢% على حين يصل النقص إلى ٥٠% بالتعرض إلى فترة تتراوح ما بين ٦-٨ أيام.

رغما عن أن الذرة الشامية من المحاصيل التي تحتاج نسبيا إلى كمية كبيرة من المياه إلا أنها من أكفأ المحاصيل في إنتاج المادة الجافة بواسطة الماء حيث تحتاج الذرة الشامية إلى ٣٧٢ وحدة وزنية من الماء لإنتاج وحدة وزنية من المادة الجافة مقارنة بحوالي ٢٧١، ٥٠٥، ٥٦٢، ٨٥٨ لكل من الذرة الرفيعة، القمح، القطن، البرسيم الحجازى على الترتيب (Martin et al, 1976). وتتوقف كفاءة استخدام الماء بواسطة الذرة الشامية على ما يأتى:

- تزداد كفاءة استخدام الماء بزيادة كمية المحصول.
- تؤدي أعداد النباتات إلى نقص كفاءة استخدام الماء أثناء الموسم الذى يتعرض لنقص الماء.
- تكون السلالات المبكرة في النضج أكثر كفاءة في استخدام الماء لإنتاج الحبوب على حين يستخدم الماء في السلالات المتأخرة النضج بكفاءة أعلى لإنتاج العلف الأخضر.

إلا أنه يمكن القول أن كفاءة استعمال الماء لا تعطى الصورة الكلية حيث أن السلالات المتأخرة النضج عادة ما تنتج محصول حبوب أكبر من المبكرة رغما عن انخفاض كفاءتها في استعمال الماء. وتحت الظروف الأقل من المثلى فإن الذرة الشامية تستخدم جميع المتاح من الماء القابل للإستفادة وعندئذ تكون كفاءة استخدام الماء ذات علاقة وطيدة بكمية المحصول لكن إذا حدث إجهاد جفافى عند الإزهار فإن المحصول يقل كثيرا ولايصبح ذو علاقة بكفاءة استخدام الماء. إن إمداد الأرض

المستمر بالماء حينما يحتاج النبات تعمل بلا شك على زيادة كمية المحصول. وعلى ذلك فإن الري الذى يؤدي إلى تشبع الأرض إلى عمق لا يقل عن ٢ قدم يكون ذو تأثير فعال في الإنتاج مقارنة بالعديد من مرات الري الخفيف (إلا في حالة الأرض الطينية والرملية). ووجد تحت ظروف الأرض الرملية أن المحصول وكذا كفاءة استعمال الماء تكون مرتفعة حينما يضاف الماء خفيفا بواسطة الري بالرش لعمق ٣.١م في الري الواحدة حينما يحتاج المحصول، ويمكن زيادة كمية المحصول وكفاءة استخدام الماء بإضافة الأسمدة خلال نظام الري بالرش بكميات قليلة على طول موسم النمو على حين أنه في الأرض الطينية يلزم إضافة ١.٣ سم من الماء عند الحاجة للمساعدة في الحفاظ على تهوية الأرض، تزداد إلى ٢.٥ سم أثناء طرد النورة المذكورة ومرحلة إمتلاء الحبوب. تروى النباتات كل حوالي ٣ أسابيع بدءا من قبل طرد النورة المذكورة مباشرة وحتى طرد النورة المؤنثة وبالرغم من أنه يمكن الحصول على أعلى محصول بالري الغزير أثناء موسم النمو إلا أن ذلك لا يؤدي إلى الحصول على أعلى محصول أكبر من النباتات التي تروى جزئيا أثناء فترات الإزهار الحرجة.

تحتاج نباتات الذرة الشامية إلى ٥-٨ ريات أثناء فصل النمو ويتوقف ذلك على الصنف ومنطقة الزراعة والظروف الجوية والظروف الأرضية وغير ذلك، تروى النباتات رية المحاياء بعد أسبوعين إلى ثلاثة أسابيع بالمناطق المختلفة من مصر. وخبر نظام للري هو ما يضمن توافر الماء بالأرض في المدى بين ٧٥-١٠٠% من الماء الميسر بالقطاع العلوى من سطح الأرض لعمق ٣٠ سم، وتختلف كمية الماء اللازم إضافتها في الري الواحدة أثناء حياة النبات. وعموما ينبغي أن يكون الري خفيفا في الريات الثلاث الأولى لعدم تعمق الجذور كثيرا بالأرض أثناء هذه المرحلة. وينبغي مراعاة مايلي عند رواء الذرة الشامية:

- ١- الإعتناء بالري ولاسيما في الفترات الأولى لحساسية النباتات للعطش والتأثر بالري الغزير.
- ٢- تجنب الري أثناء هبوب الرياح خوفا من الرقاد.
- ٣- تجنب الري عند ابتداء تكوين الكيزان إلى أن يبتعد الطرف العلوى للكوز عن الساق حتى يتم التلقيح.

- ٤- تجنب تعرض النباتات للعطش ولا سيما أثناء فترة تكوين النورات وتفتح وإخصاب الأزهار.
- ٥- تجنب زيادة عدد الريات عما ينبغي وتجنب تأخير الري.
- ٦- الإهتمام بتقليل الماء الفائض.

ويبلغ مقدار المقنن المائي للذرة الشامية أثناء حياة النبات ٢٥٠٠، ٣١٥٠، ٤٥٠٠م^٢ في الزراعة الصيفية ٢٣٠٠، ٢٩٢٠، ٤١٤٠م^٢ في الزراعة النيلية بالوجه البحرى ومصر الوسطى ومصر العليا على الترتيب.

قائمة المراجع

- مرسى م. ع.، نورالدين نعمت ع. ١٩٧٧. رى محاصيل الحقل، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، مصر، ٣٣٢ صفحة.
- Amos J.A. and Scholl R.L. 1977. Crop Sci. 17, 445.
- Barlow F.W.R., Boersma L. and Young J.L. 1977. Agron. J. 69, 95.
- Beadle C.L., Stevenson K. R. , Neumann H.H. Thurtell G. W. and King K. M. 1973. Can. J. Plant Sci. ,53,537.
- Beardsell M.F. and Cohen D. 1975. Plant Physiol. 56,207.
- Beauchamp E. G. and Lathwell P. J. 1967. Agron. J. 59,189ff
- Blacklow W.M. 1972 Crop Sci. 12,647
- Boyer J.S. 1970. Plant Physiol. 46,223.
- Domes W. and Bertsch A. 1969. Planta,86,84.
- Forth H.D. 1962. Agron. J. 54 ,49.
- Glover J. 1950. J. Agric. Sci. 53,412.
- Grimes D.W. Miller R. J and Wiley P.L. 1975. Agron. J. 67,519.
- Hanway J.J. 1971. Special Reports No. 48, Iowa State Univ. Coop. Ext. Ser. Ames.
- Linscott, D.L., Fox R. L. and Lipps R.C. 1962. Agron. J. 54, 185.
- Major D.J., Hunter R.B. Kammenberg L.W. , Daynard T.B. and Tanner J.W. 1972. Can. J. Plant Sci. 52,315.
- Marilla C.A. , Boyer J.S. and Hageman R.H. 1973. Plant Physiol. 51 ,817.
- Martin J.H., Leonard W.H. and Stamp D.C. 1976. Principles of Field Crops Production , 3rd ed. , MacMillan , New York
- Mayaki W.C., Stone L.R. and Tearey I.D. 1976. Agron. J. 68, 532.
- Meidner H. and Mansfield T.A. 1968. Physiology of Stomata, Mc Graw- Hill, New York
- Mengel D.B. and Barber S.A. 1974. Agron. J. 66,341.
- Miller E.C. 1938. Plant Physiology. ,2nd ed. ,Mc Graw Hill, New York
- Shaw R.H. 1963 Res. Bull. 520 ,Iowa Agric. And Home Econ. Exp. Sta. Ames

الأرز Rice Oryza sativa L.

يعتمد نصف سكان العالم تقريباً على التغذية على محصول الأرز حيث يعتبر الغذاء الرئيسي للسكان (Marten and Leonard, 1970 and Huke, 1976). إن أغلب مناطق إمداد العالم من الأرز تنتج وتستهلك أساساً في الصين والهند واليابان وإندونيسيا والفلبين. أما في الولايات المتحدة الأمريكية فينتج الأرز في ولايات أركانسوس وكاليفورنيا والميسيسيبي وتكساس ورغم أن إنتاجها لحوالي ١% من المنتج بالعالم إلا أن حصتها في التجارة العالمية لا تقل عن خمس الأرز المطحون (Ellerson, 1972) وبالإضافة لأهميته الغذائية إلا أنه يعتبر نبات ذو علاقة فريدة بالماء بين المحاصيل الحقلية. حيث تنمو النباتات في وسط مائي يؤدي إلى نقص الأكسجين بها ولذلك تتميز جذورها باحتواءها على مسافات بينية أو خلايا برانشيمية بالجذر متصلة بالخلايا البرانشيمية للساق والأوراق مما يعمل على إنتشار الأكسجين إلى جذور الأرز (Mitsui, 1964). هذه الموائمة تجعل الأرز قادراً على النمو في الوسط المائي بالأراضي المنخفضة والوسط غير المائي بالأراضي المرتفعة (الأبلند). ويمكن القول أن أرز المناطق المنخفضة ينتج محصول مرتفع ويحتاج أرض غير منفذة أو الأرض الموجودة على جسر المسطحات المائية للحفاظ على عمق ٥-٢٠ سم من الماء أما أرز الأراضي المرتفعة فينمو في أرض جيدة التهوية تعتمد كلية على كمية مياه موزعة جيداً حسباً لاحتياج مراحل نموه المختلفة.

المناخ

ينمو محصول الأرز في نطاق درجة حرارة يتراوح ما بين ١٧-٢٢ م°، ولقد وجد (McDonald et al 1974) أن الدرجة المثلى لصافي عملية التمثيل الضوئي هي ٣٠ م° لعشرة أصناف تم جمعها ودرستها من حول العالم. إن تأثيرات درجات الحرارة الأكثر والأقل من الدرجة المثلى يختلف تأثيرها على إنتاجية الأرز باختلاف الأصناف وأعضاء النبات.

إن سقوط الأمطار يعتبر من العوامل المناخية ذات الأهمية حيث يؤثر على عدم قدرة الأصناف على الموائمة فعند بداية هبوب رياح المنوسوم يتحدد ميعاد الزراعة في كثير من الأحوال، كما أن توزيع الأمطار الموسمي له تأثير كبير على إستفادة النمو والتطور لنبات الأرز من الماء القليل للإستفادة.

وعندما تكون درجة الحرارة والمياه عوامل غير محددة، يلعب الإشعاع الشمسي دورا مؤثرا في إنتاج الأرز. فعلى سبيل المثال يكون محصول الأرز مرتفعا أثناء مواسم النمو التي تتميز بصفاء السماء كما وجد بالهند والفلبين. لقد تعرف Stansel (1975) على المرحلة الحرجة للفترة الضوئية للأرز ذاكرة أنها تبلغ ٤٢ يوما منها ٢١ يوما قبل طرد الداليات و ٢١ يوما بعد الطرد.

تتميز أصناف الأرز القصيرة (إرتفاعها ١٠٠ سم) بعدم تعرضها للرقاد وبالأوراق القائمة حيث كفاءتها مرتفعة في إستقبال الأشعة الشمسية كما تستجيب للأسمدة وغير حساسة للفترة الضوئية. إن طول فترة حياة ٤٠ صنفا من الأرز الدامي بالموسم الجاف بالمعهد الدولي لبحوث الأرز بالفلبين (IRRI) تراوح بين ٩٠ إلى ١٩٠ يوما تقريبا، حيث كان أعلى محصول أمكن الحصول عليه من هذه الأصناف عندما كان موسم النمو يتراوح ما بين ١٣٠-١٤٠ يوما (IRRI, 1963) وكانت أهم الأصناف نضجا في كاليفورنيا بعد ١٤٠-١٦٠ يوما واركنسوس وميسيسيبي بعد ١٢٠-١٤٠ يوما ولوزيانا بعد ١٠٠-١٣٠ يوما وتكساس بعد ١٠٠-١١٥ يوما.

لقد أوضح Stansel (1975) أن هناك ثلاث مراحل يمر بها نبات الأرز: مرحلة النمو الخضري، ومرحلة النمو الثمرى ومرحلة نضج الحبوب، جميع هذه المراحل تؤثر في مكونات محصول الحبوب من حيث عدد الداليات، عدد حبوب الدالية، توزيع حبوب الأرز بالدالية ووزن الحبوب. تختلف هذه المراحل في حاجتها للأسمدة والمبيدات الفطرية وإحتياجاتها المائية. لذلك فهناك أهمية للتنبؤ ببداية كل مرحلة من مراحل النمو المذكورة. وتستخدم الوحدات الحرارية Degree days بنجاح في التنبؤ ببداية مراحل النمو (Downey et al, 1977 and Stansel, 1975). ويزرع الأرز إما بالحبوب مباشرة أو بشتل البادرات التي تتم في مرحلة النمو الخضري وتحتاج بادرات الأرز إلى ٥-٧ أيام للإستشفاء من عملية الشتل وبعد مرحلة الإستشفاء فإن النباتات

التي تم شتلها تكون مماثلة لنباتات الأرز التي تم زراعتها مباشرة بالحبوب. ولقد أوضح مرسى (١٩٧٩) أن مراحل النمو الخضري والثمري للأرز تنقسم لما يأتي:

أولاً- مرحلة النمو الخضري: تتضمن طور الإنبات، طور تكوين الأشطاء وطور إستطالة الساق. يمتد هذا الطور ابتداء من الزراعة حتى ميعاد طرد الداليك ويتأثر طول هذه الفترة بالصنف وميعاد الزراعة وكمية الأسمدة النيتروجينية المضافة. ويمكن تقسيم هذه المرحلة إلى عدة أطوار يتم فيها نمو المجموع الجذري والسيقان والأوراق.

١- **المجموع الجذري:** يتكون المجموع الجذري لنبات الأرز من الجذور الجنينية وتتكون من الجذر الأولي يتبعها تكوين عدد ٢ من الجذور الإضافية. والجذور العرضية وتنشأ من العقد السفلى للساق الرئيسي والأشطاء وتنمو هذه الجذور في المراحل الأولى من حياة النبات لأسفل ثم تتجه أفقياً مكونة حصيرة كثيفة، وتخرج عدة محيطات من الجذور العرضية من العقد الساقية فوق سطح الأرض بقيمة ارتفاع الماء عن سطح الأرض. ينتشر ٤٥% و ٩٠% من المجموع الجذري للأرز في ٥ و ٢٥ سم السطحية من الأرض على الترتيب. واحتياجات حبوب الأرز للأكسجين منخفضة فهي قادرة على تحرير الأكسجين بتفاعلات أنزيمية تحدث أثناء الإنبات. ويتكون الجذير أولاً في حالة وجود الأكسجين، بينما تتكون الريشة أولاً في حالة عدم توافر الأكسجين، وتظهر بادرات الأرز فوق سطح الأرض بعد ٧-١٠ أيام من الزراعة. ونظراً لقصر غمد البرعم الأولي في أصناف الأرز القصيرة، لهذا ينبغي ألا يكون الشتل على عمق أكثر من ٣-٥ سم، الأمر الذي يفسر وجود علاقة عكسية بين عمق الشتل ومحصول هذه الأصناف القصيرة. ويكفي الغذاء المخزن في حبوب الأرز إمداد البادرات بما تحتاج إليه من غذاء حتى تنمو وحتى يتكون المجموع الجذري الجنيني وحتى يصبح للبادرة ثلاث أوراق تكون حينئذ البادرة قادرة على إمتصاص احتياجاتها من الماء والعناصر الغذائية وتمثيل المواد الكربوهيدراتية اللازمة لنموها.

٢- **طور تكوين السيقان والأشطاء:** الساق الرئيسي قائم أجوف فيما عدا مناطق العقد. تنمو البراعم الموجودة في أباط الأوراق الحرشفية الموجودة تحت سطح الأرض على الساق الرئيسي لتكون الأشطاء الأولى من العقدة الأولى بالزراعة بالبذرة

مباشرة ومن البرعم الرابع إلى السادس في الزراعة بالشتل ثم تخرج الأشتاء على الأفرع التالية لتكون الأشتاء الثانوية ثم الثالثة على الأشتاء التالية وهكذا. وتتناقص هذه الأشتاء في الطول تبعا لتتابع ظهورها. يتراوح ارتفاع الساق بين ٣٠ إلى ١٨٠ سم وعدد السلاميات من ١٠ إلى ٢٠ سلامية تتزايد في الطول بالإتجاه للقمة والسلامية الطرفية أكثرها في الطول. ولا تنتهي الأشتاء التي تتكون في الأطوار المتقدمة بالداليات، وإذا تكونت فسرعان ما تموت. يبدأ تكوين الأشتاء على النبات حينما تبلغ عدد الأوراق ٤-٥ أوراق أي بعد ٢٠-٣٠ يوما من الزراعة تقريبا. تحمل كل عقدة ورقة واحدة ترتب بالتبادل على الساق الرئيسي وكذلك الأشتاء. الورقة ذات نصل طويل ضيق وعمد منشق ولسين طويل يحيط بالسلاميات وأذنتان وقد تكون غائبتان.

٣- طور الإستطالة: تتميز إستطالة الساق الرئيسي بالبطء في الفترات الأولى من حياة النبات، ثم تزداد سرعة الإستطالة بدرجة كبيرة أثناء طرد الداليات.

ثانيا- المجموع الثمرى: يتحول النمو الخضري إلى نمو ثمرى بعد إكمال نمو خضري معين وابتداء تخصص أنسجة الداليات. ويتوقف تحويل النمو من خضري إلى ثمرى على بعض العوامل وأهمها طول الفترة الضوئية ودرجات الحرارة وكذلك محتوى النيتروجين، وعموما يمكن القول أن قصر الفترة الضوئية وارتفاع درجات الحرارة تدفع النباتات للانتقال من النمو الخضري إلى النمو الثمرى وتتأثر المرحلة الخضرية بالظروف البيئية أكثر من تأثر المرحلة الثمرية. وتنقسم مرحلة النمو الثمرى إلى أطوار كما يأتي:

١- طور تكوين الداليات: تبدأ ملاحظة تخصص أنسجة الدالية قبل نحو ٣٠ يوما من طرد الدالية وحيث تكون الورقة الرابعة من ورقة العلم قد استكملت نموها. وهكذا تطرد الداليات بعد تكوينها بفترة طويلة إذ تتكون أصولها والنباتات بالمشتل في ظروف درجات الحرارة المرتفعة.

٢- طور طرد الداليات: يواكب طرد الداليات طور الإستطالة وتتم إستطالة نباتات الأرض باستكمال طرد الداليات. ينتهي كل فرع عادة بدالية، وقد لا تحمل بعض الأشتاء داليات.

٣- طور الإزهار والإخصاب: تتراوح الفترة اللازمة لإزهار الدالية من ٦-٩ أيام، ويبدأ الإزهار يوم طرد الدالية أو اليوم التالي وتفتح معظم أزهار الدالية في اليوم التالي إلى الرابع من ميعاد الطرد. ويكون الإزهار سريعاً في الفترة من الساعة العاشرة إلى الساعة الثانية عشر. وتفتح السنبلة الطرفية على محور النورة لدالية الساق الرئيسي أولاً ويتبعها السنبيلات الطرفية على الفروع ويتجه التزهير بعد ذلك إلى أسفل. ويستمر تفتح الزهرة ١,٥-٢ ساعة متوقفاً ذلك على درجة الحرارة. والتلقيح الذاتي هو السائد.

٤- طور تكوين الحبوب: يبدأ تكوين الحبة من إخصاب البويضة، ويستمر النمو إلى تمام تكوين الحبوب. وتنقل المواد الغذائية من الأوراق والسوق إلى الحبوب إلى أن يتم تكوينها. وحينئذ تدخل في طور راحة بالأصناف التي تدخل طور راحة.

العلاقات المائية

قبل الحديث عن هذا الموضوع ينبغي التنويه للتقسيمات الثلاث لأنماط بيئة تختلف فيما بينها في مدى توافر الماء بالأرض أثناء نمو النبات وللأسف ليس لهذه التقسيمات علاقة بارتفاعات الماء عن سطح الأرض التي تزرع عليها (مرسى ١٩٧٩) وهي:

١- أرز الأراضي المنخفضة Lowland ويزرع بالأراضي التي تغمر فيها الحقول بالماء صناعياً كما هو الحال في مصر. ويتميز بارتفاع كمية المحصول عن أرز الأراضي المرتفعة.

٢- أرز الأراضي المرتفعة Upland ويزرع بالأراضي المنحدرة حيث لا يسهل حجز الماء، ويتحمل ظروف عدم الغمر. وتوجد أصناف تتجح في النوعين السابقين.

٣- الأرز العائم Floating ويزرع في الوديان المعرضة للفيضان.

لقد أوضح Kar et al (1974) تفوق نمو جذور الأرز موكباً للنشاط الأعظم للأشطاء تحت ظروف الأرز العائم، هذا النمو يؤدي إلى إنقاص نسبة السيقان إلى الجذور بدرجة قليلة أثناء هذه الفترة النشطة للأشطاء يليها زيادة متدرجة أثناء مرحلة الإثمار. ينقص وزن السيقان والجذور معنوياً تحت ظروف عدم التشبع بالمياه حيث

لا ينمو الجذر نمواً كثيفاً مثل وقت النمو الكثيف للأشطاء. ولقد أيد ذلك Sharma et al (1975) حيث ذكروا نقص كل من وزن الجذور والسيقان بنقص كمية المياه من حالة الغمر إلى السعة الحقلية وباستمرار النمو تحت السعة الحقلية ينقص وزن الجذور بمعدل أكبر من النقص الحادث في أوزان السيقان. وأضاف (Ponnamperuma 1955) أن جذور بعض أصناف الأرز بالأراضي المنخفضة أكثر تأثراً بإجهاد الجفاف مقارنة بدليل مساحة الأوراق أو أعداد الأشطاء ببعض أصناف الأراضي المرتفعة التي تتميز بتحمل الإجهاد الجفافى وقد يرجع ذلك لنمو هذه الأصناف جيداً تحت ظروف الإجهاد الجفافى (Krupp et al, 1972).

في الظروف الملائمة لنمو الأرز فإن الأوراق أسفل النبات التي نضجت مبكراً تبدأ في الدخول في مرحلة الشيخوخة في الفترة بين طور أكبر نمو للأشطاء وبداية طور تكوين الداليات حيث تبدأ الأوراق الجديدة في الظهور ودليل مساحة الأوراق في النمو ليصل أقصاه ثم ينقص بزيادة إسراع الأوراق السفلى في الدخول لمرحلة الشيخوخة عن معدل تكوين الأوراق الجديدة. ثم تنقص نسبة انتقال الضوء خلال المجموع الخضرى (LTR) بزيادة المادة الجافة نتيجة لزيادة دليل مساحة الأوراق ويغلق المجموع الخضرى حينما تصل هذه النسبة إلى ٩٥% في طور بداية تكوين الداليات (Stansel, 1975)، وبعد هذه المرحلة تستطيل سلاميات الساق بسرعة دافعة الداليات للإنبثاق بقوة بعده تخرج الأزهار بسرعة ويزداد وزن الداليات.

أثر الإجهاد الجفافى

لقد عقد علماء المعهد الدولى لبحوث الأرز بالفلبين مقارنة بين دليل مساحة الأوراق وإنتاج المادة الجافة في الذرة الرفيعة ودليل مساحة الأوراق وإنتاج المادة الجافة في الأرز في حالة وجود قدر كاف من الماء بوسط نمو نباتات الأرز حيث وجدوا تشابهاً بين التأثير على كمية المحصول وعكس ذلك على دليل مساحة الأوراق حيث نقص دليل مساحة الأوراق في الأرز قبل عملية طرد الداليات على حين نقص في الذرة الرفيعة بعد عملية الطرد، أما تحت ظروف الجفاف فإن أكبر دليل لمساحة أوراق الذرة الرفيعة يصل لنصف قيمته تحت ظروف توافر الماء. من ذلك يتضح أن

الماء المحدود يكون له تأثير عكسي على دليل مساحة الأوراق و إنتاج المادة الجافة في الأرز أكثر منه في الذرة الرفيعة ويستمر الأرز في زيادة المادة الجافة بعد عملية طرد الداليات تحت ظروف كثرة المياه على حين لا يحدث ذلك في الذرة الرفيعة.

أنتج من الدراسة التي أجريت بالمعهد الدولي لبحوث الأرز بالفيليبين تأثير نمو المجموع الخضري لنباتات الأرز المغمور في الماء العكر حيث أمكن القضاء على الحشائش حينما كان عمق الماء من ١٠-١٢ سم دون تأثير على محصول الأرز وعند زيادة العمق إلى ٢٥ سم حدث نقص في محصول الأراضي المنخفضة بولاية تكساس (Evat, 1958).

تتأثر أعداد الأشطاء علاوة على دليل مساحة الأوراق بالتعرض للإجهاد الجفاف وذلك في أصناف كل من الأراضي المرتفعة والأراضي المنخفضة فعند تعرض الأصناف للإجهاد الجفافى أثناء الفترة الممتدة من ٤٥-٦٠ يوما بعد الإنبات يعمل ذلك على نقص أعداد أشطاء أصناف الأراضي المنخفضة أكثر من أصناف الأراضي المرتفعة (Krupp et al, 1972)، بالإضافة إلى أنهم وجدوا أن أصناف طرز أعداد الداليات (تتميز بأن الزيادة في المحصول تعود إلى الزيادة في أعداد داليات وحدة المساحة) وأصناف طرز وزن الداليات (تتميز بأن الزيادة في المحصول تعود إلى وزن حيوب كل دالية) تظهر تفاعل مختلف للإجهاد الجفافى. حيث وجد أن النمط الأول أقل حساسية لمرحلة النمو التي تتعرض للإجهاد الجفافى عن مدة وشدة التعرض على حين تكون حساسية الثاني لمرحلة النمو وذلك عند التعرض للجفاف أثناء مرحلة الإثمار والنضج للإجهاد الجفافى.

لقد وجد Datta et al (1975) أن نمو نباتات الأرز في أرض يبلغ الجهد المائى لها - ١٥ بار كفيل بالعمل على خفض محصول الأرز، وأوضحوا أن ذلك قد يرجع جزئياً إلى تكرار عملية الري والصرف التي تؤدي إلى فقد النيتروجين خلال عملية عكس التآزوت dinitrification. ولقد وجد Pradhan et al (1973) نقص أعداد الأشطاء حينما يكون الجهد المائى للأرض - ٢ بار أو أقل. ويتأثر ارتفاع نبات الأرز بنقص ارتفاع الماء عن ٣ سم. لاحظ Sharma et al (1975) أن نقص ماء الأرض يؤدي إلى زيادة متوسط أعداد الأوراق للنبات بينما تنقص مساحة الورقة الواحدة بحوالى ٥٠%

مسببة نقص في محتوى المادة الجافة للسيقان عند قياسها عند ٦٠ يوما بعد الشتل. وأوضحت دراسات المعهد الدولي لأبحاث الأرز في الفلبين (1973a) تأثير عملية التمثيل الضوئي لنباتات الأرز الصغيرة عند التعرض للإجهاد الجفافى عن طريق إعاقة عملية امتصاص ثانى أكسيد الكربون، كما أوضحت دراسات المعهد الدولي لأبحاث الأرز في الفلبين (1973b) إزدیاد تراكم البرولين بزيادة التعرض للإجهاد الجفافى.

تنظم عملية النتح بنباتات الأرز عملية فقد الماء وبالتالي كميات المياه التى يحتاج اليها النبات ويختلف الإحتياج المائى لنبات الأرز تبعاً لعوامل كثيرة أهمها الأرض، الماء، المناخ، الأصناف، مرحلة النمو، وفترة حياة النبات. ويقدر متوسط الإحتياج المائى للنبات بمقارنة عدد جرامات الماء المستخدم فى عملية نتح جرام واحد من المادة الجافة المنتجة. وبناء على هذا أتضح أن الإحتياج المائى للأرز يتراوح ما بين ١٧١-٤٣٨ جم/جم ولكن هذا الرقم يتراوح عموماً بين ٢٥٠-٣٥٠ (Yoshida, 1975).

الفترة الحرجة للماء

لقد قام العديد من الباحثين حول العالم بدراسة الفترة الحرجة للماء لنباتات أُرز الأراضى المنخفضة عن طريق وسيلتين الأولى معرفة مرحلة النمو الأكثر حساسية للإجهاد الجفافى والثانية بقياس الإستهلاك المائى أثناء مراحل النمو المختلفة. ولقد أستخدم (Sahu and Rath, 1972) التكنيك الثانى لقياس الإستهلاك المائى أثناء تسع مراحل من نمو نباتات أُرز الأراضى المنخفضة المشتولة والنامية تحت ظروف منطقة شرق وسط الهند، حيث نكر أن الماء الكلى المستخدم يتجه إلى الزيادة بتعاقب مراحل نمو النبات إلى أن يصل أقصاه أثناء خروج ورقة العلم وطرد الداليات ثم يتناقص بعد ذلك. إن قمة النتح تحدث إما بنقص عملية الإنقسام أو فى مرحلة الإزهار عند نمو نباتات الأرز تحت ظروف ماليزيا، حيث سجل أن نسب النتح (ماء النتح /ماء البخر) كانت ٠.٠٥، ١.٠، ١.٣ وذلك لعدد من الأسابيع يبلغ ٣ و ٧ وصفر قبل الطرد مباشرة على الترتيب وبعد بضعة أسابيع قليلة من الطرد تقل النسبة عن ١ وتستمر فى

التناقص بعد ذلك. وتوجد قمة ثانية لكنها أقل للنتح تحدث أثناء الفترة العظمى لنمو الأشطاء (Chapman and Mikkelsen, 1963, Sugimoto 1970a,b)، هذه القمة ترجع إلى إختلاف المناخ والكثافة النباتية. ولقد أجمعت الدراسات على أن المرحلة المبكرة من الطور النمرى هي أكثر المراحل حرجا في نباتات الأرز.

ولقد أوضح مرسى ونورالدين (١٩٧٧) أن الطور الرابع من حياة النبات هو الطور الحرج للماء حيث يتم طرد الداليات، ولكى تطرد الداليات لابد أن تتكون أولا، ويبدأ تكوينها بعد تكون قدر معين من النمو الخضري كما يلزم تهيئة النباتات لتكوين الداليات بتعريضها للفترة الضوئية المعينة والملائمة ودرجة الحرارة اللازمة وتعتبر هذه المرحلة الفترة الحرجة للأرز إذ تكون النباتات أكثر إحتياجا للماء فى هذا الوقت فى عمليات الإنقسام والإستطالة. ويقلل للجفاف المؤقت كمية المحصول الناتج بدرجة كبيرة ويختلف عدد الداليات التى يحملها النبات حسب الصنف والظروف البيئية حيث تؤدي العوامل المؤدية إلى زيادة عدد الأفرع مثل كمية المياه إلى زيادة عدد الداليات ويتراوح طول طرد الداليات بين ٧-١٢ يوما، ينبغى العمل على زيادة إرتفاع الماء عن سطح الأرض بازدياد إرتفاع النبات حتى يصل إرتفاع الماء إلى ١٥-٢٠ سم فى أثناء طور طرد الداليات.

طريقة الري

ويتبع نظام السلسلة فى الري فتترك فتحات الري والصرف مفتوحة فى هذه الطريقة بحيث لا تكون فتحات الري والصرف متقابلة مما يؤدي إلى بطء سير الماء وتجديد الهواء حول النباتات مما يشجع النمو، أما فى طور الإزهار والإخصاب فيبدأ الإزهار يوم طرد الدالية أو اليوم التالى وتفتح معظم أزهار النورة فى اليوم الثانى إلى الرابع من ميعاد الطرد وتثبت حبوب اللقاح بعد إنتقالها إلى المياسم وتؤثر كثير من العوامل على إنبات حبوب اللقاح ومن أهمها درجة الحرارة والرطوبة الجوية النسبية. وتبدأ الحبة فى التكوين فى طور تكوين الحبوب إبتداء من إخصاب البويضة ويستمر نموها إلى تمام تكوين الحبوب وتنقل المواد الغذائية من الأوراق والسوق إلى الحبوب إلى أن يتم تكوينها وحينئذ تدخل فى طور راحة. وينبغى العمل على منع مياه الري

عند ابتداء نضج الداليات وقبل الحصاد بمدة ٢-٣ أسابيع وتصرف المياه. ويلجأ بعض المزارعين بمصر عند نقص المياه إلى الري بمياه المصارف حتى لا تتعرض النباتات للعطش فيقل المحصول ولا ضرر من ذلك إذا كانت مياه الصرف غير ملوثة وغير ملحية (لا يزيد كلوريد الصوديوم الذائب وكربونات الصوديوم الذائب عن ١٥٠ و ٣٠٠ جم /م^٢ على الترتيب).

تختلف كمية ماء الري اللازمة لزراعة فدان من الأرز باختلاف عوامل كثيرة من أهمها طريقة الزراعة حيث يزرع الأرز بطريقتين رئيسيتين وهما طريقة البدار وطريقة الشتل وتفضل طريقة الشتل لمزاياها العديدة التي من ضمنها توفير مياه الري حيث يتم زراعة الحبوب في المشتل لمدة شهر بعدها تنقل الشتلات إلى المكان المستديم، ولما كان فدان المشتل يزرع حوالي ٥-٧ أفدنة من الأرض المستديمة لهذا تتوفر كمية مياه الري لحوالي خمسة أفدنة لمدة ٣٠ يوما لكل فدان من المشتل. وتختلف كمية مقنن الحقل للأرز بالمناطق المختلفة من مصر حيث يقل في الوجه البحري ويرتفع في مصر الوسطى والعليا وكذلك في الأوقات المختلفة حيث يرتفع في الزراعة الصيفية ويقل في الزراعة الشتوية.

يبلغ متوسط المقنن المائي للأرز للفدان في الزراعة الصيفية بالوجه البحري ومصر الوسطى ومصر العليا ٤٦١٩، ٤٦١٩، ٥٣٩٥ م^٣ على الترتيب وتقدر الكمية التي يحتاجها المزارعون لزراعة الأرز خمس حصة مصر من مياه النيل، ويعتبر موسم زراعة الأرز أكثر إجهادا للنظام المائي على الرغم من أن فترة وجوده في الأرض أقصر من محصول القطن. ويلاقى قطاع الري صعوبة في توفير مياه كافية لمواجهة الطلب المتزايد على المياه لأن نظام الري مصمم لتغطية مساحة ٤٠% فقط من الأرز وتعتبر الأصناف الجديدة من الأرز (مثل جيزة ١٧٧) أعلى في الإنتاجية والجودة من الأصناف العانية خاصة إذا ما استخدم في زراعتها طرق الري الحديثة مع استخدام الأسمدة المناسبة وهذه الأصناف الجديدة من الأرز أقصر في العمر بحوالي ٤٠ يوما مما يمكن من إستغلال الأرض في زراعة محاصيل أخرى في نفس الموسم أو يسمح للمزارعين بزراعة محاصيلهم الشتوية مبكرا لفترة تتراوح ما بين ٢ إلى ٦ أسابيع مما يوفر في مياه الري.

قائمة المراجع

- مرسى م. ع. ١٩٧٩. محاصيل الحبوب، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، مصر، ٤٠٣ صفحة.
- مرسى م. ع.، نور الدين نعمت ع. ١٩٧٧. رى محاصيل الحقل، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، مصر، ٣٣٢ صفحة.
- Chapman A.L. and Mikkelsen D. S. 1963. Crop Sci. 3 , 392 ñ 397.
- Datta S.K. De., Abilay W.P. and Kalwar G.N. 1975. Water Management in Philippine Irrigation Systems. Research and Operations (IRRI), Los Banos, Philippines, pp 19 ñ 36.
- Downey D.A., Huey B.A. and Wells B.R. 1977. Arkansas Farm Res. 26, 9.
- Efferson J.N. 1972. Outlook for World Rice Production and Trade, in Rice, Science and Man, IRRI, Los Banos, Philippines, pp. 127 ñ 142.
- Evat N.S. 1958. Progress Report 2006, Texas Agric. Exp. Str., Beaumont, Texas. Texas, A and M. Univ.
- Huke R. 1976. Geography and Climate of Rice, in Climate and Rice, IRRI, Los Banos, Philippines pp. 31 ñ 50.
- IRRI Annual Report , Los Banos , Philippines 1963, p.41.
- IRRI Annual Report , Los Banos , Philippines 1973 a, pp52 -53.
- IRRI Annual Report , Los Banos , Philippines 1973 b, pp55.
- Kar S., Varade S.B., Subramanyam T.K. and Ghildyal B.P. 1974. El Riso 23 (2). 173-179.
- Krupp H.K., Abilay W.P. and Alvarez E.J. 1972. Rice Breeding, IRRI, Los Banos, Philippines, pp.663-673.
- Marten J.H. and Leonard W.H. 1970. Rice, in Principles of Field Crops Production. Mamillan, London, pp.495 ñ 518.
- McDonald D.J., Stansel J.W. and Gilmore E.C. 1974. Ind. J. Genetics 43 A, 1068 ñ 1073.
- Mitsui S. 1964. Dynamic Aspects of Nutrient Uptake, in The Mineral Nutrition of the Rice Plant, Johns Hopkins Press, Paltomore, Md. Pp:53 ñ 62.
- Ponnampereuma F.N. 1955 Ph. D. Thesis, Cornell University, Ithaca, New York.
- Pradhan S.K. Varada S. B. And Kar S. 1973. Plant Soil 38(3) , 501 ñ 507.
- Sahu B.N. and Rath D. 1972. Ind. J. Agtron. 17 (3) , 206 -215.-

- Sharma B.M. , Gangwar M.S. and Ghildyal B.P 1975 El Riso 24(1), 31 ñ 35.
- Stansel J.W 1975 The Rice Plant: Its Development and Yield, in Six Decades of Rice Research in Texas ,Res. Monogr. 4, Texas Agric. Exp. Stn., College Station, Texas, pp.9 ñ 21.
- Sugimoto K. 1970, a. Proc. Crop Sci. Soc. Jpn. 39, 343 ñ 349 through T. Murakami, Physiological Aspects of Water Control in the Cultivation of Indica Rice Varieties, in Rice in Asia, Univ. Tokyo Press pp :276-292.
- Sugimoto K. 1970.b. Proc. Crop Sci. Soc. Jpn. 39, 350 ñ 354 through T. Murakami, Physiological Aspects of Water Control in the Cultivation of Indica Rice Varieties, in Rice in Asia, Univ. Tokyo Press pp :252- 276.
- Yoshida S.1975. Factors That Limit the Growth, in Major Research in Upland Rice, IRRI Los Hano, Phillipines, pp :46 ñ 71.

القمح Wheat. Triticum sp.

يمثل القمح أحد المحاصيل الأساسية التي لعبت دورا هاما في تقدم المدنية بأوروبا وغرب آسيا وشمال أفريقيا. وقد تم إستئناس القمح منذ أكثر من ٨٠٠٠ عام. وترجع أهميته إلى أنه مصدر مرتفع من الكربوهيدرات والجلوتين الذي هو عبارة عن نوع من البروتين له القدرة على اصطياذ فقائيع ثائي أكسيد الكربون الصغيرة عند تخمر العجين مما يعمل على رفعه (Hanson et al, 1982). كما تتميز نشا القمح بسهولة الهضم، وتتوافر به العناصر المعدنية والفيتامينات والدهون.

ويعتبر مصدر مهم لتغذية الحيوان وعلى الأخص الحبوب غير الصالحة لتغذية الإنسان بالإضافة للنخالة الناتجة من عملية طحن الحبوب الجيدة المستخدمة في إنتاج الدقيق. كما يستخدم في الصناعات المختلفة مثل المصنفات وصناعة الورق والكحول وغيره من الصناعات المتعددة.

مناطق إنتشارالقمح

أنتشر القمح بمعظم بلدان الكرة الأرضية أكثر من أى محصول تجارى آخر. ينمو فى مدى واسع من المناطق الممطرة ودرجة الحرارة، أغلبها فى المناطق التى تقع فى مدى من خطوط العرض تتراوح ما بين ٢٥ - ٥٠. لقد عرف المركز الدولى لتطوير محصول القمح والذرة (CIMMYT 1996) ١٢ نوع من البينات تتوافق فيها الرطوبة (الرى، كثافة سقوط الأمطار أو قلة سقوط الأمطار) مع درجات الحرارة (درجات الحرارة المنخفضة ودرجات الحرارة المرتفعة) بالإضافة إلى الإجهادات البيئية والمرضية تصلح لنمو محصول القمح (Rajaram and Van Ginkel, 1996).

وتعتبر أفضل مناطق زراعته تلك المنحصرة بين خط عرض ٣٠-٦٠ شمالا و٢٧-٤٠ جنوبا (Nuttonson, 1955)، إلا أنه من الممكن أن ينمو بالمناطق الممتدة من الدائرة القطبية إلى المرتفعات القريبة من خط الإستواء.

لقد أثبتت الدراسات الخاصة بالمركز العالمي لتطوير الذرة والقمح، التي أجريت خلال العقدين الأخيرين من القرن الماضي الجدوى الاقتصادية لإنتاج القمح بالمناطق الأكثر دفئا (Saunders and Hettel, 1994) حيث تبلغ درجة الحرارة المثلى لنمو حوالى ٢٥ م° بحد أدنى يبلغ ٣-٤ م° وحد أعلى يتراوح ما بين ٣٠-٣٢ م° (Briggle, 1980) ويمكن أن ينمو تحت مدى واسع من الرطوبة. فرغما عن نمو ثلاث أرباع المساحة التي ينمو عليها تستقبل معدل أمطار سنوية تبلغ ٣٧٥-٨٧٥ مم إلا أنه يستطيع أن ينمو تحت معدل أمطار يبلغ ٢٥٠-١٧٥٠ مم (Leonard and Martin, 1963).

يزرع القمح بمساحات كبيرة بالعالم تزيد عن كثير من المحاصيل الأخرى، حيث تزيد مساحته عن ٢٥٠ مليون هكتار (الهكتار = ١٠٠٠٠ م^٢). وتعتبر تجارته العالمية أكبر من تجارة المحاصيل الأخرى مجتمعة.

إنتاجية وتجارة القمح عالميا

زادت إنتاجية العالم من القمح بدرجة كبيرة في الفترة الممتدة من ١٩٥١-١٩٩٠ حيث وصل إلى ٥٩٢ مليون طن عام ١٩٩٠، وظلت إنتاجيته ثابتة تقريبا بعد ذلك رغم أن توقف زيادة مساحته المنزوعة طويلا كمصدر للدخل المرتفع (CIMMYT, 1996).

وفي عام ٢٠٠٨ سجل إنتاجه في العالم بين ٦٠٢ مليون طن كمتوسط عام وحتى ٦٨٦ طن كأعلى محصول عالمي. وتعد الصين هي المنتج الأكبر للقمح في العالم بنسبة ٤,٢١% من الإنتاج العالمي تليها الهند ثم الولايات المتحدة الأمريكية، ولكن الأخيرة هي المصدر الأول للقمح في العالم نظرا لتعداد سكانها الذي لا يتجاوز ٣٢٠ مليون نسمة مقارنة بعدد سكان الهند والصين اللذين يمثلان معا أكثر من ثلث عدد سكان العالم.

انخفضت مساهمة الدول المرتفعة الإنتاجية من ٤٥% في خمسينات القرن الماضي إلى حوالى ٣٥% بينما ازدادت نسبة مساهمة الدول النامية بنسبة أكبر من ٤٥% من الإنتاج العالمي في الخمس سنوات الأخيرة من القرن الماضي.

ترجع الزيادة المطردة في إنتاجية القمح العالمية عبر السنوات إلى زيادة وحدة المساحة (الهكتار). حيث كان متوسط إنتاج الهكتار بالعالم قريب من الطن عام ١٩٥١ ارتفع إلى ٢ طن في أوائل ثمانينات القرن الماضي ليصل إلى ٢,٥ في عام ١٩٩٥، ويرجع ذلك في الأساس إلى تحسين كل من الأصناف، العمليات الزراعية، مقاومة الأصناف القصيرة Semi dwarf للأمراض، وعلى الأخص بالدول النامية، حيث زادت إنتاجية وحدة المساحة من القمح في مصر من ٣,٣ طن/هكتار (٩,٢٥ أردب/فدان) عام ١٩٨١ إلى ٦,٦ طن/هكتار (١٨,٠٥ أردب/فدان) عام ٢٠٠٠ (الأردب ١٥٠ كجم) ليصبح الإنتاج الكلي في ذلك العام حوالي ٨,٣ مليون طن متري، نتيجة لتحسين الأصناف المنزرعة مثل جيزة ١٦٨، جيزة ٧، سخا ٩٤ وسخا ٩٣ وسخا ٦١. ومنذ عام ٢٠٠٠ ظلت إنتاجية الفدان حول ٦,٦ طن/هكتار والمساحة المنزرعة من القمح حوالي ١,٢٥ مليون هكتار (حوالي ٣ مليون فدان وبقاء الإنتاج الكلي ٨,٣ مليون طن متري)، من هنا يمكن القول أن الزيادة في إنتاجية القمح بمصر تعتمد على التوسع الأفقي بالأراضي الجديدة، حيث وصل الإنتاج السنوي للأراضي الجديدة والوادي الجديد إلى ١,٣٥ مليون طن عام ١٩٩٥، والزراعات المطرية ٠,١٦٨ مليون طن عام ١٩٩٤ (وزارة الزراعة- قطاع الشؤون الاقتصادية- الإدارة المركزية للإقتصاد الزراعي والإحصاء). وفي تركيا ارتفعت كمية المحصول من ٩ إلى حوالي ١٧,٥ مليون طن ما بين ١٩٧١-١٩٨٢ وكان لتأثير عمليات الري الفضل الكبير في ذلك. أما في الصين فقد ارتفعت إنتاجية مجموعة النجيليات من ١,٤-٤,٦ طن/هكتار من عام ١٩٦١-١٩٩٥. وفي الهند ازدادت في نفس الفترة من ١-٢,١ طن/هكتار (Borlaug and Dowsell, 1996 and CIMMYT, 1996).

وفي الفترة الممتدة من ١٩٩٣-١٩٩٥ كانت الصين تزرع أكبر مساحة من القمح يليها تانزانيا الولايات المتحدة الأمريكية ثم الهند فروسيا الاتحادية ثم كازاخستان ثم كندا، إلا أن الصين قد تبوأ قمة متوسط الإنتاج السنوي ليصل إلى أكثر من ١٠٠ مليون طن سنوياً متفوقة بذلك على كل من الولايات المتحدة الأمريكية والهند حيث بلغ المتوسط ما يقرب من ٦٠ مليون طن سنوياً وذلك لارتفاع متوسط محصول الهكتار بنسبة ٣٥% عام ١٩٩٤ عن عام ١٩٩٣.

وعادة ما يتم إستهلاك أربع أخماس إنتاج العالم ويتم تصدير الخمس حيث وصلت كمية المصدر على مستوى العالم من الدول المتقدمة ما يساوى ١٠٨ مليون طن تذهب إلى الدول النامية. ورغمما عن أن الصين تعتبر أكبر منتج للقمح في ذلك الوقت فقد كانت أيضا أكبر مستورد له بمتوسط بلغ ١٠ ملايين طن عام ١٩٨٠ (CIMMYT, 1996) أما بقية الدول فتستورد أكثر من ٥ مليون طن مثل مصر، روسيا، اليابان، والبرازيل. وتعتبر الولايات المتحدة الأمريكية، كندا، فرنسا وأستراليا أكبر الدول المصدرة. وتتميز أقماح كندا بأعلى الأقماع جودة ومحتوى بروتين.

إن أكبر الدول المستهلكة للقمح تقع بشمال إفريقيا مثل مصر، الجزائر، ليبيا، المغرب، وتونس. وباستعراض أحوال إنتاج محصول القمح في مصر عام ٢٠٠٧/٢٠٠٨ مقارنة بعام ١٩٨٥/١٩٨٦ فقد بلغ متوسط إنتاجية الفدان ٢,٧٣ طن/فدان، بينما كان ١,٦ طن/فدان بنسبة زيادة قدرها ٧٠,٦% وكمية الإنتاج المحلي ٨ مليون طن، بينما كان ١,٩ مليون طن بنسبة زيادة قدرها ٣٢١,١%، المساح بلغت لإستهلاك ١٤,٥ مليون طن بينما كانت ٩,١ مليون طن بنسبة زيادة قدرها ٥٩,٣%، بلغت إجمالي المساحة المحصولية ١٥,٢ مليون فدان خصت المساحة المنزرعة بالقمح ٢,٩ مليون فدان بنسبة ١٩,١% من إجمالي المساحة المحصولية في نفس الفترة المذكورة على الترتيب. وبلغ متوسط نصيب الفرد في مصر حوالي ١٨٣ كجم/سنة، عام ٢٠٠٨/٢٠٠٧ بينما كان ١٨٢ كجم عام ١٩٨٥/١٩٨٦ بنسبة زيادة قدرها ٠,٥% (الجهاز المركزي للتعبئة والإحصاء) ووصل الإنتاج إلى ٨,٨ مليون طن والمستورد إلى ١٤,٦ مليون طن في عام ١٩٩٣-١٩٩٥ أى بنسبة ١٥٠% من المنتج. وتبعاً لنفس المصدر فإن نسبة الواردات إلى كمية المساح للإستهلاك ٥٠,٧% وتغطي ٦,١ أشهر عام ٢٠٠٨/٢٠٠٧ بينما كانت ٧٤,٨% عام ١٩٨٦/١٩٨٧ وتغطي ٩ أشهر. ورغم تحدث المؤشرات الإحصائية عن محاولات الإكتفاء الذاتي التي تصل إلى ٥٠% من هذا المحصول من حجم الإستهلاك الكلى فنجد أن أبجديات الإقتصاد والإحصاء والزراعة تؤكد أن نسبة الإكتفاء الذاتي لا تتعدى ٣٠% وفي أحسن الأحوال يمكن أن تصل إلى ٣٥% فقط وفقا للتحليل العلمي وهو ما يعنى أن ٧٠% من جملة الإستهلاك في مصر من القمح يعتمد على الإستيراد. وأوضحت دراسة أعدها المركز القومى للبحوث ومركز المعلومات واتخاذ القرار بمجلس الوزراء أن هناك قرارا بزيادة

مساحة القمح بمقدار ٤٠٠ ألف فدان وهو ما سيحقق إنتاج مليون طن بمعدلات الإنتاج الحالية. جاءت هذه الدراسة فى الوقت الذى تشير دراسة أخرى إلى أن سبب أزمة القمح فى مصر هو الإعتماد النسبى على الإستيراد حيث تستورد ما يتراوح بين ٦-٩ ملايين طن بنسبة ٤٥% من الإستهلاك المحلى تستأثر الولايات المتحدة بنسبة ٥,١٤% وأستراليا ٧,٢٢% وأوروبا بنسبة ٧,٢١% وكندا ٦,٣% حتى وصل إجمالى الواردات إلى ٣٨% من قيمة الواردات الغذائية.

تبلغ المساحة المنزرعة فى منطقة شمال إفريقيا ٥,٥ مليون هكتار يعتمد معظمها على الأمطار فيما عدا مصر التى تعتمد على الري الصناعى فى معظم المساحة المنزرعة وعلى نسبة ضئيلة للغاية على تساقط الأمطار. يعطى الهكتار ١ طن فى الزراعة المطرية ويرتفع إلى ما يزيد على ٦,٦ طن للهكتار تحت ظروف الري الصناعى بمصر عام ٢٠٠٠.

لقد وصل معدل الزيادة السنوية السكانية أكثر من معدل الزيادة فى إنتاجية القمح خلال الفترة الممتدة من ١٩٩٣-٢٠٠٠ (CIMMYT, 1996) ولما كانت توقعات الزيادة السكانية عام ٢٠٢٥ ستصل بتعداد العالم إلى ٧,٥ مليار من البشر مما يلزم زيادة إنتاجية القمح بمعدل ٣٥% وذلك بفرض عدم زيادة نصيب الفرد من القمح عما هو عليه الآن (United State Census Bureau, 1998). لذلك لابد من زيادة الرقعة المنزرعة من القمح، رفع إنتاجية وحدة المساحة، إستنباط أصناف جديدة ومرتفعة الغلة ومقاومة للأمراض وتقليص الفاقد قبل وبعد الحصاد، حتى لا يقع العالم فى مشكلة صعبة تهدد إمداد العالم بالقمح لأجيال قادمة.

مراحل نمو القمح

تمتد فترة حياة نباتات القمح فى مصر إلى ١٦٠-١٨٠ يوماً ويتوقف ذلك على منطقة الزراعة. يمر النبات أثناء ذلك بمراحل عديدة من النمو الخضري والتمرى. تتكون كل مرحلة بعدة أطوار، حيث تنقسم مرحلة النمو الخضري ومرحلة النمو التمرى إلى العديد من من الأطوار، وفى أثناء هذه المراحل تمر بالمراحل الفسيولوجية التالية:

الإنبات إلى الإنباتاق، نمو الأشطاء، خروج بادئات الأزهار أو ما يعرف بالصف المزدوج، تفتح الأزهار وخروج المتك وسقوط حبوب اللقاح على المياسم، بداية إستطالة الساق، تكوين السنابل (تكون النباتات حبلى أو ما يسمى بمرحلة طرد السنابل)، إمتلاء الحبوب والنضج. هذه المراحل يمكن تجميعها فى المراحل التالية: مرحلة النمو الأولى (GS1) من الإنباتاق إلى الصف المزدوج (خروج بادئات الأزهار). مرحلة النمو الثانية (GS2) من مرحلة الصف المزدوج إلى مرحلة تفتح الأزهار (بداية إستطالة الساق ومرحلة طرد السنابل). مرحلة النمو الثالثة (GS3) تتضمن فترة إمتلاء الحبوب من تفتح الأزهار إلى نضج الحبوب. ويعرف النضج الفسيولوجى بأنه الوقت الذى يتم فيه تحول ورقة العلم والسنابل إلى اللون الأصفر (Hanft and Wych, 1982).

يختلف طول كل مرحلة مما سبق تبعاً للأصول الوراثية، درجة الحرارة، طول النهار، وميعاد الزراعة:

١- مرحلة الإنبات إلى الإنباتاق أو تكوين البادرة Emergence: يتكاثر القمح بالثمرة التى هى عبارة عن حبة برة Carvopsis، تتكون من أغلفة الحبة وهى عبارة عن العديد من الطبقات وهى من الخارج إلى الداخل، غلاف الثمرة (البريكارب) وتوجد بالقصرة المادة الملونة التى تكسب الحبة اللون الخاص بها، ثم طبقة رقيقة عديمة اللون عبارة عن بقايا النيوسيلة، وكذلك الأندوسبيرم ويحاط بطبقة نشطة بنائياً تسمى طبقة الأليرون ولا تحتوى على حبيبات من النشا والأندوسبيرم النشوى ويحتوى على حبيبات النشا وجميع جلوتين الحبة، ثم الجنين ويوجد فى قاعدة الحبة عند نقطة اتصال السنبلة بالمحور فى الجانب المقابل للمجرى ويتكون من القصعة Scutellum والريشة Plumule ويمكن تمييز الغمد وحوالى أربع بادئات للأوراق وقصة الساق بمنطقة ريشة الجنين. ويشبه الغمد شكل قمع الخياطة الذى يغطى بادئات الأوراق ومرستيم الساق ثم الجذير Radicle الذى يكون الجذر الأولى.

وتمر الحبوب بعدة مراحل حين توافر الماء والأكسجين، حيث تنتشر بالماء لتبدأ بها التغيرات التى تساعد على إنبات الحبوب، حيث تتمزق الحبة من خلال منطقة البريكارب والقصرة وينمو الغمد Cleoptile خلال التربة أساساً بفعل نمو المرستيم

البيني الذي يوجد أسفل القمة النامية بحوالى ١٠ سم والذي يظل كذلك طوال نمو الغمد يكون شكل الغمد أنبوبى يبلغ طوله حوالى ٥٠ سم بقطر ٢ مم تشبه قمته شكل رصاصة البندقية Bullet وتتركز القصعة إنزيمات تحول نشا الأندوسيرم إلى سكريات ذائبة تمتصها القصعة. وعند توافر الظروف الملائمة للإنبات من رطوبة وتهوية ينمو الجذير أولاً ثم الريشة وباستمرار النمو تتكون أربع جذور جنينية جانبية بالإضافة إلى الجذير الأولى، وبعدها بفترة قصيرة ينمو الغمد الذى يحيط بالأوراق النامية ويستمر الغمد فى النمو خلال سطح التربة إلى أن تتوقف استطالته ويتوقف ذلك على عمق الزراعة فإذا كانت عميقة (٤٠-٦٠ مم) يتوقف الغمد قبل وصوله إلى سطح التربة إلا أن ذلك يمنع إنبثاق الورقة الأولى من الغمد حيث أنها غير مؤهلة لاختراق سطح التربة مما يؤدي إلى موت البادرة قبل ظهورها فوق سطح التربة.

يتميز المجموع الجذرى للقمح بنوعين من الجذور، الجذور الجنينية Seminal والجذور العرضية (التاجية)، نخرج حوالى ٦ جذور جنينية من الجنين عند الإنبات حيث يندفع الجذر الأولى (الأصلى) خلال التربة يعقبه ٤-٥ جذور جانبية وهى التى تكون نظام الجذور الجنينية، تتعمق لمسافة ٢ م وتدعم النبات إلى أن تظهر الجذور العرضية الدعامية (التاجية). تظهر الجذور العرضية من العقدة الثالثة إلى العقدة السابعة السفلى للساق وتكون جذور العقد العليا ظاهرة فوق سطح التربة وقد لا تخترق التربة أحياناً ويصاحب ظهورها ظهور الأشتاء ويمكن رؤيتها لأول مرة عند ظهور الورقة الرابعة وفى بداية ظهورها تكون بيضاء اللون ذات بريق. يمتد المجموع الجذرى عند النضج لمسافة ١-٢ م إلا أن معظم إنتشار المجموع الجذرى يكون فى القدم العلوى من التربة.

ينبغى أن يتوافر بهذه المرحلة قدر من الرطوبة لا يقل عن ٣٥-٤٥% من وزن الحبة (Evans et al. 1975)، وتنبت الحبوب فى درجة حرارة تتراوح ما بين ٤-٢٧ م° وتتراوح درجة الحرارة المثلى ما بين ١٢-٢٥ م° ولا يمنع حجم الحبة عملية الإنبات ولكن يؤثر على النمو والتطور والمحصول حيث وجد أن للحجم الكبير للتفاوتى عدة مميزات بالمقارنة بالحبوب الصغيرة حيث تزداد سرعة نمو البادرات، أعداد الأشتاء الخصبة للنبات وكمية محصول الحبوب (Splide, 1989)

وتتضح هذه المميزات عند نمو المحصول تحت الإجهادات البيئية وعلى الأخص الجفاف (Mian and Nafziger, 1994).

٢- مرحلة التفريع القاعدي Tillering: تتميز نباتات القمح بالقدرة على تكوين الأفرع الجانبية والتي تعرف بالأشطاء. وتخرج الأشطاء من العقد الناجية أسفل سطح الأرض مباشرة من أباط الأوراق القاعدية على الساق الرئيسي وكذلك الأفرع الثانوية، وتختلف القدرة العددية للأشطاء تبعاً للأصول الوراثية حيث تتميز الأقماح الشتوية بأعداد أشطاءها الكثيرة، يليها الأقماح متوسطة الطول أو ما يعرف بالنصف قزمية أو القصيرة Semi dwarf، كما تتحكم أيضاً عوامل البيئة في أعدادها. ومن العوامل الهامة سواء كانت وراثية أم بيئية نذكر معدل ظهور الورقة Phyllochron (فيلوكرون عبارة عن طول الفترة اللازم لنمو ورقتين متتاليتين متماثلتين على نفس الساق في مراحل النمو المتماثلة) وميعاد تكوين بادئات الأزهار والتي تتأثر بطول الفترة الضوئية وعملية الإرتباع. لانتج جميع الأشطاء سنابل والكثير منها يتم إجهاضه قبل الإزهار. وتعتبر عملية تكوين الأشطاء في النجيليات هامة للغاية حيث أنها تعوض النقص في أعداد النباتات بوحدة المساحة. يتكون أول شطاء من البرعم الثانى أو الثالث ويظل البرعم الموجود في عمق الريشة ساكناً ثم يموت وتنشأ أشطاء على البرعم الرابع والخامس أحياناً، وأحياناً من البراعم الأعلى من ذلك ويتوالى تكوين الأشطاء الثانوية والثالثية والرابعة من البراعم الموجودة فى أباط الأوراق القاعدية للأشطاء المختلفة. وتتوقف أعدادها على العديد من العوامل مثل عدد النباتات بوحدة المساحة، ميعاد الزراعة، مغذيات التربة، الأصناف، العوامل الجوية، حجم التقاوى وقد تصل إلى ٣٠ إلى أكثر من ١٠٠ شطاء للنبات الواحد ويتناقص إرتفاع الفرع وعدد سلامياته ووزن سنابله كما يتأخر طرد نورة الفرع طردياً بارتفاع الشطاء المتكون على الساق الأصلى أو الأفرع الجانبية (مرسى وعبد الجواد ١٩٦٧). وعادة ما تبدأ عملية التفريع عندما تكتمل نمو الورقة الثالثة على النبات وعند بداية خروج الورقة الرابعة على الساق الرئيسى.

٣- مرحلة الإستطالة: فى هذا الطور تستطيل السلاميات الرابعة إلى السابعة حيث يزداد ارتفاع النبات ليصل إلى أقصى ارتفاع له ويتم ذلك فى فترة قصيرة تبلغ

حوالى أسبوع ويعرف بإسم Culm (عبارة عن إستطالة أربعة إلى سبعة عقد لتكوين أزهار الساق وتتم عملية الإستطالة باستكمال فترة التزهير). وتنتهى الإستطالة بتزهير النبات وتظهر سنبله الساق الرئيسى أولاً يعقبها ظهور سنابل الأشرطة بنفس ترتيب ظهور الأشرطة ولا تنتهى جميع أشرطة النبات بسنابل كما سبق القول.

٤- طور الإزهار: تزهى النباتات بعد طرد السنابل بحوالى ٥-٦ أيام وتزهى سنبله الساق الرئيسى ممتدة من هذا الموقع إلى أعلى وأسفل، تتكون نورة القمح من سنبله مركبة لها محور يتكون من عدد من السلاميات المتبادلة، توجد سنبله فى قمة كل سلامية. تتكون سنبله القمح من العديد من الأزهار. تغلف السنبله عدد ٢ من القنايع Glume كما تخرج كل زهرة Floret من إبط قنابة تسمى العصافه الخارجيه Lemma لها سفى طرفى Awn. يتكون الغلاف الزهرى من ٦ وريقات فى غلافين، الورقة الأمامية فى الغلاف الخارجى غائبة، تتحد وريقتان لتكون العصافه الداخليه أو ما يعرف بالأنث Palca أما باقى الوريقات فتكون صغيره بيضاء اللون تسمى الفليسات Lodocules. تتكون أعضاء الذكير Androecium من ستة أسدية Stamen يتكون كل منها من المتك Anther والخيط Filament. أما أعضاء التأنيث فتتكون من المتاع Gynoecium الذى يتكون من ثلاث كرابل ملتحمة ذات ممكن واحد وبويضه واحده Ovule والمتاع له قلمان Style ينتهى كل منهما بميسم ريشى Stigma. الثمرة برة Caryopsis محدبة من السطح الظهري إلا أن الغلاف الثمرى يتجدد عند القاعدة لوجود الجنين، يوجد مجرى بالجهة البطنية من الحبة يمتد من القاعدة إلى القمة كما توجد خصلة من الشعر القصير الأملس على الطرف القمى للحبة. وعند تفتح الأزهار تنطلق حبوب اللقاح لتلقيح الكرابل وإخصاب البويضات لتكون الحبوب.

لكى تنهى نباتات القمح للإزهار يتبغى أن تتعرض لعملية الإرتباع، وذلك بتعرضها إلى درجة الحرارة المنخفضة التى عادة ما تتوقف على الأنماط المختلفه حيث ذكر (Ahrens and Loomis, 1963) أن عملية الإرتباع تحدث بالتعرض لدرجة حرارة تتراوح ما بين صفر -١٢ م° ولأن القمح الربيعى يحتاج للتهيئة

للإزهار إلى درجة حرارة تتراوح ما بين ٧-١٨ م° لمدة تتراوح ما بين ٥-١٥ يوم والقمح الشتوى ما بين ٠-٧ م° لمدة ٣٠-٦٠ يوم (Evans et al. 1975). وتوجد بعض الأصول الوراثية التى يتأثر إزهارها بطول الفترة الضوئية فبعد عملية الإرتباع تختلف هذه الأصول فى حساسيتها للضوء. ويمكن القول أن معظم الأصناف المنزرعة نباتات نهار طويل حيث يسرع إزهارها بزيادة طول النهار بينما لا تحتاج لطول محدد للنهار لدفع النباتات للإزهار (Evans et al. 1975 and Major and Kiniry, 1991). ولقد لاحظ (Stefany (1993 عدم حساسية القمح لطول فترة النهار أثناء الإنبات حيث تتكون بادئات المجموع الخضري فقط فى هذه المرحلة. على حين أن الأوراق المتكاملة النضج هى أعضاء النبات الحساسة لطول الفترة الضوئية وليست القمم المرستيمية (Barcello et al. 1992 and Bernier et al. 1993). ويكفى وجود ورقة واحدة أو جزء منها تتعرض لطول الفترة الضوئية الملائمة لتهيئة القمح للإزهار وبداية مرحلة الإثمار.

٥- طور نضج الحبوب: تمر حبوب القمح بعدة أطوار يمكن إجمالها فى التالي:

- طور النمو اللبنى: وفيه تمتلئ الحبوب بعصير مائى يحتوى على كثير من حبيبات النشاء وعند الضغط عليها يسيل عصير لبنى. وفيه لا يبلغ الجنين حجمه الكامل، ويمكن للحبة أن تثبت إلا أن البادرات الناتجة تكون ضعيفة.
- طور النضج الأصفر (العجبنى): يصير محتوى الحبوب عجبنى والحبوب ذات قوام طرى.
- طور النضج النام: تصل الحبوب إلى أقصى حجم لها وتتمام تكوينها وعادة ما تصل إلى هذا الطور بعد ٣-٤ أيام من الإخصاب.
- طور النضج الميت: وفيه تضمر الحبة وتزداد صلابتها ويفقد الكثير من الحبوب فى هذا الطور أثناء الحصاد.

القدرة المحصولية Yield Potential:

عبارة عن كمية المحصول الناتجة عن التوافق بين التركيب الوراثى للمحصول والظروف البيئية المتاحة فى ظل الممارسات الزراعية المثلى ودون التعرض

للإجهادات البيئية. ولقد وجد كل من (Slafer et al 1996) أن هناك علاقة قوية بين القدرة الإنتاجية للقمح وعدد حبوب المتر المربع لمجموعة من الأصول الوراثية. وكما هو معروف فإن أعداد الحبوب تتكون في الفترة الممتدة بين ٢٠ - ٣٠ يوم قبل الإزهار وبعد ١٠ أيام من التزهير. هذه الفترة تواب موت الأشطاء والأزهار مواكبا ذلك للنمو النشط للسيقان والسنايل. وعند زيادة أعداد الحبوب ومهما كانت عملية الانتقال المباشر لزيادة القدرة الإنتاجية فإن ذلك لا يعوض النقص في أوزان الحبوب. ولقد ناقش (Slafer et al 1996) انخفاض وزن الحبوب بزيادة أعدادها قائلا بأن ذلك ليس فقط لنقص المواد الممتلئة والمنقلة للحبة بل ذلك أيضا لزيادة أعداد الحبوب القليلة الوزن المنتجة من السنبيلات الموجودة بقاعدة النورات. ويعبر عن كمية محصول الحبوب من خلال المعادلة التالية:

$$\text{كمية المحصول} = \text{عدد الحبوب / م}^2 \times \text{وزن الحبة جم}$$

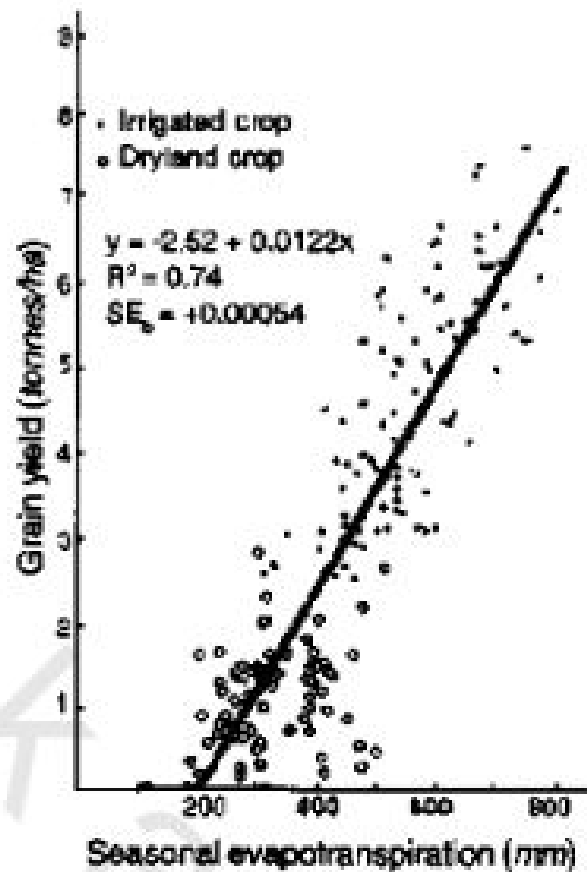
أى أن الذى يتحكم في كمية المحصول عدد أو/ و وزن الحبوب، وعادة ما تكون قدرة المحصول المحسوبة من هذه المعادلة أكبر من كمية المحصول الفعلية حيث قد يصل عدد الحبوب المحسوبة نظريا ١٨٠ ألف حبة /م² على حين تصل في الواقع إلى ١٨ ألف حبة فقط /م². ويرجع ذلك إلى التأثير التنافسي للمصادر المحدودة مثل الضوء، النيتروجين وعملية التمثيل الضوئي أثناء نمو السنبلة والتي تسبب فقد أعداد كبيرة من الحبوب، وينقص هذا العدد أيضا بنقص البورون والتعرض لإجهاد الجفاف الشديد مما يعمل على زيادة العمق ونقص تكوين الحبوب ومن المعروف أن درجة الحرارة والإشعاع الشمسى أهم العوامل المؤثرة على أعداد الحبوب بالمتر المربع، على حين يعتمد وزن الحبوب على الأصل الوراثى وإمداد المواد الممتلئة لوعاء المحصول بعد فترة الإزهار. وبعد الماء يأتى النيتروجين حيث أن ٢٥ كجم من النيتروجين يلزم لإنتاج طن من حبوب القمح. أوضح (Abbate et al 1995) أن هناك ارتباط قوى بين محتوى السنبلة من النيتروجين أثناء الإزهار وعدد حبوب المتر المربع وبالتالي كمية المحصول.

فسيولوجيا القمح والإجهادات البيئية

يتعرض القمح لإجهادات بيئية متعددة منفردة أو متجمعة تؤثر بالسلب على قدرة التعبير الوراثي للنمو والتطور والإنتاجية، والتي من أهمها التعرض لنقص الماء. لقد أمكن تخفيف وطأة التأثير السلبي الضار من خلال إتباع إستراتيجية رئيسية تتمحور في الري، وإستصلاح الأراضي وإستخدام الأسمدة وغيرها من العوامل، إلا أن المشتغلين بعلوم الإقتصاد والبيئة قد قللوا من شأن هذه الإستراتيجية حاثين على الإهتمام بأبحاث المقاومة الوراثية والإجهادات البيئية. ويمكن القول أن ٧١% من نقص القدرة الإنتاجية للقمح السنوية بالولايات المتحدة الأمريكية ترجع إلى عوامل الإجهادات البيئية. ينقص محصول القمح من خلال عوامل عديدة مثل التعرض للجفاف، الملوحة، التعرض لدرجات الحرارة المرتفعة وقلة نيتروجين التربة.

الإجهاد الجفافى

الإجهاد الجفافى شائع ومنتشر فى الطبيعة ويحدث بالأمكان التى يقل فيها إمتصاص المحصول للماء عن متطلبات البخر للغلاف الجوى حيث يتضمن ذلك عمليتين رئيسيتين: الأولى إمتصاص المحصول للماء ويتم التحكم فيه من خلال الجذور وصفاتها والأرض وخواصها، والثانية بواسطة معدل النتج بخر للمحصول ويعتمد على خواص الغلاف الجوى وعلى الأخص صفات الإشعاع الشمسى، ونقص ضغط الانتشار، صفات المحصول مثل الغطاء النباتى الذى يكسو سطح الأرض ومعدل التوصيل التخرى. وبالرغم من هذه التأثيرات إلا أن القمح قادر على النمو فى بيئات مختلفة. ينقص محصول حبوب القمح بالتعرض للإجهاد الجفافى حيث توجد علاقة خطية موجبة تربط بين معدل النتج بخر للمحصول أو إن شئت قل نتج المحصول ومحصول الحبوب للمحاصيل ثلاثية (القمح) ورباعية الكربون (الذرة)، لذلك ينقص محصول الحبوب بالتعرض للإجهاد الجفافى كما هو موضح بالشكل (٩-١).



شكل (٩-١) العلاقة بين محصول الحبوب ومعدل النتج بخر الموسمي للقمح المروى والجافة

إن المراحل الفسيولوجية التي يمر بها نبات القمح تتأثر بالإجهاد الجفافى الذى من الممكن أن تتعرض له فى أى مرحلة من مراحل النمو. إلا أن أكثر المراحل تأثراً وأكثرها حرجاً هو تعرض النبات لنقص الماء فى مرحلة النمو الثانية (GS2) حيث تتحدد أعداد حبوب القمح. وفيما يلى عرض لأثر الإجهاد الجفافى على مراحل النمو المختلفة:

- مرحلة إنبات الحبوب إلى إنبثاق البادرات: إن كمية المطر والبيئات الجافة قد تؤدي إلى تعريض النباتات إلى الجفاف فى مراحل النمو الأولى مما يؤثر على إنبات الحبوب وأعداد النباتات القائمة فى الحقل، بالإضافة إلى نقص وزن الحبوب، ضعف الإنبات وارتفاع الإعاق الميكانيكية التى قد تؤثر بالضرر على أعداد النباتات القائمة بالحقل. توجد علاقة ارتباط بين حجم الحبوب ومحتوى البروتين والجذور والمجموع الخضرى بنباتات القمح (Ries and Everson, 1973).

يلعب حجم التقاوى والتعرض للجفاف دوراً هاماً في إنبات الحبوب ونمو البادرات حيث يؤدي تعرض الحبوب للجفاف مبكراً للتأثير على الإنبات ونمو البادرات، كما أن حجم الحبوب ومحتواها من البروتين يؤثر على بداية خروج الجذور وظهور المجموع الخضري الهوائي (Ries and Everson, 1973) حيث أوضح العديد من الباحثين أهمية التأثير الإيجابي لكبر حجم التقاوى على إنبات القمح وتكوين البادرات (Kalakanavar et al, 1989 and Singh 1970)، بالإضافة إلى تقليل التأثير السلبي حين تعرضها للجفاف مبكراً على إنبات الحبوب الكبيرة الحجم لتكوينها جذور كثيفة تمكنها من الحفاظ على التوازن المائي حين توافر الماء القابل للاستفادة بأعمق التربة (Mian and Nafziger, 1994). ويمكن الاستدلال على التراكيب الوراثية التي تتحمل الزراعة العميقة عن طريق طول عمود الريشة وتعتبر صفة وراثية تلعب دوراً في تحسين نمو البادرات (ICARDA, 1987) حيث يمكنها التغلب على ما يعرف بالبداية الزائفة للماء وذلك حين سقوط الأمطار بكميات غير كافية لاستكمال عملية الإنبات، حيث ينبغي زراعة الحبوب عميقاً في التربة في المناطق التي تبدأ مواسمها بأمطار خفيفة حتى لا تؤدي كميات المياه القليلة إلى إنبات التقاوى قبل وصول معدل الأمطار إلى الحد الذي يبلل ١٠ سم السطحية من التربة.

- مرحلة إنبات البادرات إلى بداية تكوين بادرات الأزهار (بداية تكوين السنبلتين الطرفيتين أو ما يعرف بالصف المزدوج Double Ridge: وهي تعرف بمرحلة النمو الأولى كما سبق القول. يؤدي تعرض نباتات القمح للإجهاد الجفافى في مرحلة النمو الأولى (GS1) إلى طول معدل الفترة اللازمة لتكوين الأوراق المتماثلة على الساق أو ما يعرف بالفيلوكرون Phyllochron وذلك لتمح الخبز والقمح الذكر (Simane et al, 1993). يعتبر معدل ظهور الورقة Phyllochron مؤشر جيد وقوى لفهم تطور نمو النجيليات ومن هنا فقد ذكر (Cutforth et al 1992) أنها تعتمد بدرجة كبيرة على درجة الحرارة ولكن عند نقص الماء والنقص الشديد من الأزوت (Longnecker et al, 1993) يؤخر معدل خروج الورقة في الأقماع الربيعية، إلا أن تمدد الأوراق يكون حساس بدرجة كبيرة إذا وصل الجهد المائي من -٠.٧ إلى -١.٢ ميجاباسكال (Eastham et al, 1984). كما أن الأشطاء تكون حساسة جداً حتى أنها قد تصل إلى نصف العدد المفروض تحت ظروف الجفاف الشديد (Rickman et al, 1993).

(Pcterson et al, 1984 and 1983) والنتيجة أن أكثر العمليات الفسيولوجية تأثراً بالإجهاد الجفافى تكون دليل مساحة الأوراق ويكون ذلك أثناء هذه المرحلة. إن تعرض النباتات لنقص الماء قبل تكوين بادئات الأزهار مباشرة يقلل من بادئات تكوين السنبيلات فى هذه المرحلة (Oosterhuis and Cartwright, 1983) كما فى جدول (٩-٢).

- مرحلة ازدواجية الصف إلى الإزهار Double ridge to anthesis: تسمى هذه المرحلة بفترة النمو الثانية كما سبق القول، وتستمر إلى ١٠ أيام بعد الإزهار، ويتميز بنمو أعضاء النبات المختلفة (جذور، أوراق، سيقان، والسنايل) لذلك تعتبر من أنشط مراحل نمو القمح وبذلك فحين تعرضها إلى نقص الرطوبة بدرجة خفيفة إلى متوسطة ينقص دليل مساحة الأوراق الذى يتبعه نقص فى عملية التمثيل الضوئى نتيجة لخلق فتحات الثغور جزئياً (Aceveda et al 1991). ويبدأ الخلق عند وصول الجهد المائى للأوراق إلى -١,٥ ميجاباسكال (Kabata et al, 1992 and Palta et al, 1994). يؤدى خلق الثغور إلى نقص محتوى الورقة الداخلى من ثانى أكسيد الكربون الذى بدوره يعمل على نقص إنتقال اليكترون إثارة الضوء الممتص ويستمرار ذلك يمنع الضوء فيدمر النظام الضوئى Photo-inhibition بأكمله (Long et al, 1994).

جدول (٩-٢) تأثير الإجهاد الجفافى على بعض مكونات المحصول وكفاءة إستخدام الماء أثناء المراحل المختلفة من حياة القمح.

Parameter	Stress period			
	Grain filling	Anthesis	Pre-anthesis	Control
Leaf area index at booting stage	٥,٠٠	٥,٠٠	٣,٣٠	٥,٠٠
Fertile tillers/m ²	١٨٥,٠٠	٤٣٤,٠٠	٦٥٨,٠٠	٥١٣,٠٠
Grains/spike	٣١,٤٠	٢٧,١٠	١٣,٠٠	٣٢,٧٠
Weight of 1000 grain (g)	٤٩,٢٠	٥٣,٧٠	٥٥,٢٠	٥٦,٣٠
Grain yield (g/m ²)	٦٥٨,٠٠	٤٩٨,٠٠	٥٥٩,٠٠	٧٢٩,٠٠
Harvest index	٠,٥٣	٠,٥٣	٠,٥٠	٠,٥٢
WUE (kg grain/ha mm ETa)	١٥,٢٠	١٢,٤٠	١٤,٦٠	١٦,٨٠

WUE: water use efficiency, ET: evapotranspiration

Source: Hochman (1982)

لذلك فتوافر الماء بوسط النبات يعمل على فتح الثغور ليس فقط لتبريد أسطح النبات وإنما لاستمرار الإمداد بثاني أكسيد الكربون الذي يحافظ على إستمرارية تفاعلات الضوء-الظلام وتوظيف إنتقال الإليكترونات (Loomis and Amthor, 1996). يحافظ الكلوروفيل على خاصية الوميض المنبعث من جزيئاته عندما يزيد إمتصاص الضوء عن كفاءة تفاعلات الظلام لذلك فقد ذكر (Seaton and Walker, 1990) أن الإشعاع الضوئي يستعمل الآن على نطاق واسع لاختبار تأثير الإجهاد على المحاصيل.

لقد أوضح (Hochman 1982) حدوث نقص حاد في أعداد حبوب القمح عند التعرض للإجهاد الجفافى أثناء فترة نمو السنابل والوصول إلى أقصى نقص فى المحصول عند تعرض النبات للإجهاد الجفافى بدءاً من ١٠ أيام قبل إنبثاق السنابل، كما أنه يقل من أعداد السنبيلات بالسنبلة للأشطاء الخصبة (Hochman 1982 and Mostafa et al, 1996) وذلك نتيجة لموت الأزهار بقاعدة السنبلة وقمتها (Oosterhuis and Cartwright, 1983) حيث أن نمو السنابل يحتاج إلى الكربون والنيتروجين القابل للإستفادة فى هذه المرحلة الحرجة من التطور وكلاهما يقل بالتعرض للإجهاد الجفافى.

ولقد وجد عبد الجواد وآخرون (١٩٩٣) (Abdel- Gawad et al 1993) عند دراسة تأثير الإستهلاك المائى وجدولة الري وعلاقته بالتسميد النيتروجينى لنبات القمح بمصر أن نظام الري أدى إلى نقص معنوى فى المحتوى الرطوبى (الماء الكلى، الماء الحر والماء المرتبط) بأنسجة نصل ورقة العلم عند الحرمان من الري فى طور طرد السنابل أو طور النضج اللبنى بالنسبة لمعاملة المقارنة، بينما لم تلاحظ فروق معنوية فى المحتوى الرطوبى عند الحرمان من الري فى طور التفريع. كما أدى التعطيش فى مرحلة التفريع أو طرد السنابل إلى زيادة فى محتوى البرولين الكلى بأنسجة نفس الورقة مقارنة بالنباتات التى لم تتعرض للتعطيش فى أى مرحلة من مراحل النمو المختلفة للنباتات.

- مرحلة الإزهار إلى النضج: يتأثر إزهار القمح بالتعرض لنقص الرطوبة حيث ذكر (Simane et al, 1993) أن التعرض قرب الإزهار للجفاف يسرع من إزهار النبات كما أوضح (Nicholas and Turner, 1993) نقص تراكم الكربوهيدرات الذائبة فى السنابل فى المرحلة الممتدة بين مرحلة الإزهار إلى مرحلة الزيادة الخطية لنمو

الحبوب لذلك فإن هناك أهمية لعدم تعرض نبات القمح للإجهاد الجفافى فى هذه الفترة حيث أضاف كل من Palta et al, 1994; Kiniry, 1993; Richards and Townley-Smith, 1987) أهمية إنتقال المواد الممتلئة قبل الإزهار إلى الحبوب حيث نقل عملية التمثيل الضوئى بالتعرض للإجهاد الجفافى مما يؤدى إلى نقص المواد الممتلئة مما يؤثر على إمتلاء الحبوب بالإضافة إلى أن المواد الكربوهيدراتية غير البنائية أى التى لا تساهم فى بناء الأنسجة وتمتلئ بالأوراق والسيقان تساهم معنويًا فى نمو الحبوب، وعند تعرض النبات أثناء إمتلاء الحبوب للإجهاد الجفافى ينقص وزن الحبة لقصر فترة إمتلاء الحبوب لسرعة الدخول فى مرحلة الشيخوخة إلا أن أعداد الأشطاء الخصبة لا تتأثر (Hochman 1982). وربما يؤخر رش النباتات بمحلول مخفف من أورثو فوسفات البوتاسيوم (بوريد فوا) بمعدل ١٠ كجم للهكتار التأثير المشجع لارتفاع الحرارة والتعرض للجفاف للدخول فى مرحلة الشيخوخة مما يعمل على زيادة محصول القمح (Benbella and Paulsen, 1998). وتبين أنواع القمح المختلفة فى تحملها للجفاف حيث ذكر كل من (Sojak et al, 1981) أن قمح الخبز ذو الساق الطويل يتميز بالمقاومة المرتفعة للجفاف على حين أن الأقماح القصيرة Semi Dwarf متوسطة التحمل ويكون القمح الذكر حساس للجفاف.

علاقة نقص الماء ومحصول القمح

لقد قام الباحثون بدراسة إمكانية التعرف على كمية محصول الحبوب عند التعرض للجفاف حيث ذكر (Passionura, 1977) إمكانية حساب محصول حبوب المحاصيل الشتوية تحت ظروف الإجهاد الجفافى تبعاً للمعادلة التالية:

كمية محصول الحبوب - معدل النتج (T) X كفاءة عملية النتج (II) X دليل الحصاد (III)

حيث أوضح (Aceveda (1987) and Richards and Townley-Smith (1987) إمكانية تطبيق هذه المعادلة لحساب كمية محصول النجيليات الشتوية تحت ظروف الإجهاد الجفافى وأن محصول الحبوب يزداد بزيادة معدل النتج وأضاف Venora and (1993) and Aceveda and Fereres (1991) أن الأصول الوراثية التى تحتفظ بفتح ثغورها أثناء التعرض للإجهاد الرطوبى تتميز بارتفاع كمية محصولها.

علاقة الصفات المختلفة بامتصاص وفقد الماء

تقسم الصفات المورفولوجية والفسيولوجية ذات العلاقة بامتصاص الماء وفقده إلى صفات لامتنصاص الماء تتضمن الجذور، ضبط أسموزية الخلايا، محاليل الخلايا وأغشية الخلايا (Aceveda et al, 1998). أما صفات فقد الماء فتتمثل في نقص عملية النتج تبعاً لألوان الأوراق (Van Oosterom and Acevedo, 1992)، حركة الورقة، كيوتين سطح الورقة (Upadhayaya and Fumes, 1994) وسلوك الثغور (Venora and Calcagno, 1991) وكفاءة عملية النتج (Austin et al, 1990) والفرق بين درجة حرارة الجو والمجموع الخضري للنبات (Blum et al, 1988 and Rees et al, 1993).

لقد أوضح Morgan and Condon (1986) إرتفاع كفاءة ضبط أسموزية الخلايا لصالح المحصول بسلاسل قمح الخبز والقمح الدكر حيث بلغ ١١-١٧% للأول و ٧% للثاني. وفي حالة محصول القمح النامي بالمناطق المطرية فإن تبخير الماء من سطح الأرض يكون ذو تأثير كبير على المحصول وعلى الأخص قبل تكامل الغطاء النباتي مما يؤدي إلى تعرض مساحات من سطح الأرض إلى الأشعة الضوئية. وفي هذه الحالة ينبغي على منتج النبات رفع كفاءة استخدام الماء من خلال الإدارة المزرعية المناسبة.

أثر الملوحة على القمح

يتأثر نمو القمح بالملوحة من خلال ما يأتي:

- الجهد الأسموزي والذي يؤدي إلى تقليل الماء القابل للاستفادة بواسطة النبات.
- الإجهاد الأيوني.
- تغيرات الإيزان الأيوني (Kirst, 1989).

لذلك تتأثر الكثير من العمليات الفسيولوجية لنبات القمح بالتعرض للملوحة إلا أن أكثرها تأثراً نقص نمو الخلايا ومساحة الأوراق والمجموع الخضري وكمية المحصول. ويعتبر القمح من المحاصيل متوسطة التحمل للملوحة (Shannon, 1997). وحيث أن للماء علاقة وطيدة بزيادة إنتاجية المحصول وحيث أن عملية الري هي

للسائدة تحت ظروف الزراعة الجافة، ولما كان الري يؤدي إلى زيادة ملوحة التربة حيث عادة ما يحتوى المتر المكعب منه على ٠.١-٤ كجم من الملح لذلك فقد ذكر (Shannon, 1997) أن إضافة ١-١,٥ متر مكعب من ماء الري تتسبب في إضافة من ١-٦ طن سنويا للهكتار.

إن زيادة قدرة التوصيل الكهربى لمستخلص التربة عن ٤,٥ ديسيمنز/متر تعمل على إنقاص أعداد النباتات القائمة في الحقل بوحدة المساحة وحين وصولها إلى ٨,٨ ديسيمنز/متر تنقص البادرات بنسبة ٥٠% (Francois et al, 1986) مما يؤثر بالسلب على كمية المحصول. ولقد وجد Maas and Grieve (1986) أن ملوحة التربة تؤدي إلى تطور القمة وطول فترة بقاء الأوراق Phyllochron ونقص أعداد السنبيلات على الساق الرئيسى وإسراع نضج المحصول قبل الأوان وهذا يعمل على خفض كمية المحصول تحت هذه الظروف.

وفي دراسة على صنفين من القمح (جيزه ١٥٧ وسخا٨ بجنوب سيناء بمصر بمنطقة وادى سدر، أستخدمت المياه الجوفية المحتوية على نسبة من الأملاح الذائبة تتراوح ما بين ٣٤٠٠-٣٨٠٠ جزء في المليون لرى نباتات القمح ذكرت نورالدين وآخرون (١٩٨٤) (Noureldin et al 1984) عدم وجود خلاف في صفات النمو بين الصنفين الناميين تحت ظروف الري بالماء ذو التركيز المرتفع من الأملاح.

وفي دراسة أخرى بمصر على تأثير شتل أربع أصناف من القمح (سخا٨، جميزه ٣، سندس ٤ وسندس ٧) والتي رويت بمياه مالحة تراوحت تركيز أملاحها ما بين ٢٠٠٠-١٢٠٠٠ جزء في المليون، بالإضافة إلى معاملة المقارنة والتي رويت بماء الصنبور بالمشتل على ارتفاع نباتات القمح في المشتل ثم شتلها بالأرض المستديمة مع إمكانية أقلمتها لظروف الملوحة. ذكرت نورالدين وآخرون (٢٠٠٠) (Noureldin et al 2000) أن متوسط ارتفاع جميع بادرات الأصناف قد أنخفض باستخدام التركيزات المنخفضة من ٢٠٠٠-٦٠٠٠ مقارنة بمعاملة ماء الصنبور، إلا أن الخلاف لم يكن معنويًا، لذلك فقد نقلت بادرات القمح إلى المكان المستديم بالحقل بعد ٢٠ يوم من الزراعة، حيث ازدادت كمية محصول الحبوب لفدان لصنفى سخا٨ وجميزه ٣ بزيادة التركيز إلى ٢٠٠٠ جزء في المليون.

قائمة المراجع

- الجهاز المركزي للتعبئة والإحصاء <http://www.capmas.gov.eg/>
- مرسىم. ع.، عبد الجواد ع. أ. ١٩٦٧. محاصيل الحقل، الجزء الثاني، زراعة محاصيل الحقل. الطبعة الثالثة، دار النشر مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، مصر. صفحات ٧٨٣.
- وزارة الزراعة - قطاع الشؤون الاقتصادية - الإدارة المركزية للإقتصاد والإحصاء ١٩٩٤.
- Abbate, P.E., Andre, F.H and Culot, J.P. 1995. J. Agric. Sci., 124: p 351-361.
- Abdel - Gawad, A.A.; Nemat A. Noureldin; M.A. Ashoub and M.A.Kashabab 1993. Ann. of Agric. Sci. (38): 1 p183-192.
- Aceveda, E., 1987. In J.P. Srivastava, E. Porceddu, E. Acevedo & S. Varma. Eds. Drought Tolerance in Winter Cereals, P. 303-320. Chichester, UK, Wiley.
- Aceveda, E. 1991. Proc. ICARDA-INIA, Symp., Cordoba, Spain, 26-29, Oct. 1987, p 85 - 96
- Aceveda, E. & Fereres, E. 1993. In M.D. Hayward, N.O. Rosemark & I. Romagoza, eds. Plant breeding principle and prospects. Pp. 406-421. London, Chapman & Hall.
- Aceveda, E., Silva, H. & P. 1998. Bol. Tecn. Esta. Exp. Agron., 49(1-2): 1-28
- Ahrens, J.F. and Loomis, W.E., 1963. Crop Sci., 3: p 463-466
- Austin, R.B., Crauford, P., Hall, A., Aceveda, E., Da Silveira, B. & Nugy, E. 1990. Bull. Soc. Bot. Fr. 137, Act. Bot., 1: 21-30.
- Barcello, J., Nicholas, G., Sabater, B. and Sanchez, R. 1992. Fisiologia Vegetal, Madrid, E. Piramida, Sa. P 662.
- Benbella, M. & Paulsen, G.M. 1998. Agron. J., 90: 332-338.
- Bernier, F.R., Havelange, A., Housa, C., Petitjean, A. and Leijeune, P. 1993. Plant Cell, 5: 1147-1155
- Blum, A. 1988. Boca Raton, FL USA, CRC Press, 223.
- Borlaug, N.E., and Dowsell, C.R. 1996. The acid lands; one of agriculture' last frontiers. In A.C. Moniz. A.M.C.
- Briggie, L.W. 1980. In E. Haflinger, ed. Wheat documenta cibageigy, p 6-13.
- CIMMYT 1996, CIMMYT 1995, world wheat facts and trends; understanding global trends in the use of wheat diversity and international flows of wheat genetic resources Mexico, DF.

- Cutforth, H.W., Jame, Y.W. and Jefferson, R.G. 1992. Can. J. Plant Sci. 72: 1141-1151.
- Eastham, J., Oosterhuis, D.M & Walker, S. 1984. Agron. J., 76: 841-847.
- Evans, L.T., Wardlaw, I.F. and Fisher, R.A. 1975. Wheat. In L.T. Evans.ed. Crop physiolo., p 101-149. Cambridge, Uk, Cambridge University Press.
- Francois, L.E., Maas, E.V., Donovan, T.J. & Youngs, V.L. 1986. Agron. J., 78: 1053-1058.
- Hanft, J.M. & Wych, R.D. 1982. Crop Sci., 22: 584-587.
- Hanson H., Borlaug N.E. and Anderson, R.G. 1982. Wheat in the third world, Boulder, Co, USA, Westview Press.
- Hochman, Z.V.I. 1982. Field Crops Res., 5: 55-67.
- ICARDA, 1987. Cereal improvement program annual report. Aleppo.
- Kalakanavar, R.M., Shashidhara, S.D & Kulkarni, G.N. 1989. Seed Res., 17(2): 182-186.
- Kiniry, J.R. 1993. Agron. J., 85: 844-849.
- Kirst, G.O. 1989. Ann. Rev Plant Physiol. Plant Mol. Biol., 40: 21-53.
- Kobata, T., Palta, J.A. & Turner, N.C. 1992. Crop Sci., 32: 1238-1242.
- Leonard, W.H., and Martin, H.H. 1963. Cereal Crop. New York, NY, USA. MacMillan Publisher.
- Long, S.P., Humphries, S., and Falkowski, P.G. 1994. Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol Biol., 45: 633-664.
- Longnecker, N., Kirby, E.J.M., and Robson, A. 1993. Crop Sci., 33: 154-160.
- Loomis, S.R. & Amthor, J.S. 1996. Limits of yield revisited. In M.P. Reyond, S. Rajaram & A. McNab, eds. Increasing yield potential in wheat breaking the barriers. Pp. 76-89. Mexico, DF., CIMMYT.
- Maas, E. & Grieve, C. 1986. Appl. Agric. Res., 1(1): 12-26.
- Major, D.J., and Kiniry, J.R. 1991. Pridicting daylength effect on physiological processes. In T Hodges, ed. Pridicting Crop Phenology, p 15-280, Boca Roton, FL., USA, CRC Press.
- Mian, M.A.R. & Nafziger, E.D. 1994. Crop Sci. 34: 169-171.
- Morgan, J. and Condon, A.G. 1986. Austr. J. plant Physiol. 13: 523-532.
- Moustafa, M.A., Boersma, L. & Kronstad, W.E. 1996. Crop Sci. 36: 982-986.
- Nicholas, M.E. & Turner, N.C. 1993. Field Crops Res., 31: 155-171.
- Noureldin, Nemat, A., A.M. Hegazi, M. A. Abd El-Gawad and Salem M. O. M. 1984. Egypt. J. Agron. 9 (1-2) pp. 29-38.
- Noureldin, Nemat, A., S.H. Hassanien, M.O.M. Salem and Howaida, A. Maamoun (2000). 8th Conf. Dev. Res., Fac. Agric., Ain Shams Univ., Cairo, Egypt, Nov. 20-22, 2000. Annals Agric. Sci. Sp. Issue 3, 917-933, 2000.

- Nuttonson, M.Y. 1955. Wheat-climatic relationship and the use of phenology in ascertaining the thermal and photo-thermal requirements of wheat. Washington, DC. American Institute of Crop Ecology.
- Oosterhuis, D.M. & Cartwright, P.M. 1983. Crop Sci. 23:711-716.
- Palta, J.A., Kobata, T., Turner, N.C & Fillery, I.R. 1994. Crop Sci. 34: 118-124.
- Passioura, J.B. 1977. Austr. Inst. Agric. Sci., 43: 117-120.
- Peterson, C.M., Klepper, B., Pumphrey, F.B. & Rickman, R.W. 1984. Agron. J., Agric. Res., 38: 983-992.
- Rajaram, S., and Van Ginkel, M. 1996. Wheat special Report No. 5 Mexico, DF, CIMMYT.
- Rees, D., Sayra, K., Acevedo, E., Nava, E., Lu, Z., Zeiger, E. & Limon, A. 1993. Wheat Special Report No. 10. Mexico, DF, CIMMYT.
- Richards, R.A. & Townley-Smith, T.F. 1987. Austr. J. Agric. Res., 38: 983-992.
- Rickman, R.W., Klepper, B.L. and Peterson, C.M. 1983. Agron. J., 75: 551-556.
- Ries, S.K. & Everson, E.H. 1973. Agron. J., 65: 884-886.
- Saunders, D.A. & Hettel, G.P., eds. 1994. Wheat in heatstressed environments: irrigated, dry areas and rice-wheat farming systems. Mexico, DF, CIMMYT.
- Seaton, G.R. and Walker, D.R. 1990. Proc. Royal Soc. Lond, B., 242: 29-35.
- Shannon, M.C. 1997. Adv. Agron., 60: 75-120.
- Sumane, B., Peacock, J.M. and Struik, P.c. 1993. Plant soil, 157: 155-166.
- Singh, B.P. 1970. Madras Agric. J., 57 (8): 449-452.
- Slafer, G.A., Calderini, D.F. & Miralles, D.J. 1996. Yield components and compensation in wheat: opportunities for further increasing yield potential. In M.P. Reynolds, S. Rajaram & A. McNab, eds. Increasing Yield Potential in Wheat: Breaking the Barriers. Workshop Proc., Cd. Obregon, Mexico, 28-30 Mar. 1996 Mexico, DF, CIMMYT.
- Sojka, R.E., Stolzy, L.H. & Fisher, R.A. 1981. Agron. J., 73: 8383-844.
- Spilde, L.A. 1989. J. Prod. Agric., 2: 169-172.
- Stefany, P. 1993. Wheat Special Report No. 22. Mexico, DF, CIMMYT. Symp., Cordoba, Spain, 26-29 Oct. 1987, p 85-96.
- United State Census Bureau. 1998. Total mid year population for the world, 1950-2050. Data Updated in June, 1998. [http:// www.census.org/www/worldpop.html](http://www.census.org/www/worldpop.html).
- Upadhyaya, M.K. & Furnes, N.H. 1994. Can. J. Bot., 72: 1379-1386.
- Van Oosterom, E.J. & Acevedo, E. 1992. Euphytica, 62: 1-14.
- Venora, G. & Calogno, F. 1991. Euphytica, 57: 275-283.

القطن

Cotton

Gossypium sp.

يتبع الجنس جوسيبيم *Gossypium* الفصيلة الخبازية *Malvaceae* والتي تضم حوالي ٤٠-٥٠ جنس وحوالي ١٠٠ نوع تنتشر في المناطق الإستوائية وتحت الإستوائية وتعتبر أربعة منها ذات أهمية إقتصادية في الزراعة وهي *G. herbaceum*، *G. arboreum* وعدد الكروموسومات لكل ١٣ بالجاميطات و٢٦ بالخلايا الجسمية وتتبعها أقطان الدنيا القديمة. و *G. Barbadense*، *G. hirsutum* وعدد الكروموسومات لكل ٢٦ بالجاميطات و٥٢ بالخلايا الجسمية وتتبعها أقطان الدنيا الجديدة.

يتبع القطن المصري جوسيبيم باربادنس ويعتبر من أجود أقطان العالم من حيث جودة صفات الثبلة، ونباتاته شجيرات معمرة إلا أنه يزرع سنوياً في مصر كمحصول حولي.

تمتد زراعة القطن في مصر من أقصى الجنوب إلى أقصى الشمال حيث يزرع في الأرض الطينية والطينية الصفراء، كما يزرع في الأراضي الثقيلة ويزرع في أراضي الإصلاح بعد الترسيم والأرز، ولا يزرع بأراضي الجزائر والسواحل لارتفاع خصوبتها مما يؤدي إلى زيادة النمو الخضري ونقص النمو الثمري.

تمتد حياة نبات القطن سبعة أشهر في مصر العليا والوسطى حيث يزرع في فبراير ويحني في أواخر أغسطس، ونحو ثمانية أشهر في الوجه البحري حيث يزرع في مارس وقد يتأخر عن ذلك ويحني في سبتمبر وقد يتأخر عن ذلك.

ويمكن تقسيم حياة نبات القطن إلى فترتين وهما فترة النمو الخضري وفترة النمو الزهري، وتمتد الفترة الأولى في شهرى فبراير ومارس وتمتد الفترة الثانية بعد شهرين من الزراعة أى من حوالى منتصف شهر أبريل حتى نهاية حياة النبات. وتلاحظ مرحلتان مهمتان أثناء فترة النمو الزهري والثمري وهما مرحلة التزهير ومرحلة التلويز وتمتد مرحلة التزهير من شهر مايو حتى شهر أغسطس تقريباً وتمتد

مرحلة التلويز من يوليو حتى سبتمبر تقريباً ويتأثر طول وميعاد هاتين المرحلتين بكثير من العوامل التي من أهمها ميعاد الزراعة والعوامل البيئية.

وبواكب الفترة الخضرية من حياة نبات القطن الحرارة المرتفعة والإضاءة الشديدة أخذت في الارتفاع وبواكب فترة التزهير والتلويز لدرجات حرارة وشدة إضاءة أخذت في الانخفاض.

مورفولوجيا النبات

أولاً- الجذر: يتميز نبات القطن بجذر وتدى عميق يصل إلى عمق ٢,٥ - ٣ م (الشونى ومحمد ٢٠٠٣) ويتوقف العمق على الصنف ونوع الأرض ودرجة حرارة ورطوبة الأرض وغير ذلك من العوامل. تنمو الجذور الجانبية عندما يصل طول الجذر الأصلي إلى حوالى ٢٠ سم متعامدة على الجذر الأصلي فى أربعة صفوف طولية وتنمو أفقياً فى التربة لمسافة معينة قبل أن تتعمق بها وبذلك فإن المجموع الجذرى عادة ما يأخذ شكل المخروط المقلوب فى حالة الزراعة على مسافات واسعة، أو شكل أسطوانى من أعلى ومخروطى من أسفل فى حالة الزراعة المزدحمة. ويختلف عدد وإمتداد هذه الجذور إذ قد تمتد لنحو مترين عند زراعة النباتات متباعدة عن بعضها بينما يكون قطاع الأرض مزدحماً بجذور النباتات المتقاربة ويمكن تقسيم الجذور الجانبية إلى ثلاث مناطق وهى:

- منطقة الجذور الجانبية: وتمتد لعمق ٢٠-٢٥ سم وتحمل جذوراً جانبية قوية.
- منطقة باقى الجذر الرئيسى: وتحمل جذوراً جانبية ضعيفة النمو.
- منطقة الجذور السفلية: تمتد فى نهاية الجذر وتخرج منها مجموعة جذور صغيرة وتنشأ قريباً من مستوى الماء الأرضى أو فوق طبقة صلبة من الأرض.

ثانياً- الساق: ساق القطن غير محدود النمو إلا أن درجة ذلك تتوقف على الصنف المنزوع، تتكون الأوراق على الساق الرئيسى بمعدل ورقة كل ٣-٤ أيام معتمدة فى ذلك على درجة الحرارة (McArthur et al, 1975)، يوجد برعمين فى قاعدة

كل ورقة واحدة ربما تنمو لتعطي إما فرع خضري أو فرع ثمرى (Mauney, 1968 and 1979). أما الأفرع الأخرى فتتكون من البراعم الإبطية لتعطي إما أفرع خضرية أو أفرع ثمرية. وعادة ما يخرج أول فرع ثمرى من العقدة السادسة إلى العقدة التاسعة فوق مكان خروج الفلقات، وبمجرد نمو الفرع الثمرى فإن مرستيم المحور Axis يستهلك في إنتاج ورقة وبرعم زهرى. ويبدأ البرعم الإبطى في النمو عند بدء البرعم الزهرى في التطور ويتم تتابع السلاميات من محاور الأفرع الجديدة في إنتاج أشكال متطابقة من الأفرع الثمرية على شكل حلزوني (Mauney, 1968 and Eaton, 1955). لقد ذكر الشونى ومحمد (٢٠٠٣) وجود برعمين في إبط كل ورقة أحدهما مركزي ويسمى البرعم الإبطى والآخر ثانوى ويسمى البرعم الجانبي ويوجد على يمين أو شمال البرعم الإبطى وتنمو البراعم الإبطية إلى أفرع خضرية تشبه الساق الأصلية تماما في نموها بينما تنمو البراعم الجانبية أو الثانوية معطية أفرعا ثمرية وعادة ينمو برعم واحد فقط من هذه البراعم بينما يظل الآخر ساكنا. وتتوقف طبيعة تفريع النبات وكذلك مناطق الساق المختلفة على نمو هذه البراعم، فإذا ظل كلا البرعمين ساكنين في منطقة ما سميت بالمنطقة العارية أو الجرداء وهى خالية من الأفرع وتشمل الثلاث أو الأربع عقد السفلى من النبات كما فى القطن المصرى وإذا نمت البراعم الإبطية فقط أعطت أفرعا خضرية وسميت منطقة الساق فى هذه الحالة بالمنطقة الخضرية وتبدأ من العقدة الرابعة وتمتد فى بعض الأصناف إلى العقدة الثانية عشر كما فى القطن المصرى والعكس إذا نمت البراعم الثمرية فقط فإنها تعطي أفرعا ثمرية وتسمى تلك المنطقة بالمنطقة الثمرية وتبدأ من العقدة السابعة إلى الثانية عشر وتمتد حتى قمة النبات.

ثالثاً- الأوراق: الورقة بسيطة ذات عنق لها أذنان تسقط أحيانا مبكرا وتخرج الأوراق على الساق عند العقد فى نظام حلزوني تبعا لنظام الفيلوتاكس Phyllotax والنظام الشائع فى أقطان الدنيا الجديدة التابع لها القطن المصرى هو نظام ٨/٣ (وتعنى أنه فى حالة إمرار خيط بقواعد ثمانية أوراق فإنه يدور حول الساق ثلاث مرات). وتختلف أوراق القطن فى شكلها وحجمها وقوامها وعمق تفصيل نصلها وعند الفصوص وشكلها.

رابعاً- الزهرة: تتكون الزهرة من تحت الكأس، الكأس، التويج، الطلع والمتاع. يحمل الفرع الثمرى عدداً من الأزهار يختلف من زهرتين أو ثلاثة وفي العادة من ٥-٨، والزهرة منتظمة خنثى سفلية.

خامساً- اللوزة: تعرف الثمرة في القطن باللوزة وهي علبة ثلاثية أو خماسية المساكن حيث تفتح مسكناً عند النضج إلى عدد من الفصوص. يختلف باختلاف عدد المساكن (الشونى ومحمد ٢٠٠٣). وبعد الإخصاب مباشرة يبدأ نمو اللوزة وتستغرق مدة تختلف تبعاً للصفة فهي حوالى ٥٠ يوماً فى الأقطان المصرية وتتراوح فى الأقطان الأمريكية من ٤٥-٧٠ يوماً وتتأثر مدة نضج اللوزة بدرجة كبيرة بالعوامل البيئية وتنمو فى الحجم ابتداءً من الإخصاب وحتى اليوم الخامس والعشرين أو السادس والعشرين حيث تصل إلى الحجم الكامل وبعدها لا يحدث لها تغيير حتى اليوم ٤٥-٤٨ حيث تبدأ فى التشقق والتفتح وفى اليوم ٥٠ يستمر تفتحها وتصبح صالحة للجنى.

سادساً- الشعرة: عبارة عن خلية واحدة من خلايا بشرة البذرة وتتشأ نتيجة إسقاط الخدار الخارجى الرقيق لخلايا البشرة حتى تصل الطول النهائى للشعرة ثم يترسب عليها السيليولوز بعد ذلك.

النمو والتطور

إن القطن من النباتات الطويلة العمر حيث يبلغ فى المتوسط ١٥٠-٢٢٠ يوماً معتمداً فى ذلك على الصنف والظروف الجوية. يعتبر نبات القطن من المحاصيل الحساسة للبرودة حيث تصاب أنسجته بأضرار حين يتعرض لدرجة حرارة تتراوح ما بين ١٠-٥°م.

يمر نبات القطن بالعديد من أطوار النمو التى تتأثر بالعوامل البيئية المختلفة والتى يمكن إستعراضها فيما يأتى:

- الإنبات والإنبشاق: يمكن فصل طور إنبات بذور القطن إلى مرحلتين، الأولى وتتعلق بتشرب البذور بالماء، إستئناف نشاط المواد المخزنة، نمو الجذور إلى تمزق غلاف البذرة. أما المرحلة الثانية فتتضمن عمليات نمو السويقة الجنينية السفلى

والجذير الذي ينتج عنها إنبات ونمو البادرة القوية. وإلتزام المرحلة الأولى ينبغي أن يتوافر تدرج في الجهد المائي بين البذور والأرض بالإضافة إلى ضرورة حدوث تلامس بين حبيبات الأرض وبذور القطن لانتقال الماء الكاف من الأرض إلى البذور. عادة ما يبلغ الجهد المائي للبذور الجافة - ١٠٠٠ بار، من ذلك يتضح أن هذه الظروف تكون مواتية لعملية إنبات القطن إلا في ظروف الإجهادات البيئية القاسية. وعلى ذلك ففي حالة توافر الماء اللائم بالأرض ودرجة الحرارة تحدث عملية تشرب البذور بالماء خلال ٣٦-٤٨ ساعة الأولى حيث يتم في خلال هذه الفترة إمتصاص القدر الكافي من الماء بحيث يزيد وزن البذرة بحوالي ٨٠% وحجمها ٥٠% ويكون النشاط البنائي منخفض في أثناء ذلك ويعتمد إمتصاص الماء على العمليات الطبيعية وليست العمليات البيوكيميائية ويحدث حتى بانخفاض درجة الحرارة. يتم إستئناف نشاط المواد الممتلئة بسرعة بعد تشرب البذور الماء وتكون هذه المرحلة أكثر مراحل الإنبات حساسية لدرجة الحرارة وتتميز الخلايا المنتفخة بزيادة البوليسومات وتمثيل الأحماض النووية مما يسمح بنجاح عمليات نسخ وانتقال المعلومات الوراثية المخزنة في الجينات لاستئناف العمليات الضرورية لانقسام الخلية ونمو أعضاء النبات.

إن عملية إنبات البادرات تتطلب نمو السويقة الجنينية السفلى لرفع فلقات البذور إلى أعلى سطح الأرض لمسافة ٥-٨ سم بالإضافة إلى نمو الجذير ليتخلل الأرض لتمكين النبات من زيادة مسطح الإمتصاص حتى يكون قادرا على إمداد النبات بحاجته من الماء والعناصر الغذائية. إن نمو كل من السيقان والجذور يكون حساس للعوامل الصغرى للمناخ والصفات الطبيعية لمهد البذور وعلى الأخص درجة الحرارة، الجهد المائي وصفات الأرض. وتبلغ درجة الحرارة المثلى لنمو كل من السويقة الجنينية السفلى والجذير مقدار ٣٤,٤ م° والحد الأعلى والأدنى ٤١,٩ و ١٤,٤ م° على الترتيب. لذلك ينبغي تأخير الزراعة إلى أن تزداد درجة حرارة الأرض إلى أكثر من ١٦ م° لتثبت البذور بعد ٥-١٠ أيام عند زراعتها على عمق ٤-٧ سم، تستطيل السويقة الجنينية السفلى بسرعة بمعدل ٢-٥ أضعاف حجمها مقارنة بما كانت عليه قبل عملية الإنبات حاملة الفلقتين خلال ٧ أيام حيث تقوم الفلقات بعملية التمثيل الضوئي.

عند تعرض نباتات القطن إلى إجهاد أسموزى يبلغ -١٠ بار ينقص معدل نمو الجذير بما قيمته ٢٨% على حين تصل هذه النسبة إلى ٨٧% للسويقة الجذبية السفلى وذلك حينما تكون درجة الحرارة قريبة من الدرجة المثلى.

تحتاج بذرات بذور القطن فى العادة إلى ثلاث أيام للإنبات من عمق ٥ سم عندما يكون الجهد الأسموزى - ٠.٣ بار على حين تحتاج البذور سبعة أيام عندما يكون الجهد الأسموزى - ٣.٠ بار. ولا تتبثق البذور حتى ١٣ يوما عندما يكون الجهد الأسموزى مساويا - ١٠ بار (Wanjura and Buxton, 1972).

وعموما تحتاج نباتات القطن لكميات كبيرة من المياه لإنبات بذورها عن كثير من بذور المحاصيل الأخرى لكبر حجم الفلقات ولاحترياج الفلقات لكميات كبيرة من الماء لتأدرت مركباتها، وينبغى توافر الماء بالأرض لضمان إنبات البذور ويلجأ المزارع بعد وضع البذور الجافة فى الزراعة بدون رية كدابة إلى رى الأرض على البارد لضمان إضافة قدر كبير من الماء للأرض وفى الأرض المالحة تغمر الأرض بالماء ثم تصفى فى اليوم التالى وعند إنبات الزراعة بعد الري كدابة تروى الأرض رىا غزيرا قبل وبعد الزراعة بالبذور الجافة فى الأراضى الثقيلة والملحية والكثيرة الحشائش وتوضع البذور المبثلة (لضمان الإنبات) بالأرض بعد ريتها رية كدابة وتتبع هذه الطريقة فى الزراعة المبكرة والأراضى الثقيلة والكثيرة الحشائش وفى هذه الحالة تتوفر رية بعد الزراعة وهى الطريقة النمساوى أو إن شئت قل الزراعة ببذور مبثلة بالمقارنة مع طريقة الري المزدوج أو المكفن أو الزراعة ببذور جافة.

- **النمو الخضرى والمحصول:** إن نباتات القطن تتميز بقدر من المرونة الإثمارية (الإنتاج) التى تمد النباتات بالوسائل التى تمكنه من التحكم فيما تحمله من ثمار كاستجابته للإمداد المائى حيث تتكون أعداد كبيرة من الأشكال المختلفة من الثمار مثل الوسواس أو اللوز الصغير. تؤدى هذه المرونة إلى تساقط وفقد نسبة من هذه الأشكال للحفاظ على التوازن بين النمو الخضرى والنمو الثمرى. وتعتمد هذه الوسائل لضبط أعداد ما يحمله النبات من ثمار على التعرض لنقص الماء من حيث الميعاد، الشدة والمدة. وعموما فإن نقص الماء ربما يغير من أماكن العقد التى

تحمل أعدادا كبيرة من الثمار وتنسحب في تساقط الوسواس واللوز الصغير. لقد وجد (Mauney 1979) أن ثمار القطن الناتجة على العقد الأولى من كل فرع ثمرى لها فرصة أكبر على البقاء مقارنة بغيرها الناتجة على العقد الأعلى وقد يعكس ذلك احتمال تنافس اللوز الأكبر في العمر والمتكون مبكرا على العقد المنخفضة على نفس الفرع الثمرى على ناتجات عملية التمثيل الضوئى لتمييز اللوز الأكبر فى العمر بسرعة النمو. وبمجرد بداية التزهير فإن المدة بين الأزهار وبعضها البعض تبلغ 6-8 أيام على نفس الفرع الثمرى مما يؤدي إلى أن الأزهار المتكونة أولا على العقد تصبح أقوى مصبا للمواد الممثلة مقارنة ببقية اللوز مما يؤدي إلى فروق كبيرة فى معدل النمو وترتفع النسبة المئوية لهذه الظاهرة للنباتات النامية تحت ظروف الإجهاد الجفافى (Stockton et al, 1961). وفى غياب تأثير العوامل الخارجية فإن حالة الكربوهيدرات والنيتروجين لها علاقة وثيقة بآيزان النمو بين المجموع الخضري والمجموع الثمرى. وتوضح هذه العلاقة فى التأثير المباشر للإجهاد الغذائى الذى ينشأ نتيجة للتأثير غير المباشر لتعرض القطن للإجهاد الجفافى.

وتعتبر فترة التزهير والتلويز هما الفترتين الحرجتين بالنسبة لنقص الماء إذ تقل حيوية حبوب اللقاح بدرجة كبيرة بتعرض النباتات للإجهاد المائى ويؤدى تأخير الرى فى بداية فترة التزهير لمدة لا تزيد عن خمسة أيام إلى تحديد النمو الخضري للقطن والتبكير فى تفتح اللوز. ولا يصاحب تأخير الرى فى بداية التزهير نقص فى كمية المحصول. ويؤدى نقص الماء أثناء فترة التزهير وتكوين اللوز لنقص كمية المحصول لقدرة قد يبلغ نحو 30% بينما لا يزيد النقص عن 5% بالتعرض للإجهاد المائى أثناء فترة تكوين البراعم الزهرية.

تستغذ نباتات القطن الماء من الأرض أثناء حياتها ويزداد مقدار الإستهلاك المائى اليومى لنباتات القطن باستمرار بتقدم العمر حتى شهر أغسطس فى الظروف المصرية ثم ينخفض بعد ذلك. يختلف العمق الذى يمتص منه نبات القطن بأكبر قدر أثناء حياته إذ يسود الإمتصاص من القطاع السطحى حتى 20 سم من سطح الأرض فى الفترة الأولى من حياته، ثم ينشط الإمتصاص من عمق 20-40 سم فى أوائل مايو ثم من

عمق ٤٠-٦٠ سم في أوائل يونيو ومن ٦٠-٩٠ سم في الأسبوع الثالث من يونيو (المغربى، ١٩٦٦).

ويبلغ مقدار المقنن المائى للقطن ٢٨١٨، ٣٥٤١، ٣٨١٣ م^٢ بالوجه البحرى ومصر الوسطى ومصر العليا على الترتيب ويرجع لزيادة المقنن المائى من شمال مصر إلى جنوبها أساسا لارتفاع درجة الحرارة وازدياد شدة الإضاءة وانخفاض الرطوبة الجوية النسبية.

يعتبر الرى كل ١٥ يوما ابتداء من الريّة الأولى بعد ريّة المحاياء أفضل ميعاد للرى بشمال وجنوب الدلتا ومصر الوسطى وتؤدى إطالة فترة الرى إلى ١٩ يوما لنقص كمية المحصول بمقدار ١٦,٥% فى شمال الدلتا، ١٨,٥% فى جنوب الدلتا و ٢٣,٤% فى مصر الوسطى (خليل وآخرون، ١٩٥٩). وينصح فى مصر العليا برى النباتات فى مايو ويونيو ويوليو كل ٨-١٠ أيام، وينصح بنقص فترة الرى إلى نحو ١٢ يوما أثناء شهرى يونيو ويوليو. وعادة ما تروى ريّة المحاياء بعد ٢٠ يوما من الزراعة.

يوقف رى القطن عادة ابتداء من شهر أغسطس (مسرى) إذ يخشى الزراع زيادة النمو الخضرى للنبات وإصابة اللوز المتأخر النضج بديدان اللوز ويلجأ المزارع إلى رى القطن فى أوائل مسرى فى الأراضى الملحية السهلة الصرف، وحينما تكون النباتات فى طور الإزهار واللوز ما زال صغيرا. ويجب مراعاة النقاط التالية عند رى القطن:

- ١- ضمان وصول الماء إلى الجور عن طريق الفشع بمنع الرى بمجرد وصول مستوى الماء إلى قاعدة الجورة.
- ٢- زيادة كمية ماء الرى بالأراضى المالحة مع صرف الماء الزائد.
- ٣- تقارب فترات الرى بالأراضى المالحة.
- ٤- رى القطن ربا غزيرا فى الريّة الرابعة أو الخامسة فى حالة تهيج النباتات ونموها نموا خضرىا قويا لضمان دفع النباتات للإزهار.

قائمة المراجع

- الشونى ك.ع. ومحمد أ.ع. ٢٠٠٣. الطبعة الثانية. نشأة وتقسيم محاصيل الحقل. الناشر عالم الكمبيوتر والطباعة، القاهرة، مصر.
- المغربى م. ط. ١٩٦٦. رسالة ماجستير كلية زراعة جامعة عين شمس، القاهرة، مصر.
- خليل ع، السيلوى أ. ف.، قصرى أ. والجبلى أ. ١٩٥٩. مؤتمر الحبوب الأول المجلس الأعلى للحبوب. القاهرة، مصر.
- Eaton F.M. 1955 Annu Rev Plant Physiol 6, 299
- Mauney J.R. 1968. Morphology of Cotton Plant, in Elliott F. C., Hoover M. and Porter W.K., Jr. Eds., Advances in Production and Utilization of Quality Cotton: Principles and Practices, Iowa State University Press, Ames, Iowa, pp. 23-40
- Mauney J.R. 1979. Flowering, Fruiting and Outout: Production of Fruiting Points, Proc. Beltwide Cotton Production. Res. Conf., pp.256-261.
- McArthur, J.A., Hesketh J.D., and Baker D.N. 1975, Cotton in Evans, ed., Crop Physiology: Some Case Histories, Cambridge Univ. Press, Cambridge, pp. 295-325
- Stockton J.R., Doneen L. D. and Walwood V. T. 1961. Agron. J. 57, 135.
- Wanjura D.F. and Buxton D.R. 1972. Agron J 64, 431

البقوليات

Grain Legumes

تتعدد الحاصلات البقولية المنزرعة في مصر وأهم هذه الحاصلات

١- الفول البلدى (*Vicia faba L.*) Faba bean: ويتميز بوجود طرزين: الأول عريض البذور major والثاني صغير أو متوسط البذور minor. وهو من محاصيل الحقل الهامة في مصر وتستخدم بذوره في تغذية الإنسان والحيوان.

٢- العدس (*Lens culinaris, Medik*): ويعتمد المصريون في استخدامه لتعويض نقص البروتين الحيواني إلا أن المساحات المنزرعة منه في مصر لا تكفي سد الاحتياجات منه.

٣- الحمص (*Cicer arietinum, L.*) Chick pea: وتستخدم بذوره الجافة في تغذية الإنسان والدواجن وبعض أصنافه تستخدم بذورها الخضراء في تغذية الإنسان.

٤- الترمس (*Lupinus termis, Forsk*): ومنه الأنواع المره والحلو وتستخدم في تغذية الإنسان والحيوان بعد التخلص من القلويدات التي تسبب هذه المزاره.

٥- الحلبة (*Trigonella foenum graecum, L.*) Fenugreek: وتستخدم بذورها ومجموعها الخضري في تغذية الإنسان وقد تضاف البذور إلى غذاء الحيوان.

وتزرع هذه الحاصلات في مصر من أقصى الجنوب إلى أقصى الشمال في الأراضي الصفراء والأراضي الثقيلة، كما يزرع الترمس والحلبة بالأراضي الرملية، وتزرع جميع هذه الحاصلات في الموسم الشتوي. فتزرع البقوليات في جميع أنحاء مصر في شهرى أكتوبر ونوفمبر وتتضح في أواخر مارس وأبريل. وتمتد فترة نمو البقوليات في الحقل بين ٤-٦ أشهر، إذ تبلغ فترة نمو الحلبة ٤-٥ أشهر والعدس والفول الجاف ٥-٥.٥ أشهر. والحمص والترمس ٥-٦ أشهر.

وتنقسم حياة النبات إلى أطوار ومن أهمها طور الإنبات وطور التفريع القاعدي وطور الإزهار وطور الإخصاب وطور إمتلاء البذور.

تتميز جميع البقوليات بالجذر الوتدى الذى يتعمق فى الأرض لأعماق تختلف بين البقوليات وبعضها ويتعمق جذر الترمس بالأرض أكثر من البقوليات الأخرى كما يتميز جذر الحلبة بتعمقه نوعا. يتميز الجذر الوتدى للقول بخروج الجذور الثانوية فى أربعة أسطر رأسية، القاعدية أطولها وتتناقص أطوال الجذور ناحية القمة فتبدو ظاهرة التعاقب القمى واضحة ويتميز العدس بخروج عديد من الجذور الثانوية على الجذر الوتدى.

يلتزم نمو البقوليات توافر الرطوبة الأرضية بقدر يتراوح من ١٠٠% - ٥٠% من السعة الحقلية بالقدم العلوى من سطح الأرض ويؤثر الإجهاد المائى على كمية المحصول وأهم أطوار حياة البقوليات حساسية للماء هى طور نمو البادرات وطور الإزهار وطور تكوين القرون ويبلغ مقدار المقنن المائى أثناء حياة النبات للفدان ٨٠٠، ١٠٥٠، ١٤٤٠ م^٢ للقول و ١٠٠٠، ١١٠٠، ١٥٠٠ م^٢ للعدس و ١٠٠٠، ١٣٤٠، ١٨٠٠ م^٢ للحمص ٩٠٠، ١٢١٠، ١٦٢٠ م^٢ لكل من الحلبة والترمس بالوجه البحرى ومصر الوسطى ومصر العليا على الترتيب (مرسى ونور الدين، ١٩٧٧). تتزايد كمية المقنن المائى لجميع البقوليات بالاتجاه من الوجه البحرى إلى مصر العليا لارتفاع درجة الحرارة وانخفاض الرطوبة الجوية النسبية أثناء نمو النباتات ويمكن ترتيب المقنن المائى للبقوليات ترتيبا تنازليا كما يلى: القول ثم العدس ثم الحلبة والترمس ثم الحمص.

كانت البقوليات تزرع بعليا فى أراضي الحياض حيث كانت لا تروى النباتات أثناء نموها. أما اليوم فتروى جميع البقوليات فى أراضي الزى المستديم حيث يروى العدس والحمص رية إلى ريتين الأولى بعد ٣٠-٤٠ يوما من الزراعة والثانية عند الإزهار، ويروى القول والحلبة ٢-٣ ريات الأولى بعد ٢٥-٣٠ يوما من الزراعة والثانية عند الإزهار والثالثة عند العقد، ويروى الترمس فى الأراضي الثقيلة ريتين الأولى قبل الإزهار والثانية بعد تمامه ويزداد عدد ريات الترمس بالأراضي الرملية إلى ٤-٦ ريات.

قائمة المراجع

- مرسى م. ع.، نور الدين نعمت ع. ١٩٧٧. رى محاصيل الحقل. الناشر مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، مصر. ٣٣٢ صفحة.

بنجر السكر

Sugar beet
Beta vulgaris, L.

ينتمي بنجر السكر إلى الفصيلة الرمرامية Chenopodiaceae التي يتبعها العديد من الأجناس (حوالي ١٠٠) والأنواع (حوالي ١٤٠٠). نباتات هذه الفصيلة أعشاب حولية أو معمرة، وقليل من الشجيرات، وسوق وأوراق هذه الفصيلة عصيرية سميكة وتشتمل على العديد من النباتات الإقتصادية والتي تتبع الجنس Beta ونسوع vulgaris وتختلف النباتات التابعة لهذا النوع كثيرا في الشكل حيث تشتمل على نباتات بنجر المائدة الصفراء أو الحمراء والبنجر ذو المجموع الخضري الورقي مثل السلق السويسري chard والذي يؤكل كخضار أو يستعمل في السلاطة وبنجر العلف مثل Mangels والذي يزرع كغذاء للمواشي. ويعتبر أهمها نباتات بنجر السكر ونباتات بنجر المائدة.

وتعتبر النباتات التابعة للنوع Beta vulgaris قريبة من نباتات البنجر البري المعروف باسم Beta maritima والذي يوجد في العشائر الساحلية الموجودة على طول سواحل البحر الأبيض المتوسط والامتدة شمالا على طول ساحل المحيط الأطلنطي وحتى بحر الشمال وكذلك في سهول آسيا وشرق الهند. إن الأشكال المختلفة التابعة للنوع Beta vulgaris ربما تكون أُنشقت من خلال الانتخاب من Beta vulgaris أو من Beta maritima وأنسال Beta vulgaris الناشئة من الأباء البرية.

إنتاج البنجر التجاري

أدت التربية المكثفة إلى تمكن العلماء من إنتاج بنجر السكر التجاري القادر على تمثيل السكر وتخزينه، وعند توافر الظروف البيئية الملائمة والإدارة الجيدة تستمكن بذوره من الإنبات السريع ونباتاته من تكوين أوراق كبيرة الحجم ذات كفاءة عالية في اصطياد الطاقة الشمسية وتكوين الجذور اللينة التي تتخلل التربة لامتصاص الماء والعناصر الغذائية وتكوين جذور كبيرة الحجم يتجمع بها السكر وتتركيزات مرتفعة (Stewart and Nielsen, 1990).

ومهما كان أصل نباتات بنجر السكر فإن هذه النباتات تعتبر من أهم النباتات القلائل التي تطورت نسبيا في الوقت الحديث حيث أنشئ أول مصنع لاستخلاص السكر من نوع من أنواع بنجر العلف في أوائل القرن التاسع عشر ١٨٠٠ ومن هنا كان الحصول على محصول بنجر السكر الذي يحتوى على أكثر من ٢٠% من وزنه الجاف من السكر في أقل من ٢٠٠ عام.

الدول المنتجة لبنجر السكر

تعتبر فرنسا من أهم الدول المنتجة لبنجر السكر في العالم حيث تبليغ المركز الأولى في جدارتها الإنتاجية بنسبة إنتاج ١٢,٥٢% من الإنتاج العالمى بمتوسط محصول يوازى ٥٥,٣٠ طن/فدان وتقع الولايات المتحدة الأمريكية في المركز الثانى عشر بجدارة إنتاجية بنسبة إنتاج تبلغ ٨,٧٦% بما يوازى ٢١,٣٨ طن/فدان. أما مصر فتقع في المركز الثالث عشر بمتوسط محصول يبلغ ٢١ طن/فدان وإنتاج سنوى ٢,٩ مليون طن سنويا (FAO, 2003) ومجلس المحاصيل السكرية (Sugar Crops Council, 2004). ويمكن القول أن متوسط المحصول في مصر يبلغ حوالى ٢٥-٣٠ طن للفدان. وتصل نسبة السكر في الأصناف المصرية إلى ١٤-١٦%، والنقاوة أكثر من ٨٠%. يقع محصول بنجر السكر في المرتبة الثانية بعد قصب السكر، فيمثل إنتاج السكر في مصر من البنجر ٣٧% على حين تمثل نسبته من القصب ٦٣% (Sugar Crops Council - بيانات منشورة عام ٢٠٠٩). وتبعاً لنفس المصدر فقد بلغت المساحة المنزرعة في ذلك العام من بنجر السكر ٢٤٨,٨٧١ ألف فدان بمتوسط ٢٠,٦٤٦ طن/للفدان، بينما المنتج من كل من قصب السكر وبنجر السكر عام ٢٠٠٩ بلغ ١,٦١٠ مليون طن حسباً لإحصائية مجلس المحاصيل السكرية لعام ٢٠٠٩. عند توافر الظروف المثلى يعطى الهكتار قدراً من محصول الجذور الغضة يبلغ ٩٠-١٠٠ طن خلال ٢٤ اسبوعاً في الولايات المتحدة الأمريكية ويبلغ محصول الفدان في مصر في المتوسط حوالى ٢٥-٣٠ طن للفدان أى ما يعادل حوالى ٦٠-٧٠ طن للهكتار.

إستخدام بنجر السكر

يستعمل بنجر السكر فى العديد من الإستخدامات حيث بالإضافة للسكرورز فإن مخلفات عملية إستخلاص السكرورز من المصانع تنتج اللبابة وهى الألياف الطرية والمتبقية بعد الإستخلاص (١٦٠-٢٤٠ كيلو من اللبابة و ٨-١٢ لتر من المولاس لكل طن) وتستخدم اللبابة فى تغذية الحيوان على حين يستخدم المولاس فى بعض الصناعات كاستخراج الكحول أو حامض الجلوتاميك أو فى مزارع الخميرة وقد يضاف إلى اللب لتغذية الحيوانات. كما يستخدم العرش الأخضر (يمثل ٤٠% من الوزن الغض الكلى للنبات) كغذاء للحيوان إما طازجا أو فى صورة سيلاج وقد يضاف كسماد أخضر للتربة.

العوامل المؤثرة على نوبنجر السكر

إن نبات بنجر السكر من النباتات ثنائية الحول التى تنمو خضريا على شكل قريب من الوردة إلى حين تتعرض إلى توافق من درجة الحرارة المنخفضة وطول الفترة الضوئية وعندئذ يستطيل الساق ليعطى الشمراخ الزهرى (الحنبوط) الذى يحمل الأزهار.

يتميز بنجر السكر بقدرته على الأقامة مع ظروف مناخية واسعة حيث يستطيع تحمل ملوحة التربة بعد مرحلة الإنبات وكذلك الإجهاد المائى المتوسط للتربة دون أن يؤثر ذلك على المحصول المربح.

وفى مصر فيعتبر الميعاد المناسب لزراعة بنجر السكر فى موسم الشتاء بداية من منتصف شهر سبتمبر وحتى منتصف شهر نوفمبر إلا أنه قد يزرع فى العروة التيلبية فى يوليو وأغسطس وينبغى الإعتناء بمقاومة الآفات فى هذه العروة وأحيانا تنجح الزراعة فى العروة الصيفية إلا أن هذه العروة تتميز بنقص المحصول ونقص نسبة السكرورز. وتشابه الظروف الجوية السائدة بمصر فى الموسم الشتوى موسم الربيع بالولايات المتحدة الأمريكية. لذلك فإن زراعة البنجر بالبذور فى عامه الأول تعطى محصول الجذور وعند الرغبة فى الحصول على البذرة يزرع بالجذور فى العام الثانى.

وفي الولايات المتحدة الأمريكية فإن بنجر السكر الأكثر شيوعاً يزرع مبكراً في فصل الربيع حيث المناخ المعتدل ويزرع ويحصد جذوره مع إقتراب الشتاء وبذلك ينمو النبات كمحصول حولي غير مزهر أما في المناطق المعتدلة في فصل الشتاء مثل وادي أمباريال في كاليفورنيا وبعض أجزاء من أريزونا فتزرع الأصناف المقاومة للحنبطة في فصل الخريف ويتم حصادها في الربيع أو الصيف التالي. وعند الرغبة في الزراعة من أجل إنتاج البذور فإن النباتات ينبغي أن تنمو في أجواء تتميز بالشتاء البارد الذي يكفي لدفع النباتات للإزهار على شرط عدم انخفاض درجة الحرارة للحد الذي يؤدي إلى تجميد الأرض وقتل النباتات. أو أن البديل لذلك الزراعة من أجل الحصول على الجذور في العام الأول ثم حصادها وتخزينها تحت الظروف الملائمة من الضوء والحرارة ثم يعاد زراعتها مرة أخرى في الربيع التالي للحصول على الشمراخ الزهري.

نمو النبات

يمر نبات البنجر بعدة مراحل تبدأ بمرحلة الإنبات يليها مرحلة نمو البادرات إلى ظهور أول ورقة حقيقية ثم نمو المجموع الخضري الذي يطلق عليه طور النمو الخضري الأول. ويمكن تقسيمه إلى: مرحلة تكوين دليل مساحة أوراق قيمته واحد ومرحلة تكوين دليل مساحة أوراق قيمته أربعة. وفيه تزداد أعداد ومتوسطات أوزان ومساحة سطح الورقة وكذلك الجذور ويزداد النمو الخضري في أول موسم النمو ثم يقل بعد ذلك بالتدريج إلى أن يصل معدل نمو الأوراق إلى صفر وقد يكون سالبا حيث تتساقط الأوراق بمعدل يزيد عن نمو الأوراق الجديدة.

ويلى ذلك طور التخصص وفيه تستخدم المواد الكربوهيدراتية التي تُصنع بالنباتات في تخزين وبناء السكريز بالجذور وليس هناك حد فاصل بين طور النمو الخضري وطور التخصص حيث يحدثان سوياً ثم تتم مرحلة إمتلاء الجذور فمرحلة ما قبل الحصاد.

ويوضح جدول (٩-١) التالي مراحل النمو وعدد الأيام التقريبية المقابلة لإتمام كل مرحلة والظروف الملائمة لكل، وذلك للبنجر المنزرع لإنتاج المجموع الجذري

للنباتات المنزرعة في الربيع بالولايات المتحدة الأمريكية والتي تم حصادها في الخريف (مشابهة لظروف العروة الشتوية بمصر).

جدول (٩-١) مراحل النمو وعدد الأيام التقريبية المقابلة لإتمام كل مرحلة والظروف الملائمة لكل، وذلك للبنجر المنزرع لإنتاج المجموع الجذري للنباتات المنزرعة في الربيع بالولايات المتحدة الأمريكية والتي تم حصادها في الخريف.

مرحلة النمو	عدد الأيام	الظروف الملائمة
الإنبات	٥-١٠	حساس للحرارة والرطوبة
البادرة إلى أول ورقة حقيقية	١٠-١٥	حساس للحرارة والرطوبة
نمو المجموع الخضري:		
حتى دليل مساحة أوراق ١	٣٠-٥٠	ينمو أيضا المجموع الجذري لكن ببطء عن المجموع الخضري
حتى دليل مساحة أوراق ٤	١٥-٣٠	
إملاء الجذور	٥٠-٧٠	يقل نمو المجموع الخضري إلى أن يصل إلى صفر عند وصول الجذور لأكبر معدل نمو تقريبا
ما قبل الحصاد	٣٠	يتأثر بالإدارة المزرعية للماء والإمداد الغذائي

ويرى بعض الباحثين في أوروبا أن هذه هي المراحل التي يمر بها بنجر السكر في عام زراعته الأول وهي طور تكوين الأوراق وطور تخزين السكريز بالجذور وطور النضج. وعند زراعة الجذور لإنتاج البذور فإن النباتات تمر بالمراحل التالية: طور النمو الخضري الثاني (وفيه تنمو الأوراق في العام الثاني بزراعة الجذور أو بنزحها في الأرض)، طور التهيئة للإزهار (يتم بتعرض النباتات لدرجات الحرارة المنخفضة في أي فترة من فترات حياتها عدا فترة سكون البذور وتتوقف طول هذه الفترة على الصنف ودرجة وفترة التعرض لدرجة الحرارة المنخفضة وعمر النبات)، طور الأزهار (وفيه تستطيل الشمايخ الزهرية بتعرض النباتات المهيئة للإزهار لدرجة الحرارة المرتفعة حيث تنتقل المواد المخزنة من الجذور إلى السوق الزهرية لتكون الأزهار ثم يحدث التلقيح فالإخصاب بعدها تنتقل المواد الغذائية إلى الثمار).

إنبات البذور (الثمار)

يتم إنبات بذور (ثمار) البنجر عند توافر درجة الحرارة والعناصر الغذائية والماء المناسبة ليتم إنبات الفلقات بعد ٣-٤ أيام من الزراعة وحينئذ يتم الإمداد بالطاقة من الكربوهيدرات المخزنة بجنين البذور التي تكون كافية لدفع الفلقات لأعلى مخترقة سطح التربة بواسطة نمو السويقة الجنينية السفلى كما تتكون الجذور الأولية المكونة حديثاً وتنشط الأوراق الفلقية بمجرد التعرض للضوء حيث تقوم باصطياد أكبر قدر من الطاقة الشمسية لإجراء عملية التمثيل الضوئي مواكبا ذلك لنمو سريع لقمة الجذر لأسفل التربة، وإذا حدث أى تلف للجذر الرئيسى في هذه المرحلة بواسطة أى عامل من العوامل مثل إندماج التربة أو/ وعن طريق مكان وضع السماد أو أى سبب آخر تنتج جذور مشوهة ذات جودة رديئة (متفرعة، ملتوية).

بمجرد ظهور البادرات فوق سطح الأرض تنمو قمة الجذر بسرعة لتصل إلى ٣٠ سم أو تزيد مواكبة لاكتمال نمو الورقة الأولى (Brown and Dunham, 1986). وفي أثناء ٣٠ يوم الأولى من حياة النبات فإن النمو يخصص أساساً لنمو المجموع الخضري والجذور الليلية ويكون معدل الزيادة في مساحة الورقة والنسج أقل من مثيلاتها في المحاصيل الحولية الأخرى (Wright, 1982) وبعد حوالي ٣٠ يوماً فإن كل من المجموع الخضري والجذور الخازنة تبدأ في النمو بسرعة ليصل الوزن الغض للمجموع الخضري قمته بعد ٨-١٢ أسبوعاً على حين يستمر النمو السريع للجذور الخازنة حتى الأسبوع ٢٠-٢٤. أثناء ذلك، فإن نمو منطقة التاج (الساق) يزداد بنسبة متزايدة للجذور الخازنة وباستمرار زيادة الجذور الخازنة في الحجم يصاحب ذلك معدل ثابت للسكريز في المادة الجافة (Wyse, 1979 and Gharani, 1981) إلا أن محتوى السكريز يظل ثابتاً نسبياً على أساس الوزن الغض بالجذور.

وظيفة نمو الجذر

تعتبر بذرة بنجر السكر ثمرة تحتوي على العديد من البذور الناشئة من العديد من المبايض المخصبة لعديد من الأزهار والمحاطة بالتخت. تتميز الثمرة وحيدة البذرة بأنها صغيرة حيث يبلغ وزن البذرة نفسها ٥ ملليجرام والجزء الداخلي للطبقات الفلينية

غير قابل للإنشطار بمتوسط ٢٠ ملايين جرام، من هنا كانت طاقة إنبات البذور قليلة مما يستوجب نموها في تربة ناعمة مفككة، رطوبية كافية، درجة حرارة ملائمة للإنبات (حوالي ٢٢-٢٢ درجة م°) ونظرا لأنه في بعض الحالات يصعب توفير هذه الظروف فإن البنجر يزرع ميكانيكيا بوضع البذور على عمق ٢ سم في تربة ناعمة مخدمة جيدا. هذا ويعتبر إنتاج الثمرة وحينئذ البذرة عاملا هاما في تقدم تربية بنجر السكر.

ومن الأهمية بمكان توفير الرطوبة اللازمة للإنبات حيث تحتاج البذور لكمية مرتفعة من الرطوبة اللازمة للإنبات بالمقارنة ببقية المحاصيل، ففي درجة حرارة ٢٥ م° فإن البذور لا تثبت إذا تعرضت لإجهاد مائي يقل عن حوالي ٣,٥ بار وعند انخفاض درجة الحرارة يزداد الإحتياج المائي للإنبات حيث تقل نسبة الإنبات بدرجة كبيرة في درجة ٩ م° حتى بالنمو تحت جهد مائي حوالي ١ بار ويتأثر الإنبات بالصنف ودرجة نضج الثمار.

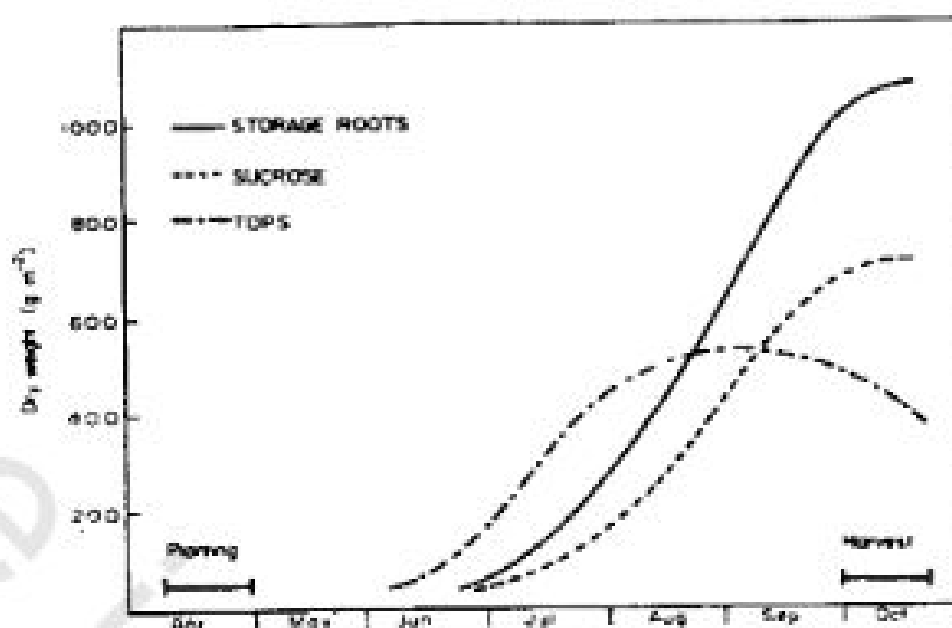
عمق وتوزيع الجذور

يعتبر بنجر السكر من المحاصيل ذات الجذور العميقة رغما عن أن نمو الجذور الليفية الأولى يكون بطيئا. وفي دراسة على نمو جذور بنجر السكر والبطاطس والشعير وجد أن البنجر أمتص الماء من على أعماق أكثر ضخامة من المحاصيل الأخرى كما وجد أنه يمتص معظم إحتياجاته من الماء من المنطقة أسفل ٨٠ سم وتحت الظروف الشائعة بالولايات المتحدة الأمريكية وعند ما يكون ماء التربة غير كاف لتوفير إحتياجات جهد النتج والتبخير فإن الجذور الليفية تستمر في التعمق في الأرض بتقديم النباتات في العمر وعلى الأخص إذا كان السطح العلوي للأرض لا يحتوى على قدر كاف من ماء الري ويبلغ متوسط عمق الجذر ١٥٠ سم، ويصل تحت ظروف الزراعة الجافة إلى ١٨٢ سم، على حين يصل عمق جذر الذرة إلى ٩١ سم تحت نفس الظروف. وتحت ظروف الكثافة النباتية العالية فإن الجذور تتخلل التربة بسرعة أكبر وتمتص مياه أكثر عن الكثافة النباتية المنخفضة. لقد أتضح من دراسة على الجذور الليفية في مزرعة من الفيرمكيوليت تم تغذيتها بمحلول مغذى أن وزن الجذور الليفية وصل إلى ١٤ جم في ١١٢ يوم من النمو وبلغ طوله الكلى ٤ كم.

نمو الجذور الخازنة

تنمو الجذور المخزنة للغذاء عن طريق إنقسام واستطالة الخلايا الناشئة من خلايا الكميبيوم الثانوية المركزية التي تتكون في المراحل المبكرة من نمو النبات ويمكن رؤية حلقتي الكميبيوم الثانوي الأوليتين حوالي الأسبوع الثالث وفي الأسبوع السادس يمكن رؤية حلقات الكميبيوم الثانوي السادسة ويتكون المزيد من حلقات الكميبيوم ببطء حيث تتكون واحدة كل شهر ليصل العدد إلى ١٢ حلقة أو أكثر وتتزامن كبر حجم خلايا الكميبيوم الناتجة إلا أن الخلاف في المعدل يعتمد على موقع الحلقات. وكان يعتقد أن عملية تجميع السكروز تحدث حينما يزداد الممثل منه عن حاجة المجموع الخضري والجذور الليلية إلا أن بعض التجارب أوضحت أن التحكم يكون ميكانيكياً والمحتمل أن الهرمونات هي التي تنظم توزيع ناتجات عملية التمثيل الضوئي على المجموع الخضري والجذور الليلية والجذور الخازنة وتخزين السكروز.

ويمكن القول أن الصنف وبعض العوامل الخارجية وعلى الأخص درجة الحرارة والكثافة النباتية والنيتروجين تؤثر على ميكانيكية التحكم في توزيع أو تجزئة ناتجات عملية التمثيل الضوئي. وتحت الظروف الحقلية المثالية فإن كل من محتوي الجذور من المادة الجافة والسكروز مصوب كنسبة من المادة الجافة تزداد باستمرار تقدم النبات في موسم النمو ويمكن تمثيل ذلك بمنحنى على شكل حرف S حيث يبدأ ببطء في أول الموسم ثم يزداد بالتقدم في العمر ليصل أقصاه في منتصف الموسم حيث يصل المجموع الخضري لحجم كاف لاكتمال إعتراض الأشعة الضوئية ومن ثم يزداد معدل عملية التمثيل الضوئي بدرجة كبيرة وفي نهاية موسم النمو يحدث نقص في شدة الإضاءة ودرجة الحرارة وعلى الأخص أثناء الليل مما يؤدي بالتبعية إلى نقص معدل النمو ومع ذلك يستمر تخزين السكروز والمادة الجافة وتجمعها التدريجي حتى الحصاد (شكل ٩-١).



شكل (9-1) منحنى تراكُم المادة الجافة للمجموع الخضري (أنصال+أعناق) والجذور الخازنة والسكروز في الزراعة الربيعية لبُنجر السكر بالولايات المتحدة الأمريكية

العوامل التي تؤثر على محتوى الجذور من السكروز

هناك العديد من العوامل التي تؤثر في محتوى الجذور من السكروز ومنها:

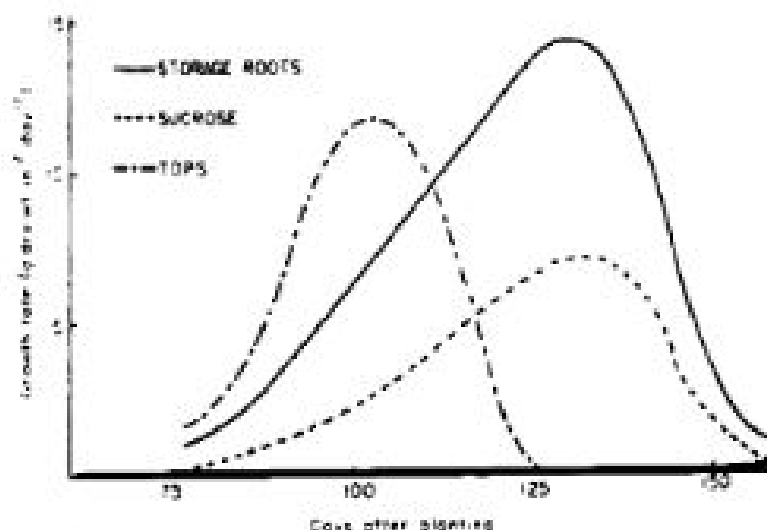
١- الصنف: يوجد خلاف في التركيب الوراثي للأصناف حيث وجدت علاقة عكسية بين كمية محصول الوزن الغض للجذور وتركيز السكروز. ولقد ذكر محمود وآخرون (Mahmoud, et al 2008) زيادة قيم السكروز ونسبة النقاوة في الصنف Kaweterma بزراعته في ١٥ سبتمبر مع حصاده بعد ٢١٠ يوم من الزراعة مقارنة بالصنف Pamela الذي أعطى أعلى قيم لمحصول الجذور بينما أمكن للحصول على أعلى محصول للسكر تحت نفس الظروف من الصنف Kawemira.

٢- الظروف البيئية: تلعب الظروف البيئية دوراً مهماً للغاية في التحكم في تركيز السكروز بالجذور حيث وجد أن تعرض النباتات إلى درجة الحرارة المنخفضة وعلى الأخص درجة حرارة الليل في فترة ٤-٨ أسابيع ما قبل الحصاد مع توافر الظروف الجيدة الأخرى أدى إلى زيادة تركيز السكروز بالجذور على شرط أن يكون ذلك مصاحباً لنقص في إضافة النيتروجين. وعند تعرض النباتات لفترات

من درجة الحرارة المرتفعة وليالي دافئة يؤدي ذلك إلى نقص محتوى الجذور من السكروز. عند تعرض النباتات لفترة طويلة من درجة الحرارة المنخفضة يعقبها درجة حرارة دافئة ونهار طويل فإن ذلك يشجع نمو الشمراخ الزهري ويؤدي ذلك إلى تقليل تركيز السكروز. الإصابات المرضية والحشرية والزيادة في إضافة النيتروجين أثناء فترات النمو تؤدي إلى نقص السكروز. عند رى النباتات بعد تعرضها للإجهاد الرطوبي قد يؤدي ذلك إلى نقص تركيز السكروز لزيادة النمو الخضري نتيجة للرى. وتعتبر زراعة بنجر السكر في مصر في العروة الشتوية ابتداء من شهر سبتمبر حتى منتصف نوفمبر من أفضل المواعيد حيث تعطى أعلى محصول كما تقل أصابته بالحشرات.

نمو المجموع الخضري

تتحكم مساحة الورقة وفترة بقائها وكفاءتها في عملية التمثيل الضوئي وشكلها في تحديد كمية الطاقة الضوئية التي تتحول بواسطة النبات إلى مادة جافة ونظراً لأن حجم وشكل ومعدل ظهور الورقة يتم التحكم فيه وراثياً إلا أن المتغيرات التي تحدث أثناء موسم النمو تؤثر كعوامل خارجية، فتحت الظروف المثلى التي تتضمن درجة الحرارة التي تبلغ حوالي ٢٤ م° مع توافر الماء والنيتروجين فإن حوالي ٤-٦ أوراق تظهر كل أسبوع. يلاحظ أن حجم الأوراق المتعاقبة يزداد بالتقدم في العمر حتى النضج وحتى الورقة العشرون أو الخامسة والعشرون ثم تصبح الأوراق تدريجياً صغيرة بعد ذلك وسميكة. وعادة تحتاج الأوراق لـ نصف الموسم لتصل إلى دليل مساحة أوراق مقداره ١ ثم تبدأ في الزيادة بسرعة فائقة ليحدث أقصى معدل لنمو المجموع الخضري بعدها يبدأ معدل النمو في التناقص ليصبح في النهاية مساوياً صفراً أو بالسالب لموت الأوراق بمعدل أكبر من تكوينها. ويصل معدل نمو الجذور إلى أقصاه باقتراب المجموع الخضري للصفر. ويوضح شكل (٩-٢) معدل نمو المجموع الخضري والجذري وتراكم السكروز.



شكل (٩-٢) منحنى معدلات نمو المجموع الخضرى (أنصال+أعناق) والجذور الخازنة والسكرور.

ومن الملاحظ أن المادة العضوية التى تتكون فى المجموع الخضرى والجذر المتضخم ومحتوياتهما تنتج فى أقل من نصف موسم النمو ويتضح فى المنحنى شكل (٩-٢) أن مساحة الأوراق فى شهرى مايو ويونيو (باليوالات المتحدة الأمريكية) غير كافية لإعراض الأشعة الضوئية لذلك من الواضح أن أى معاملة تؤدي إلى زيادة سرعة النمو فى أول الموسم تؤدي إلى زيادة محصول الجذور والسكر النهائى. ونظرا لطبيعة تراحم الأوراق على نبات البنجر مما يؤدي إلى تظليلها لبعضها البعض فمن المنطقى أن يكون هناك دليل مساحة أوراق أمثل لكل صنف من الأصناف وتحت كل ظرف يبنى حيث وجد أن أقصى محصول للسكرور أمكن الحصول عليه حينما كان أقصى دليل مساحة للأوراق حوالى ٤ وعندما أدت المعاملات لزيادة دليل مساحة الأوراق عن ذلك إزداد الوزن الجاف الكلى للنبات بدون زيادة فى محصول الجذور أو السكرور وفى بعض الأحيان يحدث نقص، وعلى سبيل المثال فإن العدد الكلى للأوراق الناتجة أثناء موسم النمو تكون حساسة للتغذية بالنيتروجين حيث يلزم توفير الفدر الكافى منه لإحتياجات النمو السريع إلا أن إستمرار إضافته حتى نهاية موسم النمو تعمل على إستمرار ظهور الأوراق بمعدل مرتفع مما يؤدي فى النهاية إلى زيادة وزن المجموع الخضرى بالنسبة للمجموع الجذرى ووزن السكرور وبذلك يقل محصول السكرور.

إن صافي معدل عملية التمثيل الضوئي الناتج من وحدة المساحة في وحدة الزمن لينجر السكر عادة ما تصل إلى أقصاها قبل بلوغ دليل مساحة الورقة القيمة ١ لذلك فعلى الرغم من أن أوراق نبات بنجر السكر تنمو ببطء في أول الموسم البارد إلا أن هذه الأوراق تكون على كفاءة مرتفعة في عملية التمثيل الضوئي. وبالرغم من أن معدل التمثيل الضوئي ينقص تدريجيا من أول الموسم الذي يتميز بالحصول على أعلى معدل لنمو المحصول الكلي فإن تزامن زيادة مساحة الأوراق أكبر من أن يعوض النقص في معدل التمثيل الضوئي في منتصف الموسم وقد قام Watson and Wits (1959) بمقارنة بنجر السكر *Beta vulgaris* مع النوع البري *Beta maritime* ووجد أن النوعين يتماثلان في معدل التمثيل الضوئي قبل وصول دليل مساحة الأوراق إلى القيمة ١ ولكن النوع المستأنس يحافظ على معدل مرتفع من التمثيل الضوئي وكذلك توزيع مختلف لنواتج عملية التمثيل الضوئي والوصول إلى دليل مساحة أوراق أعلى بعدد قليل من الأوراق الكبيرة.

العلاقات المائية

أولاً: النمو المجموع الخضري: لقد وجد تأثير قوى للتفاعل بين الإمداد المائي والعناصر الغذائية الصالحة للاستفادة وعلى الأخص النيتروجين ودرجة الحرارة على نمو المجموع الخضري، حيث وجد أن معدل ظهور الورقة يتأثر كثيراً بمستوى النيتروجين ودرجة الحرارة على حين أن التعرض للإجهاد الرطوبي الخفيف ذو تأثير قليل إلا أن استمرار الجفاف ينقص بالطبع أعداد الأوراق علماً بأن الحجم النهائي للورقة حساس للحرارة ويتحدد بصلاحية الماء للاستفادة. ولقد اتضح الأهمية العظمى لنمو اتصال الأوراق الصغيرة التي ترجع لتمدد الخلايا حيث أن حجم النصل مهم جداً في مراحل النمو المبكرة حينما تكون الحاجة ماسة لكبر مسطح عملية التمثيل الضوئي. إن تمدد الخلايا غالباً ما يكون أحد عمليات النمو الهامة والتي تكون حساسة للإجهاد المائي. ومن الواضح أن نمو الجذور في المراحل المبكرة يكون قليل مما يلزم توافر جهد مائي مرتفع في منطقة الطبقة السطحية من الأرض لإكمال نمو أوراق الموسم المبكر في بنجر السكر لاستمرار هذا التأثير في مراحل النضج المتأخرة، حيث وجد عند نمو نباتات

البنجر تحت ظروف متماثلة لمدة ٨ أسابيع فإن تعرض بعض المعاملات إلى إجهاد رطوبى مقداره -٠.٢ بار أدى إلى زيادة مساحة الورقة مقارنة بالنباتات النامية تحت إجهاد رطوبى مقداره -٢ بار. إن النقص فى حجم الورقة ربما ينشأ من نقص تمدد الخلايا وليس نقص إنقساماتها وذلك تحت ظروف الإجهاد المعتدل للرطوبة أو الأسموزية. يعتمد شفاء النقص الحادث فى معدل التمثيل الضوئى نتيجة للإجهاد الرطوبى على مدته وشدته. وعند إستعادة النباتات لمعدل التمثيل الضوئى الأصلى يكون هناك فترة يتم فيها النشاط التعويضى الذى يتميز بارتفاع معدل التمثيل الضوئى ومعدل النمو النسبى للورقة بالنباتات التى حدث بها الشفاء عن النباتات المروية جيدا. تعتبر نباتات البنجر الناضجة مقاومة للجفاف نسبيا لتعمق المجموع الجذرى والذى يمكن النبات من إستخدام الحيز الكبير للتربة التى يتواجد به الماء

ثانيا: الكثافة النباتية: تقدر الكثافة النباتية المثلى لنباتات بنجر السكر بناء على المحصول الأعظم من السكر و ليس المحصول الكلى للنبات، ويمكن القول أن الكثافة المثلى لمحصول البنجر تكون بزراعة النباتات على مسافة ٠.٣ م من جميع الجهات إلا أن طريقة الري وإحتياجات الزراعة الميكانيكية تؤثر على هذه الكثافة من الناحية العملية. ففي مصر تزرع النباتات على ١٤ خط /قصبين (٥٠ سم بين الخط والأخر) ومسافة ٢٠ سم بين النبات والأخر ليصبح عدد النباتات ٤٠ ألف نبات فى الفدان. وفى الولايات المتحدة الأمريكية تزرع النباتات على سطور تبعد عن بعضها ٥٠-٨٠ سم بكثافة نباتية تبلغ ٥٠-٨٠ ألف نبات /هكتار (حوالى ٢١-٣٤ ألف نبات فى الفدان).

إن تأثير الكثافة النباتية على إستخدام الماء الكلى يكون قليل حيث تستخدم النباتات المنزرعة تحت كثافات مرتفعة ماء أكثر قليلا خلال الموسم وربما يكون ذلك لارتفاع عملية النتح بخر الناشئ من المساحة الكبيرة فى أول الموسم وعلى سبيل المثال ففي دراسة أجريت فى بريطانيا حيث ينمو بنجر السكر بنجاح دون ري فقد قدر معدل النتح بخر لمعدلين من الكثافة ووجد أنه ٧٦٦، ٨٤١ مم/هكتار عند الزراعة بكثافة نباتية تبلغ ٢٢، ١٣٤ ألف نبات على الترتيب.

ثالثاً: التمثيل الضوئي: وجد أن عدد الثغور في المليمتر المربع من السطح العلوي لورقة بنجر السكر البالغة يصل إلى ٨٧-١٥٣ على حين يزداد بمقدار ١٥-٢٠% على السطح السفلي. توجد علاقة طردية بين عملية التمثيل الضوئي والتوصيل الثغري ورغمما عن أن التوصيل الثغري له علاقة مباشرة بالجهد المائي للورقة إلا أنه يتأثر بالعديد من العوامل التي تتضمن محتوى التربة من الماء والرطوبة الجوية وعوامل المقاومة الداخلية وعمر النبات والورقة ومستوى الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة النهار والمجموع الخضري. وتكون هذه العوامل تختلف يومياً فإن تأثيرها على التوصيل الثغري يختلف من ساعة إلى أخرى ومن يوم إلى آخر ويزداد التأثير المتجمع لها على الجهد المائي للورقة في فتح الثغور. وعلى سبيل المثال فإن التوصيل الثغري يكون مرتبط بشدة بمحتوى الأرض من الرطوبة والرطوبة الجوية النسبية ومعدل التمثيل الضوئي على حين لا يكون الوضع كذلك في حالة الجهد المائي للورقة وذلك لكل من نباتات البنجر الصغيرة والناضجة وفي هذه الحالة فإن الذي يتحكم في فتح الثغور ظاهرياً عوامل أخرى خلاف الجهد المائي للخلية. وبالرغم من مساهمة العوامل الأخرى فإن التوصيل الثغري وبالتالي عملية التمثيل الضوئي لها علاقة من الناحية الأساسية بالجهد المائي للورقة والتي بدورها تعتمد اعتماداً كبيراً على الجهد المائي للتربة. ففي جدول (٩-٢) التالي يتضح أنه بالرغم من أن الجهد المائي للورقة ومعدل التمثيل الضوئي ينقص أثناء اليوم لكل من مستوى الرطوبة الأرضية (٠,٢-٢) إلا أن النقص يكون بكمية أقل في النباتات النامية بالأرض التي تحتوى على كمية أكبر من الرطوبة.

جدول (٩-٢): الجهد المائي للورقة ومعدل التمثيل الضوئي لأوراق ناضجة من بنجر السكر نامية تحت مستويين من الرطوبة الأرضية

معدل عملية التمثيل الضوئي مجم ك أ. ديسيمتر مربع /ساعة		الجهد المائي للورقة (بار)		متوسط الجهد المائي للأرض (بار)
بعد الظهر	قبل الظهر	بعد الظهر	قبل الظهر	
٨,٩	١٠,٠	١٢,٢ -	١١,٢ -	٠,٢ -
٦,٧	٩,٧	١٨,٢ -	١٣,٢ -	٢,٠ -

وتكون المحصلة النهائية زيادة كمية محصول الجذور الجافة بمقدار ٨% والسكريز بحوالى ١٠% للنباتات النامية فى الأرض التى تحتوى على رطوبة مرتفعة عن النباتات النامية فى أرض تحتوى على رطوبة أقل. وثبتت من الدراسات المعملية أن محتوى الماء الأرضى مهم لبقاء معدل التمثيل الضوئى مرتفعاً.

إن كفاءة عملية التمثيل الضوئى تكون قليلة فى أول الموسم لصغر حجم المجموع الخضرى للدرجة التى لا تمكنه من الاعتراض الجيد للأشعة الضوئية الساقطة فى الوقت الذى يفقد فيه كمية أكبر من المياه بالتبخير من أسطح الأرض غير المغطاة بالنباتات وحتى منتصف الموسم وبعد وصول دليل مساحة الأوراق إلى ١ أو ٢ فإن كفاءة استعمال الماء تتراوح ما بين ١٧١ إلى ٣٦٥ جم من الماء لكل جرام من المادة الجافة المتراكمة فى الأيام الملبدة بالغيوم والأيام ذات السماء الصافية على الترتيب.

يعتمد شفاء النقص الحادث فى معدل التمثيل الضوئى نتيجة للإجهاد الرطوبى على مدته وشدته. وعند إستعادة النباتات لمعدل التمثيل الضوئى الأصلى يكون هناك فترة يتم فيها النشاط التعويضى الذى يتميز بارتفاع معدل التمثيل الضوئى ومعدل النمو النسبى للورقة بالنباتات التى حدث بها الشفاء عن النباتات المروية جيداً.

رابعاً: الإجهاد المائى والنتح: ينتمى بنجر السكر لأنواع النباتية المعروفة باسم أنيسوهيدريك anisohydric وهى التى يتحدد النتح بها بنقص الماء الصالح للإستفادة مما يودى لنقص الجهد المائى للورقة بخلاف أنواع أيسوهيدريك isohydric التى تحافظ على جهد الورقة المائى حتى بنقص الجهد المائى للأرض كما هو الحال فى الذرة الشامية. إن أكثر عامل يؤثر على توصيل الثغور فى بنجر السكر هو الجهد المائى للورقة الذى بدوره يقدر بالتفاعل بين الجهد المائى للنبات وإحتياجات النتح والتبخير ونادراً ما يزداد الجهد المائى لورقة بنجر السكر عن -٥ بار، وعندئذ تكون الثغور فى كامل إنفتاحها، ويكون التوصيل الثغورى ١سم/ث، ويتم غلق الثغر تماماً حينما ينخفض الجهد المائى للورقة من -١٣ إلى

١٨- بار معتمدا في ذلك على عمر الورقة وتذبل الأوراق البالغة عندما ينخفض الجهد المائي من حوالي - ١٢ إلى - ١٤ بار. وعندما يرتفع التبخير يقل الجهد المائي للورقة فإن الثغور تغلق كليا أو جزئيا حتى مع توافر الرطوبة بالتربة مما يدعو للقول بأن هناك مقاومة لسريان الماء من التربة إلى سطح التبخير بالورقة، ولقد ذكر بعض العلماء أن ذلك يكون أكبر في النباتات البالغة عن النباتات الأصغر عمرا. وعند تعرض النباتات لمرات متكررة من الذبول فقد يؤثر ذلك على عملية التمثيل الضوئي الذي بدوره يؤثر على كمية المحصول. ولقد لاحظ بعض العلماء فتح الثغور مع حدوث تغيرات بسيطة في الجهد المائي للورقة عند زيادة محتوى الهواء من الرطوبة لذلك فقد أقتراح إضافة الماء في صورة ضباب وقت الظهيرة لرفع الجهد المائي للورقة ومعدل عملية التمثيل الضوئي، حيث تعاني النباتات من نقص الماء حينما لا يعوض فقد المجموع الخضري الإمداد المائي. وقد يحدث ذلك وقت الظهيرة حينما يكون إحتياج التبخير مرتفعاً، ويتم الشفاء سريعا بمجرد نقص هذا الإحتياج لنقص فترة التعرض لقلة الماء ولا يكون لذلك تأثير يذكر على كمية المحصول النهائي، إلا أن طول هذه الفترة يؤدي إلى تضائل كفاءة عملية التمثيل الضوئي وإسراع موت الأوراق مما يؤثر معنويا على المحصول. وتتأثر وظائف النبات بتعرضه للجفاف كلما نقص الجهد المائي للأرض حيث ينقص تمدد الأوراق بشدة عند التعرض أثناء مرحلة النمو العظمي للمجموع الخضري مما يعمل على نقص مساحة الأوراق وبالتالي نقص حجم الكساء الأخضر الذي يعترض الأشعة الضوئية ومن هنا يتأثر المحصول النهائي معنويا.

تؤثر الرطوبة الأرضية على كمية محصول جذور وسكروز بنجر السكر وفي المناطق شبه الجافة والتي تعتمد على الري يكون من غير المرغوب إستخدام كميات كبيرة من مياه الري لمعظمة العائد الإقتصادي حيث يؤدي نقص الري إلى تقليل عملية غسل الفترات إلى الماء الأرضي وبالتالي نقص المجموع الخضري. وقد أقيمت تجربة لدراسة أثر الإجهاد الرطوبي على البنجر بدافز بكاليفورنيا (Pruitt et al, 1987) وذلك برى النباتات بمعدل ١٠٨٠ مم (٤٠% زيادة عن جهد الفتح والتبخير مقاسا بواسطة وعاء البخار ومعامل المحصول) لموسم نمو يمتد من

٥ مايو إلى ١٤ أكتوبر وبذلك تكون هذه المعاملة لا تعاني من الإجهاد على حين رويت المعاملات الأخرى آخر رية في ٢١ يوليو (٧٧ يوم من الزراعة) بمعدل ٥٧٩ مم بالإضافة لمقدار ٥ مم من تساقط الأمطار وبذلك تكون المعاملة قد تعرضت للإجهاد المائي حيث تم قياس إجهاد النباتات بواسطة جهاز النيترن لعمق ٢,٧٤ متر. إتضح من النتائج أن الإجهاد المائي أدى إلى نقص حاد في المجموع الخضري ومحصول الجذور (شكل ٩-٢) مع استمرار تخزين السكر في الجذور ولكن بمعدل أبطأ بزيادة التعرض للإجهاد المائي وكذلك المادة الجافة خلاف المواد السكرية مقارنة بالمعاملة التي لم تتعرض للإجهاد. إن التركيز المرتفع للسكر في الجذور النباتات التي تعرضت للإجهاد يرجع إلى بطء تجمع الماء بالنسبة للسكر ومكونات المواد الجافة الأخرى (Loomis and Haddock, 1967). وفي تجربة بواشنطن ذكر Miller, Aarstad (1976) أن ربي المحصول بالرش بمعدل ٦٨% من النتح والبخر أدى إلى نقص بلغ ١٢% في محصول الجذور والذي تم تعويضه بزيادة مقدارها ٢% في تركيز السكر وبالتالي حدث نقص قليل في قيمة المحصول. ولقد ذكر Ehlig and LeMert (1979) بأن معاملة النباتات بكمية تتراوح ما بين ١١٩٥-٩٠٠ مم لم يكن له تأثيراً إحصائياً معنوياً على محتوى ومحصول السكر. وذكر كل من Hang and Miller (1986a and b) إمكانية خفض كميات الري اليومي بالرش عند وصول الماء القابل للاستفادة بأرض صفراء لنسبة ٤٠-٥٠، ٨٥% في الأراضي الرملية دون حدوث نقص للمجموع الخضري ولا الجذور ولا السكر مما يدل على تحمل بنجر السكر للإجهاد المائي المتوسط دون حدوث نقص كبير في المحصول.

ويمكن القول أن المحصول المرتفع له علاقة وثيقة بمعدل النتح بخر (Ghariani, 1981 and Winter, 1988). حيث تم دراسة قدرة المحصول على تحمل الإجهاد المائي بدون نقص في محصول السكر حيث أمكن دراستها من بعض الدراسات التي أجريت عند التعرض للإجهاد في منتصف الموسم فوجد أن إيقاف الري لمدة أسبوعين ينقص معدل النتح والتبخير بمقدار ٥٩ مم وعندئذ ينقص الماء القابل للاستفادة من ال ٠,٩ م السطحية بحوالي ٥٦%. ولمنع النقص في محصول السكر ينبغي أن يصل معدل النتح والتبخير إلى ٦ مم في اليوم. كما

لا ينبغي أن يتعرض النبات لنقص في الرطوبة يصل إلى ٦٠ مم من معدل النتح والتبخير حتى لا يزيد نقص الماء القابل للاستفادة عن ٦٠% لنفس العمق. ويمكن للنباتات إمتصاص الماء من التربة بتقدم النباتات في العمر كما ينخفض معدل البخر نتح لإنخفاض درجة الحرارة وتعرض النباتات لنقص الرطوبة عند إطالة فترات الري فإن ذلك لا يؤدي إلى نقص المحصول.

ونظراً لأن سعر البنجر يتحدد بكمية سكروز محصول الجذور الغضة لذلك فإن عدم ري المحصول قبل الحصاد ينبغي أن يتم بحرص أخذين في الاعتبار احتمال تعرض النباتات للإجهاد مما قد يؤثر على وزن محصول الجذور الغض. لذلك فإن تعريض النباتات للإجهاد المائي المحدود يؤدي إلى زيادة في تركيز السكروز على ألا يؤثر ذلك على محصوله النهائي. ومن هنا كانت الفترة بين آخر رية وميعاد الحصاد هامة للغاية وعادة تتوقف على العديد من العوامل التي من أهمها المناخ السائد في هذا الوقت، نوع التربة، عمق التربة، إنتشار الجذور، مستوى الماء الأرضي ومحتوى الأرض من النيتروجين.

وحيث أن محصول البنجر من المحاصيل الشتوية لذلك فإن إحتياجاته المائية تقل كثيراً عن الإحتياجات المائية لمحصول قصب السكر بالإضافة إلى أنه يتحمل الملوحة في مراحل ما بعد الإنبات والإنباتاق، ومن هنا يمكن زراعته بنجاح في مساحات الأرض المستصلحة حديثاً بمناطق شمال الدلتا ويمكن تحسين إنتاجيته عن طريق العمليات الزراعية الميكانيكية، الري، الكثافة النباتية والتي تحسن من الصفات الطبيعية للتربة (Khalifa et al ٢٠٠٠) ولقد ذكر El- agharaby et al (٢٠٠٨) أن تسوية أرض بنجر السكر بالليزر مع الحرث العميق والزراعة ب ٢٠ ألف نبات بالفدان مع الري كل ٨ أسابيع أعطت زيادة معنوية في طول ومحيط الجذر وكذلك معدل نمو المحصول والنمو النسبي للنبات.

تشير جودة الجذور إلى محتوى السكروز على أساس الوزن الغض. ولكن عادة ما يعبر عنها بالنقاوة والتي تدل على النسبة المئوية لسكروز عصير الجذور كنسبة مئوية من المواد الصلبة الذائبة الكلية بالعصير. والنقاوة مهمة للغاية في عملية إستخلاص السكروز وتكريره كتعبير عن الجودة مقارنة لمحتوى السكروز وذلك لأن المواد الصلبة الذائبة الكلية الأخرى وعلى الأخص المركبات

النيتروجينية الذاتية تؤدي إلى صعوبة في عملية تكرير السكر. إن التعرض للإجهاد أو بتعبير آخر نقص كمية مياه الري تؤثر على محتوى السكر وفي نفس الوقت من الصعب فصل ذلك عن تأثيرها على محتوى النيتروجين. وقد يتحسن محتوى السكر ويقل المحصول بزيادة الري حيث يتسبب ذلك في غسل النيتروجين من التربة في المراحل المبكرة من حياة النبات. إن النقاوة ليست تتحسن بالضرورة بالتعرض للإجهاد رغمًا لاحتمال زيادة تركيز السكر بالجذور الغضة نتيجة لجفاف الجذور (Carter, 1982 and Carter et al, 1980). أوضح Winter (1988) أن نقص الري في فصل الصيف أدى إلى نقص محصول الجذور ومحتوى الصوديوم وزيادة البوتاسيوم ونيتروجين الأحماض الأمينية وفقد السكر في صورة مولات. ولا تظهر زيادة في السكر بالتعرض للإجهاد عند حسابه على أساس الوزن الجاف (Carter, 1982).

خامسًا: الملوحة: عاثت ولا زالت الأصول البرية لبندر السكر موجوده بقوة على شواطئ البحار حول البحر الأبيض المتوسط والسواحل الشرقية لشمال المحيط الأطلسي، ولقد حافظت على الصفات الضرورية الموائمة للبيئة المالحة مما جعل هذا المحصول يتعايش مع هذه الظروف مقارنة بغيره من المحاصيل (Hanson and Wyse, 1982)، ومن بين أنواع المحاصيل فإن القطن والشعير أكثر من بنجر السكر تحملا للملوحة (Maas, 1990 and Allen et al, 1998).

ويتميز بنجر السكر باليتين لتحمل الملوحة الأولى تتضمن عزل كاتيون الصوديوم في الفجوة العصارية حيث تؤدي التركيزات المرتفعة من هذا الكاتيون إلى سمية النبات والثانية هي القدرة على ضبط الأسموزية (Katerji et al, 1997). ولقد وجد (Milford et al (1977) and Durrant et al (1978) أن المستوى المنخفض من الصوديوم يعمل على زيادة المحصول من خلال تحسين حالة النبات، ومن الشائع إضافته كسماد في بعض المناطق. وقد يحل الصوديوم محل البوتاسيوم بالنبات إلى حد ما (Marschner et al, 1981) رغمًا عن أنه ظاهريًا ليس له دور في إنتقال السكريات (Badracoui and Agbani, 2002). وبالرغم من تعرض النباتات القائمة بالحقل لمستوى معين من الملوحة فإن الأرض والمياه الملحية لا تؤدي إلى إنخفاض المحصول.

إن البادرات الصغيرة تكون حساسة للملوحة لذلك لا ينبغي أن يزداد التوصيل الكهربى فى هذه المرحلة عن ٣ ديسيمنز للمتر (Durand, 1983). إن استخدام مياه مالحة فى الرى يؤدى إلى تأثيرات سلبية على المحصول والجودة التكنولوجية لبنجر السكر وعلى الأخص فى حالة الإمتصاص الكبير للصوديوم (Cheggour and Fares, 2002)، إلا أنه من الممكن التحكم فى هذا التأثير السلبى بإضافة سماد متوازن من نسبة من نيروجين /بوتاسيوم بين ٠,٥-١.

إن بنجر السكر يكون مقاوما أيضا لتبادل الصوديوم ويبدأ فى ظهور أعراض سميته عندما تصبح نسبة الصوديوم المتبادل فى المدى من ٤٠-٦٠ وهذا يعادل تأثير ماء مالح ١١,١ ديسيمنز للمتر.

تعمل إضافة الكمبوست على تحسين النمو والتطور لبنجر السكر (Aylaj and Lhadi, 2002). وعند إرتفاع تركيز الأملاح يؤثر نظام الرى بالتنقيط بتركيز أعلى من ١ ديسيمنز للمتر إلى تراكم الأملاح بالمنقطات وإعاقة عملية الرى.

تختلف أصناف بنجر السكر فى تحملها للملوحة (Ghoulam et al, 2002) وهذا حافزا مهما لمربى المحاصيل لإيجاد أصناف تتجح زراعتها بالمساحات التى تعاني من مشاكل الملوحة.

إن بادرات بنجر السكر حساسة لدرجة الحرارة المنخفضة ونقص الرطوبة إلى أن تصل إلى مرحلة ظهور ورقتين، ولبدء عملية الإنبات يلزم درجة حرارة تتراوح بين ٣-٤٨ م° والثى بعدها تكون درجة الحرارة ممتة. وتوجد علاقة مهمة بين درجة حرارة الأرض ورطوبة عملية الإنبات (Akenson and Henson, 1980)، فعندما يكون الجهد المائى للأرض مساويا ٠,٧ ميجابيسكال يمتنع الإنبات وعند وصوله إلى ٠,٥ ميجابيسكال تصل نسبة الإنبات إلى ٧١% فى درجة حرارة ٢٦ م° وعند ٠,١ يصل الإنبات إلى ٤٥% فى درجة ٩ م°.

لقد ذكر (Hunter and Erickson 1952) أن أقل جهد مائى للأرض الذى يحتاجه بنجر السكر للإنبات يكون أكبر (٠,٣٥) من القمح (١,٢) والأرز (٠,٢٩) وفول الصويا (٠,٦٥) محسوبة بميجا بيسكال. لذلك فإن الرى قبل الزراعة مهم فى المناطق الجافة ونصف الجافة، ويوائم هذه المرحلة من النمو الرى بالخطوط والرى المحورى.

إدارة عملية الري في حقل بنجر السكر

يتوقف عدد مرات الري وكميته على كمية الماء القابل للاستفادة التي تحتفظ به الأرض بمنطقة الجذر الفعال، معدل النتج بخر، نقص الماء القابل للاستفادة المسموح به وكفاءة الري (نسبة الماء المضاف المخزن بمنطقة الجذور بعد حوالي ١٠ أسابيع من الزراعة). إن توافر الظروف الجوية الملائمة يعمل على نمو المجموع الجذري الجيد الذي يمكن النبات من استخدام الماء القابل للاستفادة من الثلاث أقدام السطحية من التربة. وعند توافر الصرف الجيد ينمو الجذر إلى عمق ١,٨ م أو أكثر إلا أن معظم الماء الممتص يتم من الثلاث أقدام العليا من سطح التربة. ويؤثر على تخلل الجذور للتربة ارتفاع منسوب الماء الأرضي، وجود الطبقة الصماء، جفاف أسفل سطح التربة أو غير ذلك من العوامل الأخرى.

إن ري محصول بنجر السكر مهم في المراحل الأولى من عمر النبات لتوفير الماء اللازم لانبثاق التقاوى إلا أنه في بعض المناطق فإن الري المبكر قد يؤدي إلى غسل النترات وزيادة إصابة البادرات بالأمراض وينصح في هذه الحالة بالري الخفيف المتكرر أثناء النمو وفي مراحل منتصف العمر فإن النبات يمتص الماء من الثلاث أقدام العليا للأرض لذلك يلزم الري الخفيف لتوفير احتياجات النبات من الماء. كما يلزم أن يتعرض النبات لإجهاد متوسط قبيل عملية الحصاد مباشرة للعمل على زيادة نسبة السكر في دون التأثير على كميته بالفقدان وقد يوقف الري قبل الحصاد بفترة تتراوح ما بين ٢-٥ أسابيع (Saied, 2000).

ينبغي ري النباتات حتى السعة الحقلية عند الزراعة أو بعد ذلك مباشرة حتى يمكن إمداد التربة بالماء اللازم لنمو الجذور. يكون الجو مائلا للدفء عند بداية الزراعة مما يجعل النبات في حاجة إلى إضافة ٣-٤ ريات خفيفة أثناء ال ١٠ أسابيع الأولى لإستكمال تعمق الجذور في التربة ثم يأتي بعد ذلك الري الخفيف في منتصف الموسم والذي يواكب إكمال النمو الخضري وفيه يصل معدل النتج لأقصاه عندئذ ينبغي أن توفر كل رية القدر الكافي من الماء لتعويض المستنفذ بواسطة النبات والفقد بين الريات في نظام الري. من هنا تصبح فترات الري قصيرة تصل إلى ٥ أيام عندما يكون البخرنتح مرتفع وأرض ذات قدرة منخفضة على الاحتفاظ بالماء لتصل إلى ٢١

يوم عند بحر نتح منخفض وتربة ثقيلة، ويمكن حساب الفترة بين الريّة والأخرى بواسطة كمية الماء التي تحتفظ بها الأرض من الماء القابل للاستفادة عند عمق ٣ أقدام من سطح الأرض والنسبة المئوية لنقص الماء القابل للاستفادة المسموح به ومعدل النتح بحر اليومى. فمثلاً إذا كانت كمية المياه التي تحتفظ بها الأرض من الماء القابل للاستفادة عند عمق ٣ أقدام السطحية من الأرض تبلغ ١٥٠ مم وأن المسموح به لنقص الماء القابل للاستفادة ٦٠% وأقصى معدل بحر نتح ٧مم في اليوم تصبح أدنى فترة بين الريّة والأخرى مساوية لما يأتى:

$$150 \times 60 / 7 = 127 \text{ يوم}$$

يمكن تحديد كمية ونظام رى البنجر لفترة طويلة بإيجاد حاصل ضرب معدل النتح بحر القياسى (ET.) × معامل المحصول (kc) لمساحة محددة (Pruitt et al, 1987 and Snyder et al, 1987a and b) لتزداد تبعاً لكفاءة الري حيث تضاف كمية تزيد عنها بمقدار ٢٠-٥٠%.

تأثير التفاعل بين الري والعوامل الأخرى

أولاً- التسميد الآزوتى: الأزوت مهم فى تحديد كمية وجودة محصول البنجر فحينما يكون كل من الأزوت والرى محددان للنمو فى المرحلة الأولى من حياة النبات تحدث إستجابة كبيرة للتسميد الآزوتى عند الري مقارنة بالإمتناع عنه (Reichman et al, 1986) ولقد لاحظ بعض العلماء زيادة تركيز السكرور ومحصول الجذور عند التعرض للإجهاد فى مراحل النمو المتأخرة فى كل من النباتات المنخفضة والمرفعة الأزوت (Loomis and Worker, 1963).

ثانياً- النباتات القائمة بالحقل: تؤثر المياه وميعاد إضافتها بدرجة كبيرة فى أعداد النباتات القائمة فى الحقل حيث لا تؤثر فقط فى عملية الإنبات وإنما فى مساعدة البادرة على إختراق الطبقة السطحية الصلبة بالإضافة لتخفيف ملوحة التربة حيث أن البنجر حساس للملوحة فى مرحلة الإنبات، ويلاحظ فى المناخ الدافئ الجاف وفى وجود الرياح إرتفاع نسبة البخر من سطح التربة مما يؤدى إلى نقص الرطوبة حول البذور وتصلب الأرض، من هنا كانت الأهمية فى إختيار الميعاد

المناسب للريّة الثانية لبداية عملية إنبثاق البادرات. ويلعب الريّ الرذاذى دوراً هاماً فى هذا الخصوص حيث يودى إلى نعومة الأرض الصلدة وغسيل الأملاح حول البذور والحفاظ على الرطوبة المثلى الملائمة للإنبات، وتكفى ريّة واحدة بالريّ بالخطوط بمياه جيدة لتحويل منطقة البذور إلى منطقة مرتفعة الملوحة من ١-٢ ديسيمنز للمتر إلى ٥-١٠ ديسيمنز للمتر.

ثالثاً- الأمراض: يودى إرتفاع الرطوبة بالأرض إلى إنتشار الأمراض وخصوصاً الأمراض التى تصيب البادرات لذلك لاينبغي زيادة الريّ بكميات كبيرة فى مرحلة الإنبات حتى لا يودى ذلك إلى نقص فى النباتات القائمة لذلك يتفوق الريّ الرذاذى فى هذا الإتجاه عن مثيله بالريّ بالخطوط، ويودى تشبع الأرض بالماء فى الأجواء الحارة إلى الإصابة بعفن الجذور الرطب مثل أنواع *Phytophthora* and *Pythium*.

علاقة العمليات الزراعية بنظام الريّ

عند تعرض النباتات للإجهاد الرطوبى الشديد أو المتوسط خلال معظم مراحل النمو فإن الزراعة على مسافات ضيقة سواء بزيادة أعداد الخطوط فى القصبتين، عرض خط ٠,٧٥-١,٠م والمسافة بين الجور ١٥-٢٠ سم ينتج ذلك محصول لابس به من السكروز.

قائمة المراجع

- Akenzon, W.R. & Henson, H.A. (1980). Crops Science 20, 735&739
- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, and Smith, M. 1998, Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Irr. & Drain. Paper 56 UN-FAO, Rome, Italy.
- Aylaj, M. & Lhadi, E. (2002) Effet du compost sur l'amélioration de la tolérance de la betterave à sucre irriguée avec une eau salée. Proceedings of IIRB Congress, Mediterranean, Section. Marrakech, pp. 114&120.
- Badraoui, M. & Agbani, M. (2002) Proceedings of the IIRB Congress, Mediterranean Section. Marrakech, pp. 93&95
- Brown, K., and R. Dunham 1986. The fibrous root system: The sugar-beet crop Br. Sugar-beet Rev. 54(3):22-24.
- Carter, J.N. 1982. J. Am. Soc. Sugar Beet Technol. 21:286-396.
- Carter, J.N., Jensen, M.E. and Traveller, D.J. 1980. Agron. J. 72:806-815
- Cheggour, M. & Fares, K. (2002) Effet de la composition de l'eau d'irrigation sur la qualité technologique de la betterave à sucre. Proceedings of IIRB Congress, Mediterranean.
- Durrant, M.J., Draycott, A.P. & Milford, G.F.J. (1978) Annals of Applied Biology 88, 321&328.
- Durand, J.H. (1983) Les sols irrigables. Edited Presse Université de France, pp. 272&273.
- Ehlig, C.F., and R.D. LeMert, 1979. Soil Sci. Soc. Am. J. 43:403-407
- FAO. Yearbook Production, Vol. 57, 2003, Rome.
- Ghariani, S.A. 1981. Impact of variable irrigation water supply on yield determining parameters and seasonal water use efficiency of sugar beets. Ph.D. diss. Univ. of California, Davis.
- Ghoulam, C.H., Foursy, A. & Fares, K. (2002) Environmental and Experimental Botany 47, 39&50.
- Hang, A.N., and D.E. Miller. 1986a. Agron. J. 78:10-14.
- Hang, A.N., and D.E. Miller. 1986b. Agron. J. 78:15-18.
- Hanson, A. D., and R. Wyse 1982. Plant Physiol., 62:305-312, 1982
- Hunter, J.R. & Erickson, A.E. (1952) Agron. J. 44, 107.
- Katerji, N., Van Hoom, J.W., Hancý, A., Mastrorilli, M. & Mon Karzel, E. (1997) Osmotic adjustment of sugarbeets in response to soil salinity and its influence on stomatal conductance, growth and yield. Agricultural Water Management 34, 57&69.
- Khalifa, M.R., Balba, A.A. Mashali, S.A. and Morssi, S.A. 2000. J. Agric. Res., Tanta Univ., 26(1):108-121.

- Loomis R.S and J.L.Haddock .1967 Sugar, oil and fiber crops. I. Sugar beets. In R.M.Hagan etal. (ed) Irrigation of agricultural lands. Agronomy 11:640-648.
- Loomis, R.S. and G.F.Worker.1963. Agron.J.55:509-515.
- Maas, E.V (1990). Crop salt tolerance. In: Agricultural Salinity Assessment and Management. (Ed) K.K. Tanji. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 71. ASCE, New York.
- Marschner, H., Kuiper, P.J.C. & Kylin, A. (1981). Physiologia Plantarum 51,239& 244.
- Mahmoud, S.A., Hasanin, B., El-Geddawy, I.H. and Mosa, D.T.A.2008. Effect of sowing and harvesting on yield and quality of some sugarbeet varieties. Proceedings of the International Conference, page: 22-29 .18 Sept. 11-14, 2008 Al Arish, Egypt.
- Milford, G.F.J., Cormack, W.F. & Durrant, M.J. (1977) Journal of Experimental Botany 28, 1380&1388
- Miller, D.E., and J.S.Aarstad.1976.. Agron. J.68; 231-234.
- Pruitt, W.O., E.Fereres, K.Kaita, and R.L.Snyder.1987. Reference evapotranspiration (ET_o) for California. Univ.California Agric. Ext.Stn.Bull.1922
- Reichman M.A., H.J.Doering, and L.C.Benz.1986.Water management effects on N-use by corn and sugar beets. Trans. ASAE 29(1): 198-202.
- Saied, M.M.2000. J.Agric. Sci. Mansoura Univ., 27(6):4303-4310.
- Snyder, R.L., B.J.Lanini, D.A., Shaw, and .O.Pruitt 1987a. Using reference evapotranspiration and crop coefficients to estimate crop evapotranspiration for agronomic crops, grasses and vegetable crops. Univ. California Coop.Ext.Leaf.21427.
- Snyder, R.L., W.O. Pruitt and D.A. Shaw 1987b. Determining daily reference evapotranspiration (ET_o). Univ. California Coop. Ext. Leaf 21426
- Stewart, B.A. and Neilsen, D.R. 1990 .Co editor Agronomy NO 30 Irrigation of Agricultural Crops. Madison, Wisconsin USA Publisher.
- Sugar Crops Council , Ministry of Agriculture ,Cairo ,Egypt,2004 and 2009 .
- Watson, D.J. and Witts, K.J. 1959. Ann. Bot. 23, 431
- Winter,S.R. 1988. J. Sugar beet Res.25:1-10.
- Wright, J.L.1982. Proc. Am. Soc. Civ. Eng. 108: 57-74.
- Wyse, R.1979. J. Am .Soc. Sugar beet Technol. 20: 368-385.

فول الصويا

Soybean Glycine Max (L.) Merril

ينتمي فول الصويا إلى العائلة البقولية Fabaceae وتحت العائلة الفراشية papilionaceae و جنس Glycine والشكل المنزرع من فول الصويا يعرف باسم Glycine max (L.) Merril وتعتبر كلمة Glycine كلمة يونانية تعنى حلو وكلمة max تعنى كبير .

نشأة المحصول

ينتشر هذا المحصول في جميع أنحاء العالم حيث يمكنه أن ينمو في مدى واسع من المناخ والتربة. ويعتقد أن نشأته في الصين منذ ٤ - ٥ آلاف عام في المناطق الشمالية والوسطى للصين. تم إدخاله إلى أوروبا حوالي عام ١٧١٢ بواسطة عالم النبات الألماني Engelbert Kaempfer. وكان المعتقد حتى عام ١٩٨١ أن أول من أدخل المحصول إلى أمريكا الشمالية هو James Mease إلا أنه ثبت خطأ هذا الاعتقاد حيث ذكر أن Samuel Bowen قد أدخله إلى سكانا بولاية جورجيا من الصين عام ١٧٦٤، كما ذكر أن أحد العسكريين الأمريكيين المهمين قد ذكر في خطاب له أنه أرسل عينات منه إلى أمريكي يدعى Benjamin Franklin.

ولم يتم إدخاله على نطاق واسع إلى الولايات المتحدة الأمريكية إلا أوائل القرن التاسع عشر ١٩٠٠ وتم إدخال آلاف الأصناف الجديدة من الصين في أواخر عشرينات القرن التاسع عشر ١٩٢٠ بواسطة William Morse الذي ساعد بعد ذلك في تكوين الجمعية الأمريكية لقول الصويا، كما تم تصنيع أول مصنع لتصنيع فول الصويا بالولايات المتحدة الأمريكية عام ١٩٢٢ ونتيجة لذلك بدأ إنتاج هذا المحصول على نطاق واسع حيث أنتج في عام ١٩٢٩ تسع ملايين بوشل إزدادت إلى أكثر من عشر أضعاف لتصل إلى ٩١ مليون بوشل عام ١٩٣٩.

إنتشار فول الصويا

أعتبر فول الصويا للعديد من القرون في كل من الصين، اليابان، كوريا وجنوب شرق آسيا واحداً من أهم مصادر البروتين والزيت. كانت الصين أكبر البلدان إنتاجاً للمحصول حتى عام ١٩٥٤ بعدها أصبحت الولايات المتحدة الأمريكية أكبر منتج في العالم حتى يومنا هذا.

ونظراً لاحتواء بذوره على نسبة مرتفعة من البروتين المنتج من وحدة المساحة فقد سُمي قديماً (الجوهرة الصفراء، الكنز الثمين، بروتين الطبيعة المعجزة ولحم الحقل). كما يعتبره البعض الآن سلاح ضد الجوع العالمي وبروتين المستقبل، كما ويعتبر سلاح ضد الأمراض المزمنة.

أما في مصر (Soybean in Egypt 2001) دخل هذا المحصول في أواخر الأربعينات من القرن التاسع عشر للأبحاث عن طريق أقسام المحاصيل، بعدها بعشر سنوات أجريت عليه بعض التجارب الزراعية الأولية بواسطة قسم المحاصيل بكلية الزراعة جامعة القاهرة، ثم تم إدخال بعض الأصناف الجديدة عن طريق مركز البحوث الزراعية بوزارة الزراعة. وفي عام ١٩٧٠ تم زراعته على نطاق واسع نسبياً بزراعة ٣ آلاف فدان بمتوسط إنتاج قدره ٣٠٠ كيلوجرام للفدان، إتجهت بعدها المساحة المنزرعة للزيادة لتصل أقصاها عام ١٩٨٣ حيث بلغت ١٤٧ ألف فدان بمتوسط إنتاج قدره ١,٥ طن للفدان، أعقب ذلك نقص دائم ومستمر إلى أن وصلت المساحة إلى ٣١,٩١٥ ألف فدان بنفس متوسط الإنتاج للفدان عام ١٩٩٧. وقد يكون التراجع في مساحته المنزرعة لواحد أو أكثر من الأسباب التالية:

- ١- ثبات إنتاجية وحدة المساحة مع استمرار زيادة المنتج من وحدة المساحة للمحاصيل المنافسة مثل القطن، الأرز، الذرة الشامية، الذرة الرفيعة، السمسم والفول السوداني مما يعمل على خفض أرباح المنتج من الفدان منه.
- ٢- تنافس المحاصيل التقليدية الصيفية لة مثل القطن، الأرز، الذرة الشامية، الرفيعة، السمسم والفول السوداني في الدورة الزراعية بأراضي الوادي القديم.
- ٣- يعتبر فول الصويا مصدراً للإصابة بدودة ورق القطن.

٤- قلة عدد مصانع تصنيع فول الصويا.

٥- عدم وجود البكتيريا الخاصة بفول الصويا أو قلتها بالتربة المصرية. نظرا لوجود مصر بالمنطقة الجافة لذلك يرتفع رقم حموضة التربة مما يؤدي إلى بعض المشاكل في تلقيح التربة ببعض سلالات البكتيريا العقدية الخاصة بفول الصويا والمسماة *Bradyrhizobium japonicum*.

إلا أن الإهتمام بدأ حديثا في عام ١٩٩٤ بالإتجاه نحو دراسة إمكانية زراعته بأراضي الإستصلاح الحديثة (الرملية والملحية) مما أدى إلى زراعة ٢٤٣٥ فدان من فول الصويا كان متوسط محصولها ٧٩٠ كيلو جرام للفدان تناقصت عام ١٩٩٧ لتصل المساحة إلى ٦٧٧ فدان بمتوسط إنتاج ٧٢٢ كيلو جرام للفدان.

ولقد أقيم مشروع في الفترة الممتدة من ١٩٩٧-٢٠٠١ تابع للمجلس الأعلى للجامعات ضمن مشاريع ترابط الجامعات المصرية والأجنبية حيث تم بين كل من جامعة عين شمس (كلية الزراعة) وجامعة ميريلاند وزارة الزراعة بالولايات المتحدة الأمريكية لدراسة تقنيات متكاملة جديدة لزراعة محصول فول الصويا بأراضي الإستصلاح الجديدة بمصر (Final Report, 1997-2001) وقد أظهرت النتائج إمكانية زراعة المحصول بالأراضي الرملية دون الأراضي الملحية برفع إنتاجيتها إلى ١,٣٢٧ طن للفدان بزيادة مقدارها واحد طن عن متوسط إنتاجية أراضي الإستزراع ولم تتمكن الأصناف المصرية من إستكمال دورة حياتها بالأراضي الملحية ما عدا صنفى Toano and Giza 29 حيث نجح إنباتهما إلا أنهما أخفقا في إعطاء أى محصول لذلك أقتصرت إقامة التجارب على الأراضي الرملية وقد كان ملخص النتائج المتحصل عليها كالتالى:

١- أعطى الصنف جيزة ٨٢ والصنف جيزة ٣٥ أعلى كمية محصول مقارنة بين الأصناف الأخرى التى استخدمت. تفوق الصنف جيزة ٨٢ على الصنف جيزة ٣٥ بالنظر إلى محصول البذور، البروتين والزيت. كما كانت إصابتهما بدودة ورق القطن وثاقبات الذرة والإصابة الفيروسية غير معنوية.

٢- كانت أكفأ سلالات البكتيريا المستخدمة تحت ظروف الأراضي الرملية هي *Bradyrhizobium japonicum*, USDA 110 and MIRCEN 503

٣- كانت أفضل حزمة معاملات التى أعطت أعلى محصول لكل من الصنفين هى كالتالى:

- أ - تلقیح البذور بمخلوط من السلالتين المذكورتين سابقا.
- ب- إضافة ٢٣ كيلوجرام من فوسفات اللدان فى صورة سوبر فوسفات الكالسيوم.
- ج- إضافة ٦٠ كيلوجرام من النيتروجين فى صورة كبريتات الأمونيوم للصنف جيزة ٨٢ و ٩٠ كيلوجرام نيتروجين لللدان من كبريتات الأمونيوم للصنف جيزة ٣٥.

مورفولوجيا النبات

تتكون البذرة من الغلاف الخارجى والجنين والغذاء المخزن وهى خالية من الإندوسبيرم. يتكون الجنين من فلتين يتم فيهما تخزين الغذاء ويتكون الجنين من الجذير والسويقة الجنينية السفلى والسويقة الجنينية العليا والريشة ويتميز غلاف البذرة بوجود السرة التى تختلف بين الشكل المستقيم والشكل البيضى وغلاف البذرة يحمىها من الإصابة بالأمراض الفطرية والبكتيرية. عند توافر الظروف الملائمة يحدث الإنبات.

يتكون الجذر الأولى من الجذير بينما تحمل السويقة الجنينية السفلى الفلقات حيث أن الإنبات فى محصول فول الصويا هوائى. وتكون السويقة الجنينية العليا المساق الرئيسى والقمة النامية وعادة ما تزرع بذور فول الصويا على عمق يتراوح ما بين ٢-٥ سم متوقفاً ذلك على نوع التربة وحالة رطوبتها.

تلعب رطوبة التربة دورا هاما للغاية فى إنبات بذور فول الصويا حيث يلزم لإنباتها إحتواء التربة على ٥٠% من الرطوبة قبل بداية الإنبات، فى نفس الوقت فإن زيادة الرطوبة تعمل على عدم إنباتها أيضا نتيجة لنقص الأكسجين. والجذير هو أول عضو يخرج من غلاف البذرة وينمو بسرعة ليكون الجذر وسرعان ما يتكون عليه الجذور الجانبية بمجرد إستطالته وبعد ٤-٥ أيام من الزراعة تظهر الشعيرات الجذرية على الجذور الجانبية والتى تعتبر سطح الإمتصاص الرئيسى للنظام الجذرى ويستمر الجذر فى التفرع، وفى نهاية موسم النمو يتخلل الجذر التربة إلى عمق يصل إلى

١٥٠ سم أو أكثر ويوجد معظم المجموع الجذري في عمق ٢٠ سم السطحية من التربة ويكثافة كبيرة في ال ٥ سم السطحية من التربة. بعد إنبثاق الجذور تبدأ السويقة الجنينية السفلى في الاستطالة على هيئة قوس يندفع لأعلى حاملة معها الفلقات (النبات هوائى)، وعندئذ تجذب الفلقات السويقة الجنينية العليا إلى أعلى وفي هذه الأثناء تتوقف الخلايا العلوية للسويقة الجنينية السفلى عن النمو مع استمرار الخلايا السفلية لها في النمو إلى أن يستقيم هذا القوس. هذه العملية تؤدي إلى رفع الفلقات في وضع قائم. وبمجرد تعرض السويقة الجنينية العليا لأشعة الشمس تبدأ أول الورقات في التمدد بعدها يتم إنبساطها وتنمو بسرعة مكونة الأوراق المفردة المتقابلة التي تخرج من نفس العقدة بعدها تظهر الأوراق المركبة ثلاثية الوريقات المتبادلة على الساق بحيث تخرج كل واحدة من عقدة مختلفة. وبمجرد تعرض الفلقات وأجزاء النبات الأخرى لأشعة الشمس تتحول إلى اللون الأخضر نتيجة لتكوين الكلوروفيل، ويظل الغذاء المخزن بالفلقات المصدر الأساسي لتغذية النبات لفترة حوالى أسبوع بعد الإنبات. ويلاحظ أنه عند حدوث أى شقوق أو كسور بالبذرة قبل الزراعة تكون فرص إنباتها قليلة.

مراحل النمو وسماحيات النضج

معظم محاصيل الحقل تتميز بوجود مرحلتين أساسيتين للنمو، مرحلة النمو الخضري ومرحلة النمو الزهري أو الثمرى. وفي نبات فول الصويا فإن المدة المنقضية من الإنبثاق وظهور أول زهرة تعرف باسم مرحلة النمو الخضري والتي عادة ما تأخذ ٦-٨ أسابيع وفي الواقع فإن طول فترة النمو الخضري وحجمه قبل الإزهار تتوقف على الأصول الوراثية Genotypes، ميعاد الزراعة Planting date، المواقع الجغرافية Geographic location، الظروف البيئية Environmental conditions.

فول الصويا من مجموعة النباتات ثلاثية الكربون ومن المحاصيل الحساسة لطول الفترة الضوئية حيث ينتقل من مرحلة النمو الخضري إلى مرحلة النمو الثمرى بقصر فترة الإضاءة أو بتعبير أدق بإطالة فترة الظلام التي يتعرض لها النبات أثناء اليوم، حيث يبدأ إزهار معظم أصناف فول الصويا بمجرد بداية قصر النهار وعلى ذلك فهو ينتمى إلى نباتات النهار القصير (الليالى الطويلة).

تتبع خطوط العرض دوراً مهماً في أقلمة الأصناف بالمناطق الجغرافية المختلفة. ففي القارة الأمريكية تنقسم أصناف فول الصويا إلى ١٣ مجموعة نصبح نعرف المجموعة الأولى بثلاث أصناف (٠٠٠) بمجموعة الأصناف المؤهلة للإزهار على خطوط العرض المرتفعة (أي خطوط البعيدة عن خط الإستواء) وكلما انخفضت خطوط العرض (قرب خط الإستواء) كلما ازدادت أرقام مجاميع النصج من ثلاث أصناف بالإتجاه إلى المجموعة رقم ١٠.

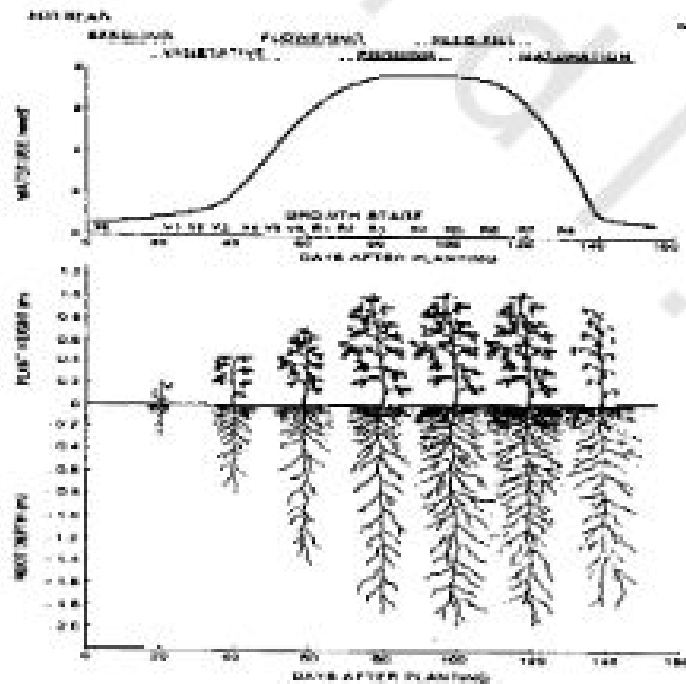
إن تقسيم أصناف فول الصويا إلى مجاميع النصج يساعد المزارع على إختيار الأصناف الملائمة لكل منطقة. ففي حالة زراعة صنف من مجموعة النصج الملائمة للمناطق الشمالية في المناطق الجنوبية فإنها تتعرض لليل طويل مبكراً أثناء مرحلة النمو الخضري عن منطقتها الأصلية مما يعمل على إزهار نباتاتها وتكوين قرونها قبل إكتمال نموها الخضري مما يؤدي إلى نقص المحصول، والعكس صحيح إذا زرعت أصناف المنطقة الجنوبية بالمناطق الشمالية فإنها ستعرض لطول فترة الظلام اللازمة لإزهارها متأخراً في موسم النمو مما قد يعرضها لأضرار الصقيع المبكر قبل نصج البذور.

إن حجم المجموع الخضري لا يتوقف فقط على العوامل التي سبق ذكرها بل إنه أيضاً يتوقف على طبيعة الصنف. فهناك أصناف محدودة النمو، وأصناف غير محدودة النمو وفي الأصناف محدودة النمو فإن إرتفاع النبات يزداد قليلاً أو لا يزيد على الإطلاق بعد الإزهار، كما تخرج الأزهار على قمة وقاعدة النبات في وقت واحد تقريباً، لذلك تكون القرون والبذور متماثلة تقريباً على طول النبات كما أن الأوراق الطرفية تكون متماثلة في الحجم مع الموجودة أسفل الساق الرئيسى وعادة ما تحمل الساق الرئيسى أزهار طويلة العنق التي تكون العديد من القرون على العقد الطرفية. على حين أن الأصناف غير محدودة النمو فإن إرتفاع النبات قد يزداد مرتين إلى أربع مرات بعد الإزهار، وتتميز القرون والبذور والأوراق الموجودة على الجزء السفلى من السيقان بكبر أحجامها مقارنة بمثيلاتها الموجودة على قمة الساق والتي بدورها تحمل أوراق صغيرة في الحجم مقارنة بمثيلاتها الموجودة على الجزء السفلى مع وجود القليل من القرون على العقد الطرفية.

يدخل النبات في مرحلة النمو الزهري بعد مرحلة النمو الخضري وفيها يتم تحول البراعم الإبطية إلى مجاميع من الأزهار تتراوح كل مجموعة بين ٢-٣٥ زهرة مكونة كل منها نورة يعقبها تكوين القرون ثم البذور فالنضج ويستغرق طول هذه الفترة بأكملها ٧-١٢ أسبوع. تظهر أول مجموعة من الأزهار على العقدة الخامسة أو السادسة وفي بعض الأحيان أعلى من ذلك ثم يبدأ تباعاً تكوين الأزهار في إتجاه قمة الساق الرئيسي أو قمة الأفرع الجانبية. وتتأثر فترة الإزهار بميعاد الزراعة إلا أنها قد تمتد إلى ٣-٥ أسابيع.

نمو نباتات فول الصويا:

تعتبر عملية نمو نباتات فول الصويا عملية مستمرة تبدأ بانيات البذور وتستكمل حينما تصل البذور للحصاد. وتتعرض النباتات أثناء حياتها إلى كثير من العوامل التي قد تشجع أو تؤخر تطورها وإنتاجيتها. تتحكم الطبيعة في بعض هذه العوامل مثل الرياح والفترة الضوئية وثنائي أكسيد الكربون. والبعض يتحكم فيها المزارع مثل إضافة المبيدات والأسمدة وميعاد وطرق الزراعة وغيرها من العمليات الزراعية الأخرى. ويوضح شكل (٩-٤) إستعمال الماء ومراحل النمو وإرتفاع النبات وعمق الجذور في نبات فول الصويا خلال موسم نموه.



شكل(٩-٤) إستعمال الماء ومراحل النمو وإرتفاع النبات وعمق الجذور في نبات فول الصويا خلال موسم نموه

إنه من الأهمية بمكان للمشتغلين بإنتاج محصول فول الصويا إستخدام نفس المصطلحات عند مناقشة تطور النبات، فمثلا عندما ينصح منتج المبيد العشبي بإضافة المبيد قبل وصول النبات مرحلة ستة ورقات، فينبغي على المزارع إضافتها في الوقت الصحيح بدون أن يحدث أى خطأ، كذلك فقد يحدث خلاف بين المشتغلين بإنتاج فول الصويا على مرحلة إكمال التزهير، لذلك فإن لم يكن هناك إتفاق على وصف هذه المرحلة فسوف يحدث إخفاق في إدارة العمليات الزراعية لنبات فول الصويا.

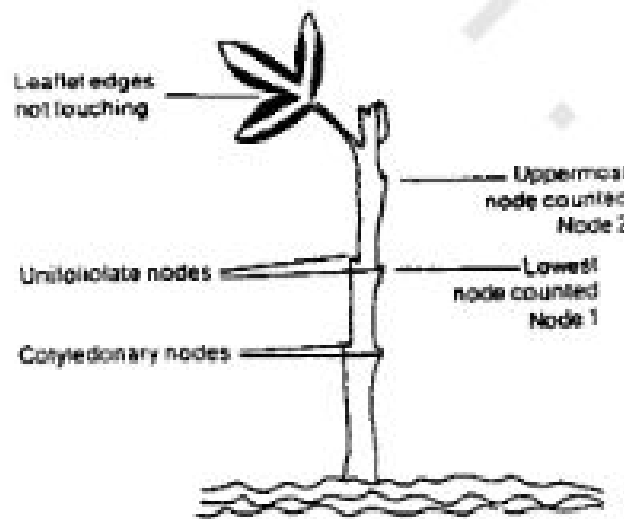
إن تحديد ووصف مراحل تطور النبات تساعد في التفاهم بين المزارعين وممثلى رجال الأعمال المشتغلين بالزراعة والباحثين وأفراد الإرشاد الزراعى والمدرسين، وينبغي أن يكون الوصف موضوعي ودقيق حتى لا يحدث خلاف بين الأشخاص الذين يقومون بتعريف مراحل النمو التى يستطيعون إستخدامها لأى صنف ينمو فى أى منطقة وعادة ما يستخدم التعريف فى وصف النبات المفرد أو نباتات حقل فول الصويا.

توصيف مراحل النمو Growth phenology

قبل الدخول فى توصيف مراحل النمو المختلفة ينبغي الإلمام بما يأتى:

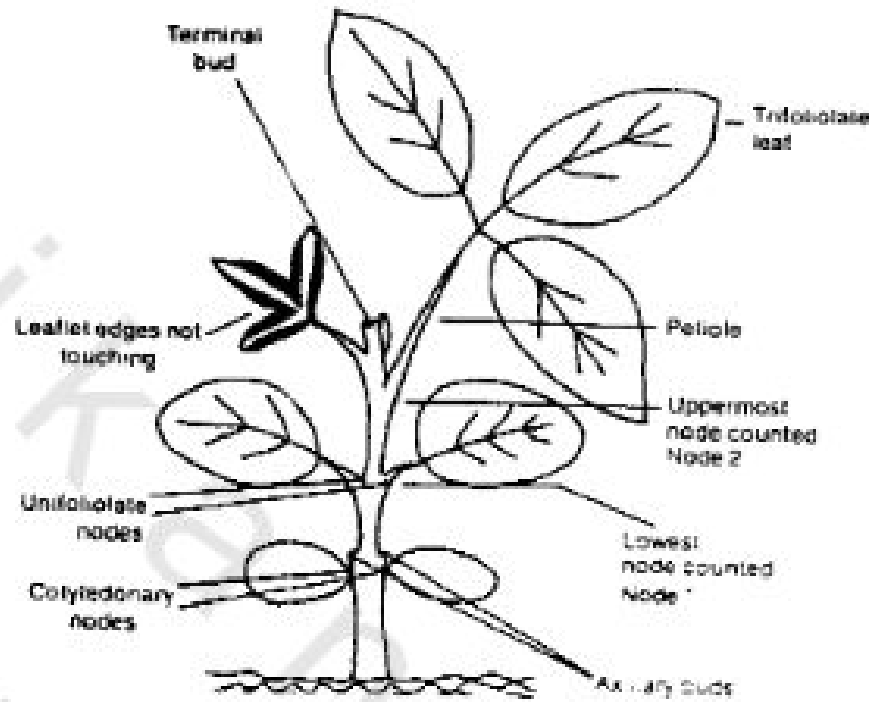
١- تعتمد عملية التوصيف على تعريف العقدة وهى عبارة عن الجزء من الساق الذى يحمل الورقة وفى حالة سقوط الورقة يمكن التعرف عليها بواسطة الندبة الصغيرة الموجودة مكان الورقة المتساقطة.

٢- تستخدم العقدة وليست الأوراق فى تحديد مراحل النمو وذلك لاستدامتها (شكل ٩-٥).



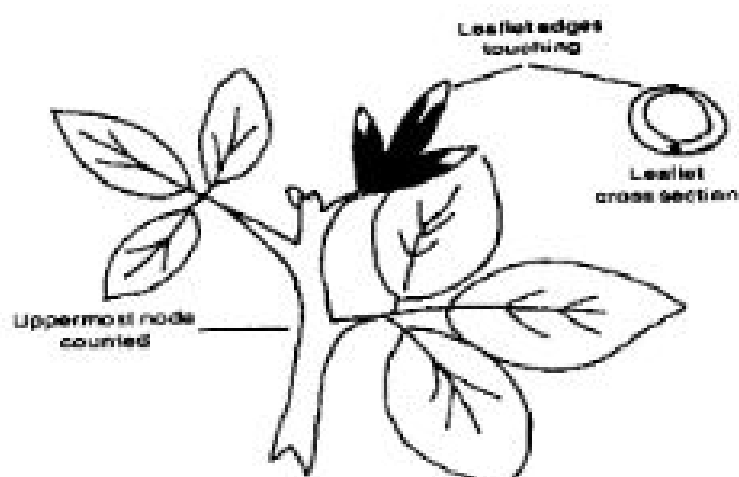
شكل (٩-٥) جزء من نبات فول الصويا عند مرحلة العقدة الثانية (V2)

٣- تعتبر العقدة التي تخرج منها الفلقات هي أول عقدة توجد على الجزء السفلي من الساق الرئيسي وتكون في وضع متقابل على الساق الرئيسي وكما هو معروف فإن الفلقات جزء من البذرة وتخرج من التربة بمجرد تكوين البادرات شكل (٩-٦).



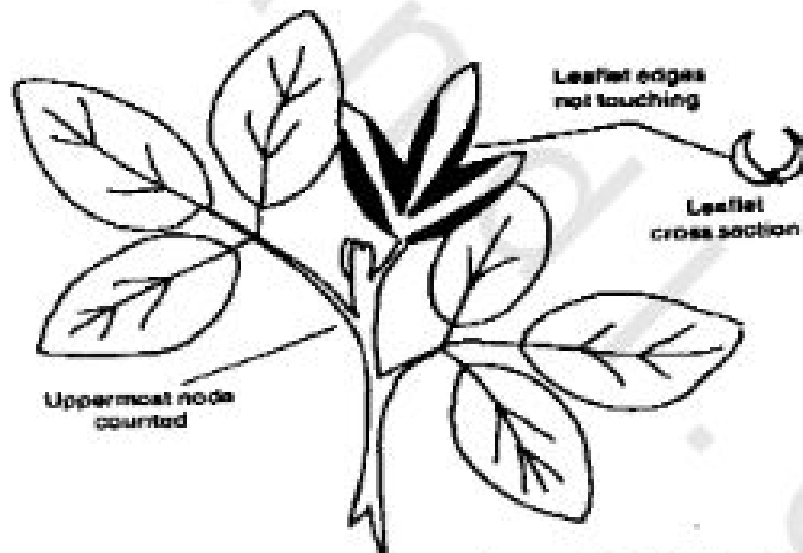
شكل (٩-٦). جزء من نبات فول الصويا عند مرحلة العقدة الثانية (V2)

- ٤- توجد العقد الحاملة للأوراق المفردة مباشرة فوق عقد الفلقات وتكون في وضع متقابل أيضا شكل (٩-٦)
- ٥- تحمل العقد جميعها التالية للعقد الحاملة للأوراق المفردة أوراقا مركبة كل ورقة تتكون من ثلاث وريقات تكون في وضع متبادل على الساق شكل (٩-٦).
- ٦- تحسب أوراق الساق الرئيسي سواء وجد بها أوراق كاملة أو لا يوجد بها أوراق كاملة وذلك عند تحديد مرحلة النمو.
- ٧- تتضمن الأوراق الصغيرة ثلاثة وريقات تكون في البداية شكل اسطوانة نتيجة لتلامس أحرف وريقاتها وعند إكمال تكوينها تتباعد هذه الأحرف وتتسطح الوريقات شكل (٩-٧).



شكل (٧-٩). توصيف العقدة العليا مع تطور كامل للورقة (حواف الورقة متلامسة)

٨- عند حساب رقم العقدة لتحديد مرحلة النمو يستدل على ذلك من حالة تلامس أحرف وريقات أوراق العقدة التي تعلوها فإذا كانت حواف وريقاتها منبسطة (أي غير متلامسة) ندخل العقدة الموجودة أسفلها ضمن عملية التعريف شكل (٨-٩).



شكل (٨-٩) تطور العقدة العليا مع تطور كامل للورقة (حواف الورقة غير متلامسة)

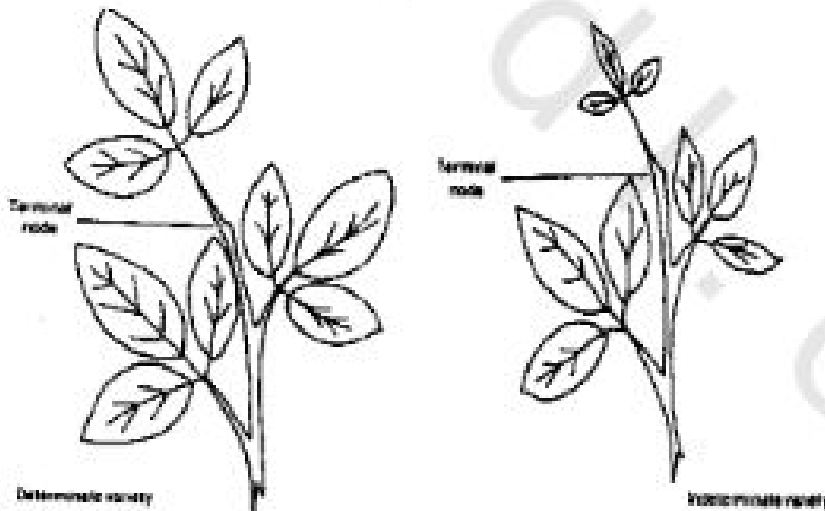
أطوار حياة فول الصويا

تنقسم أطوار حياة فول الصويا إلى طورين رئيسيين ينقسمان بدورهما إلى عدة مراحل الأول طور النمو الخضري والثاني طور النمو الثمري.

أولاً- طور النمو الخضري:

ويبدأ من وقت إنبات البذور Emergence من التربة وحتى ظهور أول زهرة وتتضمن مرحلة خروج الفلقات وتكوين العقد الحاملة للأوراق البسيطة (ومن الناحية العلمية تعتبر العقدة الحاملة للأوراق البسيطة عقدتين منفصلتين ولكنها رغم ذلك تحسب كواحدة لخروجها من مكان واحد وفي وقت واحد) والعقدة الحاملة للأوراق المركبة ويتوالى حساب مراحل النمو المختلفة بعد ذلك ويتم حساب عقد الساق الرئيسى فقط ولا يعتد بعقد الأفرع الجانبية. وعند كسر الساق الرئيسى لا تستخدم الأفرع الجديدة المتكونة فى تحديد المراحل الفينولوجية. وتُميز كل مرحلة من مراحل النمو الخضري بحرف V مصحوبا برقم يدل على أعداد العقد النامية وتكون البداية بعقد الأوراق البسيطة التى تتميز باحتوائها على أوراق كاملة.

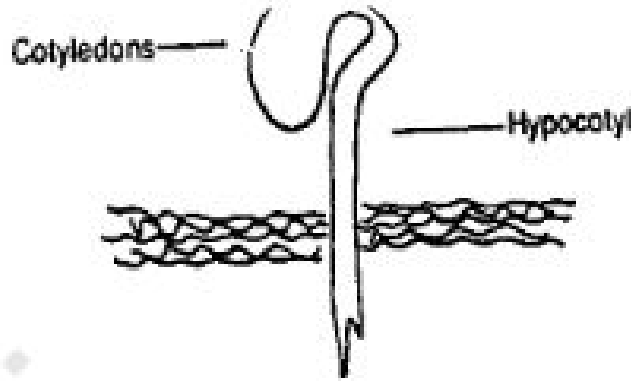
إن أصناف فول الصويا إما محدودة النمو أو غير محدودة النمو حيث ينتهى الساق الرئيسى فى الأصناف محدودة النمو بعقدة تحمل ورقة مركبة ثلاثية تشبه الأوراق الكبيرة فى حجمها، على حين تكون صغيرة فى الأصناف غير محدودة النمو (شكل ٩-٩).



شكل (٩-٩). الساق الرئيسى ينتهى فى الأصناف محدودة النمو بعقدة تحمل ورقة مركبة ثلاثية تشبه الأوراق الكبيرة فى حجمها، على حين تكون صغيرة فى الأصناف غير محدودة النمو

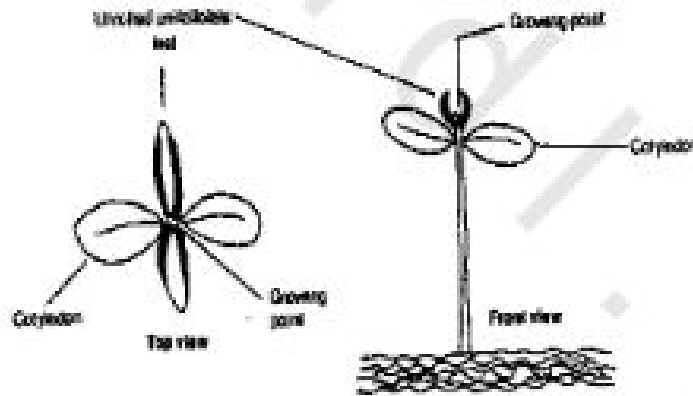
وفيما يلي وصف للمراحل المختلفة لطور النمو الخضري:

١- مرحلة الإنبات VE: تظهر الفلقات على سطح التربة (شكل ٩-١٠)



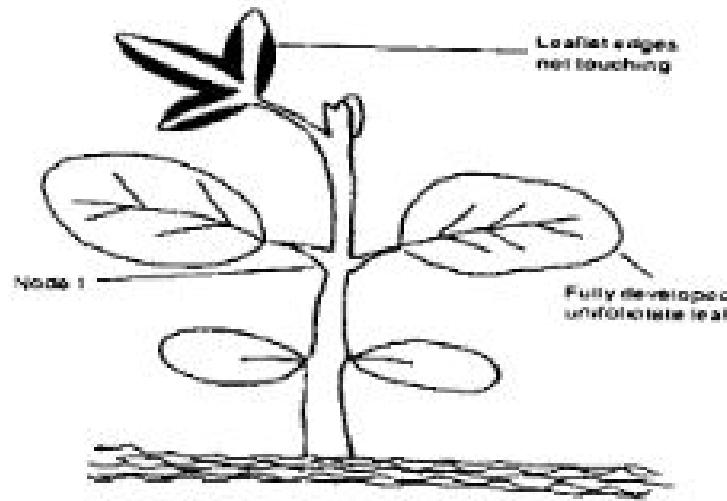
شكل (٩-١٠) مرحلة الإنبات VE

٢- مرحلة الفلقات VC: تنبسط الأوراق الفلقية وتكون الأوراق التي تليها متكاملة الإنسباط أي أن حوافها غير متلامسة (شكل ٩-١١) وتمتد الفلقات النبات الجديد بحاجته من الغذاء لمدة تستمر من ٧-١٠ أيام ولا يؤثر كثيرا فقد أحد الفلقات لكن غياب الفلقتين يعمل على إنقاص كمية المحصول بمعدل يتراوح ما بين ٨-٩%.



شكل (٩-١١) مرحلة الفلقات VC

٣- مرحلة العقدة الأولى V1: تنبسط الأوراق البسيطة تماما مع إنسباط وريقات الورقة المركبة التي تعلوها مباشرة شكل (٩-١٢) وفي هذه المرحلة فإن عملية التمثيل الضوئي بواسطة الأوراق تكون كافية لسد احتياجات النبات.



شكل (٩-١٢) مرحلة العقدة الأولى V1

٤- مرحلة العقدة الثانية V2: تنبسط الورقة المركبة تماماً والنسب تغطى الأوراق البسيطة مباشرة مع إنسلاط وريقات الورقة المركبة الثانية التي تغطوها مباشرة وفيها يصل طول النبات إلى ١٥,٢ - ٢٠,٣ سم متضمنة ثلاث عقد تحمل الأوراق بما فيها الأوراق البسيطة. وعادة ما تهاجم البكتيريا العقدية جذور النباتات في هذه المرحلة مكونة عقد بيضاوية الشكل تمتد النبات بالنيتروجين من خلال عملية تثبيت الأروث الجوى وتحت ظروف الحقل يمكن رؤية العقد البكتيرية بعد مرحلة VE مباشرة إلا أن عملية تثبيت النيتروجين النشطة لا تتم قبل بداية مرحلة V2، V3 بعدها تزداد أعداد العقد المتكونة وكمية النيتروجين المثبت حتى مرحلة منتصف R5 حينما تبدأ في التناقص الحاد.

٥- مرحلة العقدة الثالثة إلى الخامسة V3-V5: في مرحلة العقدة الثالثة يتراوح طول النبات بين ١٨-٢٣ سم مكونا أربع عقد بأوراقها المنبسطة الوريقات على حين يتراوح طول النبات بين ٢٥,٤-٣٠,٥ سم مكونا ٦ عقد بأوراقها المنبسطة الوريقات بمرحلة الخمس عقد ويوجد في أبط الزاوية العليا الموجودة بين عنق الورقة والساق الرئيسى برعم جانبي الذي يشبه تماما القمة النامية للساق الرئيسى، قد يكون هذا البرعم فرع أو زهرة ثم قرن أو يظل ساكن دون نشاط. تتحدد أعداد الأفرع المتكونة تبعا للمسافة بين الصفوف، والكثافة النباتية معتمدة في ذلك على طبيعة الصنف. ويحمل الساق الرئيسى أكبر الأفرع يليه تنازليا الأفرع التالية وفي

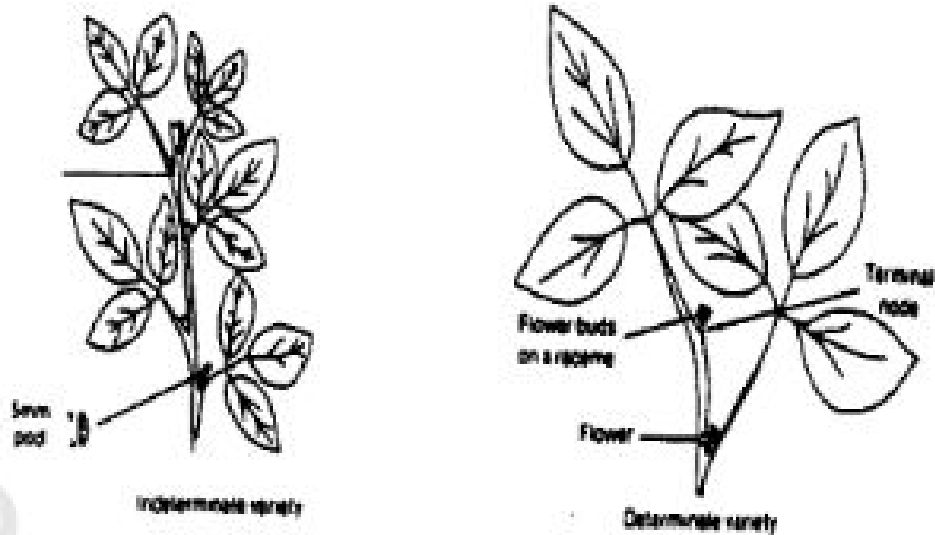
المرحلة الخامسة تظهر البراعم الإبطية متزاحمة bushy وتبدأ في تكوين مجموعة من الأزهار تسمى بالراسيم.

٦- مرحلة العقدة السادسة ٧6: تصل النباتات إلى ارتفاع ٣٠,٥-٣٥,٦ سم محتوية على سبع عقد وريقات أوراقها منبسطة ثم يتوالى بعدها كل ثلاث أيام تكوين المراحل التالية للعقد.

ثانياً- طور النمو الثمرى:

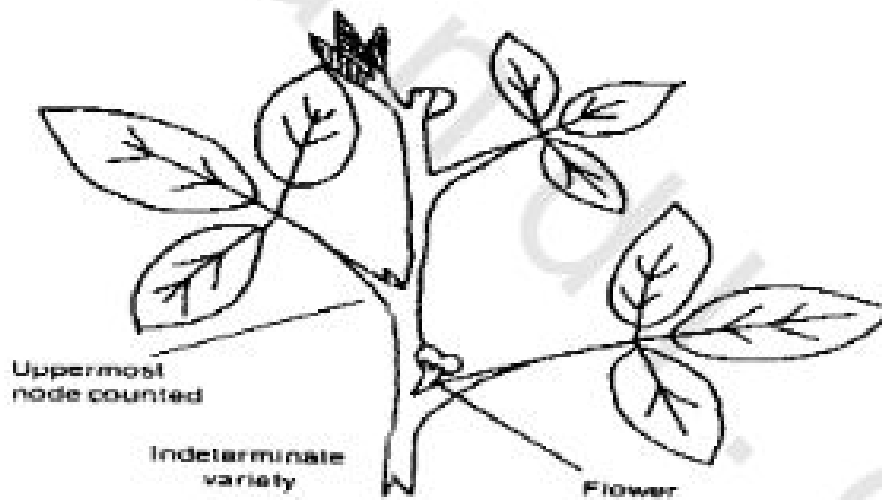
يعتمد النمو الثمرى على تكوين الأزهار والقرون والبذور ونضج النبات وبأخذ كل طور الحرف R متبوعاً برقم يشير إلى ترتيبه في تلك المرحلة وينبغي استخدام الساق الرئيسي لتقدير مراحل النمو الثمرى وتدخل النباتات في مرحلتى R1، R2 في وقت واحد للأصناف محدودة النمو لبدء تكوين الأزهار على العقدة العليا للساق الرئيسي على حين يفصل بينهما ٣ أيام للأصناف غير محدودة النمو والتي يبدأ إزهارها على الجزء السفلى للساق الرئيسي متجهاً إلى أعلى بالتقدم في العمر. وتستكمل القرون كامل حجمها تقريباً قبل دخول البذور في النمو السريع، وعادة ما يقاس القرن في مرحلتى النمو R3، R4 من قاعدة الكأس في الجزء السفلى للقرن إلى طرف القرن، وعند وصول القرن إلى ٢ سم في الطول في مرحلة R4 فإن تجويف القرن يحدد بغشاء أبيض اللون وفي مرحلة R6 يكبر حجم البذور عند الحد الذي يملأ الجزء الداخلى للغشاء تماماً ثم تستمر في الزيادة في السمك بعد ذلك حتى إكتمال وصولها إلى الحجم الكلى. ويتقدم نضج المحصول تصفر الأوراق والقرون في وقت واحد، وفي بعض الأحيان تظل الأوراق خضراء بعد وصول القرون للنضج وتختلف ألوان القرون عند النضج من أسود إلى بنى إلى أحمر غامق. وفيما يلي وصف مراحل النمو الثمرى:

١- بداية الإزهار R1: تتفتح زهرة واحدة على أى عقدة على الساق الرئيسي (شكل ٩-١٣) فعند بداية الإزهار تكون يكون أقل من نصف العقد على الساق الرئيسي قد تطورت في الأصناف غير محدودة النمو، بينما تطور معظم أو كل العقد في الأصناف محدودة النمو والتي يمكن أن يبدأ الإزهار فيها بتفتح زهرة على واحدة من العقدتين العلويتين على الساق الرئيسي.



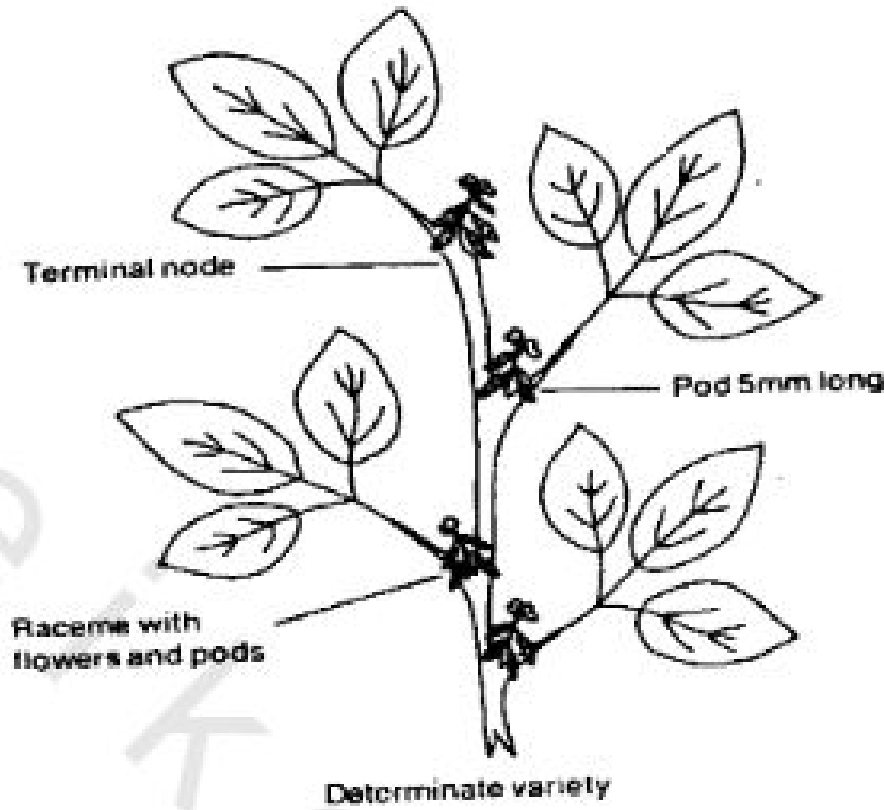
شكل (٩-١٣) بداية الإزهار R1

٢- تكامل الإزهار R2: تنفتح زهرة على واحدة من العقدتين العلويتين للساق الرئيسي مصحوبة بتمام إكمال تكوين الورقة (شكل ٩-١٤). ويلاحظ أن المرحلة R1، R2 يمكن أن تتم معاً في الأصناف محدودة النمو.



شكل (٩-١٤) تكامل الإزهار R2

٣- بداية تكوين القرن R3: يوجد قرن بطول ٥ سم على واحدة من الأربع عقد العليا للساق الرئيسي مصحوبة بتمام تكوين الورقة (شكل ٩-١٥).



شكل (٩-١٥) بداية تكوين القرن R3

- ٤- إكمال تكوين القرن R4: يوجد قرن بطول ٢ سم على واحدة من الأربع عقد العليا للساق الرئيسي مصحوبا بتمام إكمال الورقة.
- ٥- بداية تكوين البذور R5: توجد بذور بطول ٣ مم في داخل قرن موجود على واحدة من الأربع عقد العليا للساق الرئيسي مصحوبة بتمام إكمال الورقة.
- ٦- إكمال تكوين البذور R6: يحتوى القرن الموجود على واحدة من الأربع عقد العليا للساق الرئيسي على بذور خضراء تملأ تجويف القرن مصحوبة بتمام إكمال تكوين الورقة.
- ٧- بداية النضج R7: يوجد قرن واحد طبيعي على الساق الرئيسي وصل إلى لون النضج.
- ٨- تكامل النضج R8: وصول ٩٥% من القرون للون النضج ويلزمها ٥-١٠ أيام للتعرض للجو حتى تصل رطوبتها إلى ١٥%.

أثر الماء على فول الصويا

لقد إزداد الإهتمام بمحصول فول الصويا لقدرته الواسعة على النمو تحت ظروف متباينة من المناخ والتربة. وأغلب المساحات المنزرعة من هذا المحصول تزرع تحت ظروف المطر بالولايات المتحدة الأمريكية، كما أن نسبة كبيرة تزرع تحت ظروف الري.

تختلف حاجة النبات للماء باختلاف مراحل نمو النبات ومتطلبات البخر وتطور المجموع الخضري.

وتلعب الأصناف والظروف البيئية ومرحلة النمو دوراً مهماً في تحديد الاحتياجات المائية للمحصول، حيث تختلف الأصناف ذات الأوراق المغطاة بالزغب مثل هوروسوى عن الأصناف قليلة الزغب مثل كالند. كما يقل إستعمال الماء بمرحلة الإنبات ونمو البادرات ويكون مصاحباً لفقد كبير فى الماء خلال عملية التخيير من التربة فى ذلك الوقت وتزداد سرعة إستعمال الماء فى الفترة من V3 - V6 على حين يصل إلى أقصى قدر عند إكتمال المجموع الخضري ووصول الجذر إلى أقصى حجم ويكون ذلك فى مراحل الإنتاج بداية من تكامل الأزهار (R1، R2) وبمجرد بدء البلوغ وإمتلاء القرون يحدث نقص سريع فى إستعمال الماء يكون مصاحباً لوصول الأوراق والجذور لمرحلة الشيخوخة فى نهاية موسم النمو ومصاحباً لنقص فى عملية التبخير.

أثر الماء على المراحل المختلفة:

إرتفاع النبات:

يحدد إرتفاع النبات بعدد وطول السلاميات ولا يكون هناك تأثير للماء على العدد إلا أن الطول يتأثر ويختلف تبعاً لطبيعة الصنف. فالأصناف المحدودة النمو لا تتأثر بالإجهاد المائى بعد وصولها إلى مرحلة بداية التزهير (R1) والتي تزداد قليلاً فى الطول بعد هذه المرحلة، على حين يكون العكس فى الأصناف غير محدودة النمو حيث تصل إلى هذه المرحلة مبكراً ويظل النمو الخضري مستمراً حيث تستمر إستطالة الساق حتى مرحلة R4 ومن هنا فإن إرتفاع النبات يزداد بالري وتزداد عملية

الرقاد زيادة خطية بإضافة الماء في حدود معينة (Specht et al, 1986) قد يؤدي إلى نقص في المحصول بطريق غير مباشر في هذه الأصناف بعد تعرضها للرقاد.

دليل مساحة الأوراق:

يواكب نمو مساحة الأوراق زيادة إرتفاع النبات بتوافر الماء لذلك فإن العوامل المؤدية لزيادة إرتفاع النبات لها علاقة بزيادة مساحة الأوراق. إن زيادة الأوراق في الحجم حساس لنقص الماء القابل للاستفادة ومن هنا فإن التعرض للجفاف يؤدي إلى نقص في مدة بقاء الورقة وعلى ذلك فإن دليل مساحة الأوراق حساس للإختلاف في الإمداد المائي للتربة وكذلك للتعرض للإجهاد الرطوبي. تزداد مساحة الورقة بالمرى أثناء مرحلة النمو الخضري وقد يكون ذلك ذو تأثير ضار عند زيادة عملية النتج بدرجة أكبر من قدرة إحتفاظ التربة بالماء اللازم لإمداد مراحل النمو التالية. وعلى ذلك ينبغي عند رى محصول فول الصويا تجنب الري الزائد أثناء مرحلة النمو الخضري الذي يؤدي إلى زيادة في مساحة الأوراق بمعدل أكبر من المستويات التي يحتاج لها النبات لأداء عملية التمثيل الضوئي المثلى ولتغلق المجموع الخضري كما ويؤدي إرتفاع دليل مساحة الأوراق عن الحد الأمثل إلى خفض كفاءة الري بزيادة النتج ونقص رطوبة التربة. وكما سبق القول في الباب الخامس والمتعلق بتأثير الإجهاد الجفافي على نمو ومحصول الحاصلات الحقلية، فإن قيمة معامل إستجابة محصول فول الصويا عند التعرض لنقص الماء تكون أقل من الوحدة في مرحلة النمو الخضري، على حين يكون أكبر من الوحدة عند تعرضه له أثناء مرحلة الإزهار مما يعني تحمله لإجهاد الجفاف في مرحلة النمو الخضري عن مرحلة الإزهار. ويتأثر محصول فول الصويا بالتعرض للإجهادات البيئية حيث يؤدي نقص العناصر الغذائية وعدم كفاية الماء إلى نقص كبير في الناتج للمحصول في الفترة الممتدة من R4 إلى ما بعد مرحلة R6 بقليل وخلال هذه المرحلة فإن الفترة الممتدة من R4.5-R5.5 (منتصف بداية تكوين البذور إلى منتصف نهاية تكوين البذور) يكون النبات حساس للإجهاد على وجه الخصوص. ويتجاوز النبات المرحلة R6 فإن النقص في المحصول نتيجة للتعرض للإجهاد يقل حيث لا يتأثر في مرحلة R7 ويتم الحصول على أعلى محصول بنموه في بيئة ملائمة لجميع مراحل نموه.

تراكم المادة الجافة:

تراكم المادة الجافة عبارة عن محصلة ما ينتج من عملية التمثيل الكربوني التي تتم بواسطة الأعضاء الخضراء وما يستهلك في نمو كل من الورقة والجذر والساق أثناء مرحلة النمو الخضري وتنتقل كتلة المادة الجافة من الأوراق والسيقان والجذور إلى القرون والبذور أثناء مرحلة النمو الثمرى. يكون للرى أثر كبير على تجمع المادة الجافة أثناء مرحلة النمو الثمرى حيث يؤدى الماء إلى إنتقال ناتجات عملية التمثيل الضوئى من الورقة إلى البذور (Huck et al, 1986) حيث وجد أن دليل الحصاد يرتفع باستمرار رى المحصول عن عدم ريه. إن مرحلة الإثمار تكون مواكبة لارتفاع درجة الحرارة وزيادة عملية إنتقال ناتجات عملية التمثيل الضوئى من الأوراق إلى البذور، وعلى ذلك فإن نقص الرطوبة أثناء أى مرحلة من مراحل الإزهار والإثمار تؤدى إلى نقص عملية التمثيل الضوئى وكفاءة الإنتقال مما يؤدى إلى نقص تراكم المادة الجافة بالبذور وبالتالي نقص المحصول، حتى لو كانت عملية تراكم المادة الجافة بالأوراق والسيقان بصورة مقبولة فى المراحل المبكرة من حياة المحصول ولا يقتصر ذلك فقط على محصول البذور بل يمتد أيضا إلى كل اجزاء النبات عند الحصاد. حيث يزداد دليل الحصاد بتوافر الرطوبة، ويؤدى تعرض النباتات للجفاف إلى زيادة مجموع أطوال الجذور وعلى العكس بنقص وزنها معنويا. ولقد وجد أن هناك ارتباط عالى المعنوية بين محصول البذور وبقاء مساحة الأوراق ودليل مساحة الأوراق والوزن الجاف للسيقان عندما تنمو نباتات فول الصويا تحت ظروف الجفاف المتزايد. إن التعرض للجفاف يؤدى إلى نقص معنوى للمادة الجافة المتجمعة عند الحصاد بجميع أنسجة أعضاء النبات الموجودة فوق سطح الأرض (Huck et al, 1986).

يتم أكبر تجمع للمادة الجافة المتكونة فى المرحلة من بداية التزهير (R1) إلى إكمال تكوين القرون (R4)، وذلك للأصناف محدودة النمو بعدها تنتقل بسرعة إلى القرون والبذور وعلى ذلك يقل وزن الورقة إلا أن هذه العملية تتأثر عند التعرض للإجهاد الرطوبى مما يؤدى إلى فقد غير عكسى لقدرته الإنتاجية إلا إذا أضيف الماء قبل هذه المرحلة. وعادة ما يتم تراكم المادة الجافة الكلية خلال مرحلة بداية نضج القرون (R7) مع استمرار التراكم خلال مرحلة بداية تكوين البذور (R5) ثم تبدأ فى

الإنخفاض، ويعود جزء من هذا الإنخفاض إلى إنتقال المادة الجافة إلى البذور أثناء مرحلة إمتلاء البذور وينبغي التأكيد على أن مرحلة إمتلاء البذور حساسة بدرجة كبيرة للجفاف.

الأصناف:

من المتوقع نظرياً أن زيادة إنعكاس الأشعة الضوئية يؤدي إلى نقص النتج والتبخير، مما يؤثر بالنسبة على رى محصول فول الصويا ومدى موائمه للظروف الجفافية حيث وجد تميز بعض أصناف فول الصويا بكثافة وجود الزغب على أوراقها كما هو الحال فى صنف هورسوى عن بعض الأصناف الأخرى التى تقل كثافة الزغب على أوراقها مثل كالدند. فقد تم دراسة أثر هذا الزغب على إستعمال الماء حيث أن وجود الأوراق المغطاة بالزغب تزيد من إنعكاس الطيف المرئى بدرجة قليلة وبدرجة كبيرة فى الطيف القريب من الأشعة الحمراء، كذلك فقد ذكر الباحثون أن الأصناف المغطاة بالزغب قد تكون أقدر على الإستفادة من الماء مما يؤهلها إلى الزراعة فى المناطق الجافة ويصل النقص فى معدل النتج بخر فى السلالات كثيفة الزغب بمقدار ٧% مع إرتفاع فى كفاءة إستخدام الماء. وقد ذكر الباحثون أن السلالات ذات الزغب تتجه إلى زيادة المحصول عن السلالات الأخرى الا أنهم ذكروا وجوب الحذر فى تفسير النتائج حيث وجدوا أن الصنف هورسوى الذى يتميز بكثافة الزغب يتميز بوجود جذر كبير كثيف يتخلل التربة إلى اعماق بعيدة ويمتص كميات من الماء أكبر من السلالات ذات الزغب القليل.

نمو الجذور وعلاقته بامتصاص الماء:

يتميز محصول فول الصويا بمجموع جذرى كثيف مع ضعف القمة النامية. ينشأ الجذر من السويقة الجنينية السفلى مكوناً من قمم الجذور، الجذور الثانوية والثالثة والرباعية والجذور العرضية. وعادة ما تخرج الجذور الجانبية بعد الإنبات مباشرة متفرعة بكثافة فى طبقات التربة العليا إلى أن يصل عمر النبات إلى ٥٠ يوم من الزراعة ثم تبدأ فى الإتجاه لأسفل ويتوقف ذلك على ما يأتى:

١- الخواص الطبيعية للتربة التى تؤثر بدرجة كبيرة على نمو المجموع الجذرى

٢ - العوامل الوراثية

لقد دلت الأبحاث على أن الانتشار الرأسى للجذور وتوزيع المادة الجافة له يتم معظمه فى القدم العلوى من التربة (Allmaras et al, 1975)، على حين وجد أن ٩٠% أو أكثر تنتشر فى ال ١٥ سم السطحية. وذكر Mitchel and Russell (1971) و Raper and Barber 1970 أن ٧٠% من الجذور تنتشر جانبيا فى المنطقة الممتدة لمسافة نصف قدم من مركز الجذور حول النبات، ولقد ذكر معظم الباحثين أن نباتات فول الصويا تحتاج إلى جذور متعمقة قوية أثناء التعرض للجفاف حتى تستطيع تجنب التأثير الضار على المحصول النهائى، حيث تؤدي زيادة عمق الجذر إلى زيادة الكمية الكلية للماء القابل للإستفادة والصالح للإمتصاص بواسطة النبات أثناء موسم النمو عند ثبات بقية العوامل. ولقد درس Huck et al (1986) التأثير النسبى للإجهاد المائى على توزيع المادة الجافة بين الجذر والأفرع أثناء نمو المجموع الخضرى والثمارى، حيث لوحظ التأثير المعنوى لنقص الوزن الكلى للأفرع والجذور وزيادة طول المجموع الجذرى عند التعرض للجفاف. وعند رى النباتات تنتشر الجذور سطحيا مع إنتظام فى التوزيع وقلة فى الكثافة عنه فى حالة عدم رى النباتات رغما عن سرعة شفاء الجذور بدرجة أكبر للنباتات المروية عن النباتات غير المروية وذلك للجذور المنتشرة بالمنطقة أسفل منطقة ٢٠ سم، ويزداد الفرق المعنوى فى نمو الجذور بين النباتات المروية وغير المروية باستمرار التعمق فى قطاع التربة. ويمكن القول أن تأثير نقص الماء على العلاقة بين الجذر والأفرع واضحة للغاية حيث يكون تأثيره قليل على الأفرع.

ويتأثر نمو جذر فول الصويا كثيرا بالماء فى مراحل نموه المختلفة فيزداد نمو الجذر الأولى ومعظم الجذور الجانبية بسرعة عند توافر الظروف الملائمة بمرحلة V6 (مرحلة العقدة السادسة) ليصل إلى عمق ٨-١٠ م، ويمتد المجموع الجذرى بمعدل متسارع من مرحلة النمو الخضرى المتأخرة إلى نهاية مرحلة التزهير (V6-R2) وبوصول النبات إلى مرحلة أكتمال تكوين البذور (R6) يصل المجموع الجذرى لعمق أكبر من ١,٨ م مع إنتشاره جانبيا لمسافة ٢٥-٥٠ سم.

وكما سبق القول فإن نمو المجموع الجذري يتأثر بشدة بالتراكيب الوراثية حيث ذكر (Kaspar et al 1978) وأن إستطالة قمم الجذور للأصناف تبلغ ١٣م/يوم وأن أبداً أصناف تستطيل بمتوسط يبلغ ٨٣٥ مم بينما تصل إلى ١١٧٣ مم للأصناف، السريعة بعد ٢٧ يوماً بمتوسط مقداره ١٢,٥م في اليوم. ولقد ذكر Specht et al (1986) في دراسة على سبعة أصناف أثناء مرحلة النمو التمرى أن الجذور تتعمق بمعدل ١١-١٨ مم في اليوم أثناء مرحلة النمو الخضري و٣٣-٨١ مم في اليوم بتقدم النباتات من مرحلة بداية التزهير (R1) إلى بداية تكوين القرون (R3) و٣٦ مم في اليوم من مرحلة إكمال تكوين القرون (R4) إلى بداية تكوين البذور (R5) وذلك للأصناف غير محدودة النمو. ويمكن القول أنه عند إختيار الصنف الواجب زراعته مراعاة كل من معدل وبقاء الجذر وكذلك إمتداده.

٣- الإحتياج المائي والإستهلاك المائي

إن معدل إستعمال الماء خلال موسم نمو محصول فول الصويا هام لتقدير فترات حاجة النبات لكميات مرتفعة من الماء. يختلف الإحتياج المائي لمحصول فول الصويا تبعاً لمنطقة الزراعة وطول فترة حياة الصنف المنزرع ويتراوح الإحتياج المائي ما بين ٣٣٠-٨٢٥ مم بمناطق الزراعة المختلفة بالولايات المتحدة الأمريكية أي مايساوى ١٣٨٦-٣٤٦٥ م^٢ للفدان أو ٣٣٢٦-٨٣١٦ م^٣ للهكتار، ويرجع هذا الإختلاف الكبير للإختلاف في توزيع الأمطار ومتطلبات عملية التبخير الكلى. ويبلغ الإحتياج المائي أو ما يعرف بالمقنن المائي بمصر مقدار يتراوح ما بين ٢٥٠٠-٣١٥٠ م^٣ للفدان تبعاً لمنطقة الزراعة. ويعبر عن الإحتياج المائي للمحصول كنسبة بين الناتج بخر للنبات والتبخير بوعاء البخر، ويمثل الأخير إحتياج البخر بواسطة عوامل المناخ، ويتقدم النبات في العمر وزيادة المجموع الخضري تزداد هذه النسبة وعادة ما تكون منخفضة حتى ٤٠ يوم من الزراعة يعقبها زيادة واضحة لتصل إلى أقصاها عند عمر ما بين ٦٠-١٠٠ يوم من الزراعة.

يهدف منتج النبات للحصول على أعلى محصول بأقل قدر من الماء وعلى ذلك نعرف كفاءة الري بأنها الزيادة في محصول البذور الناتجة من وحدة واحدة من الماء. وتقل كفاءة الري بإضافة الماء قبل مرحلة بداية التزهير (R1) حيث لا يزيد

المحصول معنوياً بإضافة الماء في هذه المرحلة وعند تعرض النباتات للجفاف في مرحلة ما قبل بداية تكوين القرون (R3) إلى بداية نضج البذور (R5) حيث تكون كفاءة الري مساوية أو أعلى منها بمرحلة بداية التزهير لقلة المياه المستخدمة في إنتاج وحدة واحدة من محصول البذور عند تأخر عملية الري.

٤- وضوح تأثير السنوات والأصناف والمواقع وتفاعلاتها مع العوامل الجوية والإجهادات التي لا يمكن للري التغلب عليها وكذلك لاختلاف احتياجات النتح بخر للأصناف، خلال السنوات المختلفة.

لقد اقترح (Specht et al 1986) أن الأصناف التي تتغير كمية محصول بذورها نسبياً بدرجة قليلة بإضافة وحدة الماء يمكن إعتبارها غير حساسة للجفاف على حين أن الأصناف التي تستجيب جذورها بدرجة أكبر بإضافة وحدة من الماء يمكن إعتبارها حساسة للماء ويمكن زراعتها بالمناطق المطرية حيث يكون الجفاف شائعاً، على حين أن الأصناف التي يزداد محصول بذورها بإضافة وحدة واحدة من المياه فإنها تكون أكثر ملائمة لمناطق الري حيث يمكن إضافته كلما احتاج النبات للماء، وبصرف النظر عن الاختلاف في كفاءة الري بين الأصناف المختلفة فإن العائد الإقتصادي هام هو الآخر وليس فقط الإستجابة للماء المضاف.

ري فول الصويا:

إن الهدف الأساسي من الري هو الحفاظ على الماء في حالته المثلى بالنبات أثناء موسم النمو لأن نقص ماء التربة يكون له تأثير مباشر على النمو ومحصول البذور.

يتحرك الماء من النبات إلى كتلة الهواء الخارجي حينما يكون تركيز كتلة الهواء من بخار الماء أقل من تشبع هواء الورقة الداخلي الذي يصل إلى ١٠٠% بسبب بلل اسطح الخلايا بالماء خلال فتحات الثغور، ويعتمد سريان بخار الماء للنباتات المروية على درجة حرارة الورقة والرطوبة الجوية النسبية والرياح، حيث ينساب الماء تحت هذه الظروف بمقدار ٥،٠ بوصة لكل إيكس خلال أوراق فول الصويا ويتم ذلك نتيجة فقد ٩٠% من الماء خلال فتحات الثغور، ١٠% خلال طبقة الكيوتين والشمع، ويتحرك الماء خلال أوعية الخشب تبعاً لخاصية التماسك (تجاذب جزيئات الماء مع

بعضها) والتجاذب (بين جزيئات الماء وجزيئات سيليلوز أو عية الخشب) أنظر باب رقم ٤. ويشبه ذلك ما يحدث لقطعة من الأسفنج تغمر أحد جوانبها في الماء والجانب الآخر معرض للشمس والرياح. وبذلك تعمل حركة الماء خلال جدر خلايا الألياف على الحفاظ على الرطوبة النسبية قريبة من ١٠٠% بالمسافات الموجودة أسفل الثغور وعندئذ يخرج في صورة بخار ماء خلال الثغور ليحل محله ماء من أسفل النبات وهكذا وفي هذه المرحلة يحقق النبات مكاسب ثلاث هي:

أمداد النبات بالعناصر الغذائية.

أنفاخ الخلايا بالماء مما يسمح بأحتفاظها بشكلها والقيام بالوظائف الفسيولوجية مثل عمليات التمثيل الضوئي والفتح الذي يعمل على تبريد النبات خلال عملية التبخير حيث أن تبخير ١ جم من الماء يطلق قدرا من طاقة الأوراق يبلغ ٥٨٠ سعر حراري وعند نبول أو اقتراب النبات من النبول في الجو الحار ترتفع درجة حرارة الورقة بضعة درجات أكثر من الجو المحيط، على حين تنخفض درجة حرارة أوراق النباتات المزروعة جيدا من ٥-١٠ ف° عن الجو المحيط.

تتعرض النباتات لقدر كبير من التوتر العائى في الجو الحار الجاف مما يؤدي إلى ظهور فقاعات هوائية بخلايا الخشب (Embolism) مما يقلل من كفاءتها في نقل الماء وبالتالي التأثير على عملية النتج بفول الصويا (Tyree and Sperry 1989). ولقد أضح إمكانية شفاء النباتات من هذه الظاهرة حينما يكون عدد الفقاعات قليلة وتحت ظروف الجفاف القليل وذلك بزواله حين حلول فترة الليل التى تتميز بانخفاض درجة الحرارة والأجواء الرطبة، أو عند رى المحصول ويتم ذلك بامتصاصها بواسطة الخلايا المحيطة في ظروف التوتر المنخفض.

وجد Huck et al (1983) أن عملية خلق الثغور ونقص نشاط التمثيل يحدث عندما يزداد النتج عن قدرة الجذور على امتصاص الماء. وأوضحت دراسات أخرى أن التعرض لنقص الرطوبة يؤدي إلى توقف عمليات استطالة الساق والورقة وباستمرار النقص يقل معدل انقسام الخلية والأنسجة المرستيمية وفي دراسات أجريت بحجرات النمو أوضحت أن معدل تجمع المادة الجافة أقل حساسية من النقص في معدل تمدد الورقة حينما يتعرض النبات لنقص الماء (Boyer 1970) ولقد خلص إلى أن نقص نمو أوراق فول الصويا تعتبر مؤشر جيد على نقص رطوبة التربة.

ويلعب المجموع الجذري دوراً مهماً في علاقة فول الصويا بالماء والعناصر الغذائية حيث أنه شديد الحساسية لكل من العوامل البيئية كما سبق القول والعوامل الوراثية وبالتحكم الوراثي تختلف الأصناف، حيث أن الأصناف القليلة المحصول تتحمل الجفاف وذلك لقلة مجموعها الجذري والعكس صحيح في الأصناف العالية المحصول ذات المجموع الجذري الغزير. كما تميل النباتات المتباينة للأصناف في توزيع المادة الجافة إلى الجذور بمعدلات مختلفة حيث أن نمو الجذور يعكس حالة نمو المجموع الهوائي والعكس صحيح تذهب نسبة كبيرة من المادة الجافة المتكونة بالنبات الصغير إلى الجذور أثناء تكوينها، ثم تقل هذه النسبة بتقدم النباتات في العمر. ويقل تكوين الجذور الجديدة أثناء المرحلة السريعة لنمو البذور. ويعتقد أن معظم مراحل امتصاص الماء والعناصر الغذائية يتم وعمر الجذور بضعة ساعات إلى بضعة أيام حيث يقل عند بلوغ الجذور أسبوع أو أكثر بدرجة كبيرة، ويستمر نمو وتكشف الجذور الدقيقة والشعيرات الجذرية باستمرار بالمسافات البينية لحبيبات التربة ويتأثر امتصاص الماء والمغذيات بدرجة الحرارة، الأكسجين، الملوحة، السموم والميكروهيزا (قطر عادة ما يكون مصاحباً لجذور فول الصويا ويسهل الحصول على الماء والمغذيات من التربة).

ويلعب المجموع الخضري مع الظروف الجوية دوراً هاماً في الحفاظ على محتوى الخلايا من الماء كما سبق القول. فعند وصول الرطوبة الجو النسبية ١٠٠% يصل الجهد المائي إلى قيمة صفر في درجة حرارة ٦٨ ف° تنخفض إلى -27.5 بار عند وصول الرطوبة الجوية النسبية إلى ٩٨% (ضغط مكافئ لعمود من الماء ارتفاعه ٨٤٣ قدم) ويصل إلى -٩٤٤ بار بوصول الرطوبة الجوية النسبية إلى ٥٠% في نفس درجة الحرارة (ضغط مكافئ لعمود من الماء ارتفاعه ٢٨٠٠ قدم) مما يوضح عدم أهمية توافر الهواء الشديد الجفاف حتى يتواجد تدرج شديد في الجهد المائي. وعند توافر الماء بالتربة لا يحتاج النبات لجهد كبير لامتصاص الماء بينما العكس صحيح عند تعرضه للجفاف.

ويتأثر نمو وإنتاجية فول الصويا كثيراً بحالة الماء حيث يبلغ الجهد المائي للورقة حوالي (-٢) بار في الفجر، ينقص بسطوح الشمس ليصل (-١٢) إلى (-١٥) بار

وقت الظهيرة وذلك تحت توافر الماء بالتربة وينقص الأشعاع الشمسي يصل الجهد المائي للورقة صفرا ليصل مرة أخرى إلى (-2) في فجر اليوم التالي، أرجع (Boyer 1970) عملية التمثيل الضوئي والنتح ونمو الورقة إلى الجهد المائي للنبات عند اختبار فول الصويا بحجرات تحكم العوامل البيئية حيث ذكر أن نمو الورقة كان أكثرها حساسية وعمليتي التمثيل الضوئي والنتح أكثر ارتباطا بغلق الثغور وأن قيمتها تزداد حوالي 50% عندما يكون الجهد المائي للورقة (-12) بار بينما يصل نمو الورقة إلى هذا المستوى عند وصول الجهد المائي للورقة إلى حوالي (-3) إلى (-4) بار فقط وأضاف أن النتائج بالحقل كانت مماثلة لنتائج غرف التحكم ويضاهي نمو الورقة استطالة الساق وارتفاع النبات، وهذا يعني أن نمو الورقة والساق يقف أسرع بالتعرض لدورات الجفاف الناشئة عن نقص الماء مقارنة بعملية التمثيل الضوئي أو النتح التي تنقص بقل الثغور نتيجة لانخفاض ضغط أنسجة الخلايا الحارثة، وهذا يؤدي بدوره إلى توفير السكريات عندما ينقص نمو الورقة التي ربما تستخدم في نمو الأوراق، ينتقل جزء من السكريات إلى الجذور مما يؤدي لنموها وبذلك يتم الاستفادة الجذور من الظروف الأرضية ويؤدي إلى تأخير أثر الجفاف على النبات أما الباقي من السكريات التي تم توفيرها فيتجمع بأنسجة النبات الذي يتعرض للجهد المائي المتوسط إلى المرتفع.

تنقل الذائبات العضوية من الورقة إلى الأماكن المختلفة حيث تنتشر السكريات الناتجة من عملية التمثيل الضوئي من خلايا المصدر إلى خلايا المصب. توجد طبقة مفردة ذات تخصص منفرد تتكون من طبقات من الخلايا أسفل السطح العلوي لأوراق فول الصويا ويبدو أنها تسهل عملية انتقال السكريات إلى اللحاء تكون لها أيضا وظيفة مؤقتة لتخزين المركبات المحتوية على النيتروجين قبل استخدامها في بناء بروتين البذور. يقوم البروتين المصاحب للخلايا المرافقة في نسيج اللحاء بأصططاد السكريات والتحرك خلال أغشية الخلايا وضخة إلى العناصر الغريالية بنسيج اللحاء وربما يتم التحكم في معدل الانتقال بواسطة كمية الذائبات العضوية التي تم ضخها إلى العناصر الغريالية والتي من المرجح أن المواد المتاحة المنتشرة من الخلايا النشطة تتحكم فيها نتيجة لتجمع المواد بالعناصر الغريالية. يزداد تركيز الذائبات التي تجذب الماء حيث يزداد ضغط الماء بالخلايا الغريالية فتتحرك إلى فتحات الغريال حاملة

معها المواد العضوية إلى أجزاء النبات الأخرى (وتتأثر مرحلة النمو الثمرى كثيراً بنقص الماء بالتربة حيث أن حساسية نباتات فول الصويا تكون مرتفعة عند التعرض للجفاف أثناء مرحلة أمتلاء القرون مقارنة بتعرضة أثناء مرحلة الأزهار كما سبق القول، لذلك فقد ذكر Christy and Porter (1982) أن محصول فول الصويا محصلة لاستمرار التحكم في تدفق المواد الممتلئة إلى المصب و عدد البذور وحجم البذور المصاحب لعملية التمثيل الضوئي خلال مراحل النمو الثمرى. وتزداد أعداد القرون والبذور عند رى النباتات مبكراً في مرحلة الأثمار. ولقد وجد Kadhem et al (1985)، أن رى محصول فول الصويا مقارناً بعدم الرى يؤدي إلى عدم تأثر الكمية الكلية للمجموع الجذري رغم أن كونه يتعمق وينتشر أفقياً إلى مسافة أبعد لذلك فإن عدم رى المحصول يؤدي إلى نقص مساحة الورقة بنسبة 62% ووزن القرون بنسبة 74% قرب مرحلة النضج الفسيولوجي مقارنة بالنباتات المروية وبذلك يمكن القول أن الرى يعمل على زيادة مساحة الورقة وارتفاع محصول البذور وتراكم المادة الجافة.

وتؤثر خصائص التربة مثل القوام والبناء وعمق التربة والتوصيل الهيدروليكي على صلاحية الماء للاستفادة بواسطة النبات حيث تحتوي التربة الرملية على كمية محدودة من الماء ولكنها تجود بمائها بيسر للنبات وعلى العكس من ذلك فإن التربة الطينية تحتوي على كمية كبيرة من الماء مع تميزها بقلّة الماء الميسر وبطءه على حين أن الأرض التي تحتوي على نسبة مرتفعة من السلت توفر قدر كبير من الماء الميسر الذي يؤدي إلى الحصول على قدر كبير من الماء الميسر يؤدي إلى الحصول على نمو كبير وتراكم للمادة الجافة.

وتعتبر فترة تكوين وأمتلاء القرون الفترة الحرجة للماء حيث ينقص المحصول بدرجة كبيرة بالتعرض للجفاف حيث وجد Doss et al (1974) أن مرحلة أمتلاء القرون هي أكثر المراحل حساسية للماء حيث يستخدم الرى أثناءها للحصول على أقصى محصول من البذور.

جدولة عملية الرى

تتطلب عملية الرى إضافة الماء بالكمية المناسبة وفي الوقت المناسب ومن هنا فإن جدولة الرى هي العنصر الأساسى لإدارة عملية الرى جيداً لذلك من المهم تحقيق

هدف الحصول على محصول مرتفع وعائد اقتصادى مرتفع. لقد أعتبر (Tacker etal. 1994) أن عدم كفاية ماء الري أو /إضافة في الوقت غير المناسب من أهم الأسباب لخفض محصول فول الصويا المتوقع لماء الري المستخدم. ولقد أظهرت خلاصة العديد من الدراسات التي أجريت على العديد من الدراسات التي أجريت على استجابة أصناف فول الصويا للري طول حياة بمراحل النمو الخضري والثماري مقارنة بالري أثناء مرحلة الأثمار من بداية الأزهار إلى تكامل تكوين البذور لخصها (Reicosky and Heatherly 1990) في التالي:

أن ري نباتات فول الصويا قبل بداية مرحلة الأزهار لم يكن له تأثير معنوي على كمية المحصول مقارنة بالري فقط أثناء مرحلة الأثمار.

ارتفاع كفاءة الري (زيادة في محصول البذور /إيكر/ بوصة من الماء) عادة بالري أثناء مرحلة الأثمار. وبذلك يمكن القول أن الري قبل الأزهار يكون أقل فائدة من الري بعدة.

أن تعرض النباتات للجفاف أثناء مرحلة النمو الخضري قد تعادل الري قبل الأزهار للحصول على النمو الخضري الكاف.

تأخير الري حتى مرحلة اكتمال نمو القرون أو بداية مرحلة تكوين البذور تقلل كمية المحصول مقارنة بالري من بداية تكوين الأزهار.

تزداد أعداد القرون والبذور بالري أثناء مرحلة الأثمار وقد تساهم أعداد البذور في زيادة كمية المحصول.

إذا تأخر الري لمرحلة امتلاء البذور تزداد وزن البذور وقد يساهم ذلك في زيادة المحصول

ينبغي استمرار عملية الري التي بدأت أثناء المرحلة المبكرة من الأثمار حتى مرحلة امتلاء البذور وأضاف (Heatherly and Spurlock 1993) أن الري لجميع أطوار النمو الثمري يؤدي إلى الحصول على أكبر عائد اقتصادى وذلك للأسباب التالية:

أ - أن تطور الأعضاء الثمرية للنبات يتم في هذه المرحلة.

ب - وصول دليل مساحة الأوراق إلى أقصى مستو أو قريبا منه وبذلك يكون جهد النتح بخر في أقصاه.

ج - تتحدد مكونات محصول البذور (القرون، البذور/القرن، وزن البذور) في هذه المرحلة.

ينبغي التأكيد على وجوب توفير الماء اللازم لعملية أنبات البذور حيث تحتاج لأمتصاص كمية من الماء تعادل 50% من وزنها لأن نظام الأنبات وللحصول على العدد الأمثل من النباتات القائمة بالحقل وأيضا إضافة الماء للنباتات بمرحلة النمو الخضري بقدر يكفي للحصول على نمو خضري يؤهله لإنتاج أزهار وقرون وبذور مرتفعة المحصول ذات عائد اقتصادي مرتفع.

وتؤثر خصائص التربة مثل القوام والبناء وعمق التربة والتوصيل الهيدروليكي على صلاحية الماء للاستفادة بواسطة النبات حيث تحتوي التربة الرملية على كمية من الماء ولكنها تجود بماءها بيسر للنبات وعلى العكس من ذلك فإن التربة الطينية تحتوي على كمية كبيرة من الماء مع تميزها بقلّة الماء الميسر وبطيء حركته على حين أن الأرض التي تحتوي على نسبة مرتفعة من السنت توفر قدر من الماء الميسر الذي يؤدي إلى الحصول على قدر كبير من الماء الميسر يؤدي للحصول على نمو كبير وتراكم للمادة الجافة.

التسميد:

إن محصول فول الصويا كغيره من المحاصيل يحتاج لتوافر الماء والعناصر الغذائية لتكمل دورة حياة وليعطي محصول اقتصادي مرتفع ولذلك فلا بد من أن يكون هناك توافق بين التسميد والري للحصول على أكبر إنتاج. إن حالة ماء التربة والنبات ذات تأثير على أمتصاص المغذيات وتراكمها، وذلك لتأثيرها على نمو النبات، ويعتمد أمتصاص الكاتيونات على توافر الماء بالتربة وإن كانت تختلف فيما بينها حيث يستجيب أمتصاص البوتاسيوم لحالة الماء بالتربة أكثر من كل من الكالسيوم والمغنسيوم. ولقد ذكر أن ري النباتات يؤدي إلى تشجيع انتشار الفوسفور إلى جذور النباتات وزيادة تركيزه. ونادرا ما يكون ذو تأثير على تركيز وتراكم الحديد والمنجنيز والزنك. وتتأثر عملية تثبيت الآزوت الجوي بمحتوى التربة من الماء حيث وجد نقص

هذه العملية في نباتات فول الصويا عند تعرض النباتات للإجهاد المائي، حيث تظهر القشرة الخارجية للعقد الجذرية تغييرات في تركيب مكوناتها السيتوبلازمية عند التعرض لإجهاد متوسط وبزيادة شدة يتأثر نشاط العقد الجذرية ولقد ذكر Pankhurst and Sprent (1975) وجود علاقة بين نقص نشاط العقد الجذرية في ظروف الجفاف والتغيرات الحادثة في انتشار الأكسوجين ومعدل التنفس. ولقد لاحظ Huang et al (1975) وجود علاقة كبيرة بين كل من معدل عملية التمثيل الضوئي والنسج وتثبيت الأزوت الجوي بنقص الجهد المائي للخلية إلا أن عملية التنفس تظل ثابتة تحت هذه الظروف. درس Matheny and Hunt (1983) تأثير الري على تراكم كل من النيتروجين المثبت وغير المثبت حيث وجدوا أن الري يعمل على تراكم النيتروجين والنسبة المئوية للنيتروجين المضافة من عملية التثبيت لتصل إلى ٩٠%.

النيتروجين:

لما كان محصول فول الصويا من المحاصيل التابعة للفصيلة البقولية والتي لها القدرة على تكوين العقد البكتيرية على جذورها، لذلك فإن هذا المحصول له القدرة على تثبيت الأزوت الجوي بواسطة بكتيريا *Bradyrhizobium japonicum* التي تتبادل ناتج عملية التمثيل الحادثة بالنبات بمركبات النيتروجين العضوية التي تثبتها ويستخدمها النبات في تمثيل البروتين. كذلك فإن لنبات فول الصويا القدرة على امتصاص الأمونيا والنترات التي قد تنتج طبيعياً بالعمليات المختلفة التي تحدث في التربة أو من خلال أضافتها في صورة أسمدة غير عضوية أو عضوية، وبعد التربة النبات بأغلب احتياجاته من النيتروجين في مراحل النمو المبكرة حيث تصل نسبة في هذه المرحلة إلى ٧٣-٧٨% في حين يستمد باقي احتياجاته من النيتروجين المثبت باستمرار تقدم النبات في العمر لتصل إلى أقصاها عند الأزهار، وعلى العموم فإن متوسط ما تساهم به عملية التثبيت في احتياجات النبات تبلغ ٤٧%. وينقص طول النبات ويتقدم وتحول الأوراق الكبيرة إلى اللون الأخضر الباهت بنقص النيتروجين مع ظهور عدم انتظام اللون الأصفر بتقدم النبات في العمر، ويمكن القول أن على المنتج أن يوفر الأزوت سواء عن طريق أضافة للتربة أو من خلال عملية تثبيت الأزوت الجوي بحيث يكون تركيز النيتروجين الكلي بالأوراق الكاملة لا يقل عن ٤%

قبل عقد القرون. ويؤثر على عملية تثبيت الأزوت نقص عملية تكوين العقد الجذرية. ونقص النيتروجين القابل للاستفادة في التربة. والإجهاد الرطوبي ونقص الموليبدنيوم وزيادة حموضة التربة ونقص الكالسيوم والأصابة بحويصلات النيدان الثعبانية.

الفوسفور:

رغما عن أن احتياج فول الصويا من عنصر الفوسفور أقل من كل من النيتروجين والبوتاسيوم إلا أنه مهم للغاية لنمو وتطور النبات حيث أن من أهم وظائف تخزين ونقل الطاقة والتأثير على أغشية الخلية وكذلك عملية التوريط. وعلى مستوى نبات فول الصويا فإن عنصر الفوسفور يلزم للمجموع الجذري والخضري وأنتاج البذور. يتضح من الدراسات أن عملية تراكم الفوسفور قبل الأزهار تتم بأكبر قدر في الأوراق مقارنة بالسيقان وأعناق الأوراق. وفي أثناء عملية أمتلاء القرون فإن الفوسفور ينتقل من السيقان والأوراق وأعناقها إلى البذور المتكونة. وعند تعرض النباتات لنقص الفوسفور يتقزم النمو وتصبح الوريقات صغيرة الحجم كما يتأخر الأزهار والنضج. ويمكن الاستدلال على المعدل الكافي للسماد الفوسفاتي من خلال نسبة في الأوراق حيث ذكر أن النسبة التي تتراوح ما بين ٠.٦٢ - ٠.٥% في الأوراق الناضجة قبل عقد القرون تعتبر مدلول على كفاية.

البوتاسيوم:

يحتاج فول الصويا إلى قدر من البوتاسيوم يبلغ ٣٠-٥٠% من كمية النيتروجين المطلوبة. ويعتبر عنصر مهم في التفاعلات الأنزيمية وتمثيل البروتين وكفاءة استخدام الماء. كما يعمل على مقاومة الجفاف وتحسين جودة الثمار والبذور والحساسية للصقيع ومقاومة الأمراض.

وعند إضافة البوتاسيوم في التربة الفقيرة فذلك يؤدي إلى زيادة أعداد قرون النبات والعقد الجذرية ووزن العقد الجذرية وزيادة سطح المجموع الجذري. وتعتبر نسبة ١.٧ - ٢.٥% للبوتاسيوم بالأوراق الناضجة مدلول على كفاية وذلك بمرحلة ما قبل عقد الثمار. وعند تعرض النباتات لنقص البوتاسيوم تظهر على حواف الوريقات كبيرة العمر لون أصفر غير منتظم وباستمرار التعرض للنقص تظهر ثغوب

وأنخفاضات على أحرف الأوراق كما تظهر تجاعيد وتشوهات بالبذور عند نقص البوتاسيوم أثناء تكون البذور.

أصناف الزيت وأصناف الطعام:

يستعمل محصول فول الصويا بطرق مختلفة تبعاً للبلدان المختلفة حيث تستخدم في مناطق الشرق الأقصى في أنواع مختلفة من الأطعمة مشتملة على التوفو، ولبن الصويا والميزو، والناثو والتمف والصويا النابتة. أما في مناطق الغرب فيتم حشر فول الصويا لإستخلاص الزيت والحصول على أكالات منزوعة الدسم ويستخدم الزيت في الأستهلاك الأدمى. على حين تستخدم وجبات الصويا لأستهلاك الحيوانات، مع الاحتفاظ بنسبة ضئيلة تصنع لأنتاج مكونات بروتين الصويا التي تتضمن دقيق الصويا والمركبات وغيرها هذه المكونات تدخل في صناعة أنواع مختلفة من المخبوزات ومنتجات الألبان ومنتجات اللحوم وغذاء الأطفال وما يعرف بأسم أجيال جديدة من أطعمة الصويا.

من أجل هذا الخلاف يوجد نوعين من فول الصويا النوع الأول ونعني به فول الطعام والثاني فول الزيت، ويختلف فول الطعام عن فول الزيت في القليل من الصفات حيث يتسم بقلّة وزن غلاف البذرة ووضوح السرة وأرتفاع محتوى البروتين وأنخفاض محتوى الزيت والمحصول.

يوجد بنبات فول الصويا مواد هامة لها تأثير على مقاومة بعض الأمراض تسمى Phytochemicals وهي مواد غير غذائية يحتوى فول الصويا على كمية كبيرة منها يتفوق بها عن بقية النباتات البقولية. تتضمن Isoflavones، Saponines، Phytate، Phytasterols، Phenolic acid، Tripsin inhibitors هي المسؤولة عن منع الأمراض المختلفة.

كما أن بروتين فول الصويا يؤدي إلى نقص تركيز الكوليسترول الكلى بالدم ونقص الليبيدات المنخفضة الكثافة الذي تؤدي إلى تصلب الأوعية الدموية ونقص الجليسريدات الثلاثية والمحافظة على مرونة الشريان التاجي نتيجة لتشجيع زيادة الليبيدات العالية الكثافة.

وتحتوى بذرة على ٢٠-٢٤% من زيت فول الصويا، وهو بدوره يحتوى على ٦١% أحماض دهنية متعددة غير مشبعة و ٢٤% أحماض دهنية أحادية غير مشبعة. يحتوى الزيت النقى على ٥٠% لينولينيك و ٨% لينولينيك التى تساعد فى امتصاص الفيتامينات الحيوية الضرورية لصحة الإنسان. كما تعمل على تنظيم أنقباض العضلات بسهولة، وتنظيم ضغط الدم والنمو الصحى للخلايا.

كما ويحتوى على السكريات المعقدة Oligosaccharides التى تساعد نوع معين من البكتريا التى لها علاقة بخفض احتمالات الإصابة بالسرطان.

أما عنصر البورون فيوجد بكمية جيدة يمنع هشاشة العظام وذلك حيث أن نقصه يؤدي إلى عدم احتفاظ الجسم بالكالسيوم.

كما ويكون له تأثير معقول على تنشيط هرمون الأستروجين.

يحتوى أيضا على نسبة مرتفعة من حمض الفوليك الذى وجد نقصه فى أنسجة خلايا الرئة بمرضى سرطان الرئة.

الحصاد:

تعتبر عملية الحصاد من العمليات الهامة المتعددة لربحية المنتج فرغما عن أن معظم المحصول يتم فى مرحلة جفاف البذور الناضجة ، إلا أن نسبة ضئيلة يتم حصادها قبل النضج وفيها تستخدم البذور غير الناضجة كخضار أو فى بعض مكونات الأطعمة.

وتعتبر البذور ناضجة حينما تصل نسبة الرطوبة إلى أقل من ١٤% من الرطوبة بالحقل حينذاك تعتبر البذور صالحة للحصاد ويتوقف ميعاد الحصاد على الصنف، منطقة النمو، ميعاد الزراعة والظروف الجوية المحلية. وفى الولايات المتحدة الأمريكية قد يبدأ الحصاد مبكرا فى منتصف سبتمبر أو متأخرا حتى منتصف ديسمبر وعلى ذلك فإن أنشط أشهر الحصاد تكون فى أكتوبر ونوفمبر.

ويزرع فول الصويا فى مصر صيفا فى الفترة من أوائل مارس وحتى أوائل شهر مايو. ويفضل تحميلة فى أراضي الوادى على الذرة الشامية. فى حالة تأخر الزراعة عن شهر مايو، وفى حالة التذكير عن أوائل شهر مارس يقل المحصول لتقص عدد النباتات بوحدة المساحة لانخفاض درجة الحرارة مما يؤدي إلى نقص نسبة الأنبات

حيث أن الدرجة الملائمة للأنبات تتراوح ما بين ٢٥-٣٠ م ٥ خلال ٣-٤ أيام. وذلك لزيادة طول الفترة اللازمة لظهور البادرات وعادة ما تنبت البذور بعد ٥-٦ أيام ويتم الأنبات بعد ١٢ يوما في الظروف غير الملائمة. كما ويتأخر أزهار لنباتات ونضجها، للأصناف المبكرة من ١٢٠ يوم عند الزراعة في الميعاد المناسب إلى ١٦٠ يوما عند الزراعة المبكرة. ويؤدي تأخير ميعاد الزراعة من جهة أخرى إلى نقص القدرة الأثمارية وزيادة احتمال التعرض للأصابة بديدان ورق القطن وذبابة الفاصوليا.

ويتم الحصاد بطرق مختلفة يدويا أو بآلة الحصاد Combines حيث يلتقط الأوراق والسيقان والقرون وتقوم بفصل البذور عن القرون ونقلها إلى عربات النقل truck وإعادة باقي الأجزاء للحقل ويتم ذلك في الولايات المتحدة الأمريكية. وفي البلدان الأخرى يتم الحصاد بواسطة قطع النباتات على ارتفاع ١-٢ بوصة من سطح التربة بمسكين cutter ويتم ذلك في الصباح الباكر في وجود الندى حتى لا تنفطر البذور أو بواسطة قطع النباتات بالسـ sickles اليدوي وذلك في المساحات الصغيرة. تجمع النباتات التي تم حصادها وتحفف ثم يتم دراسها.

التجفيف:

يتم تجفيف البذور مباشرة في حالة احتوائها على أكثر من ١٤% للحفاظ على جودتها، ولعدم السماح بنمو الفطر والبكتيريا ولمنع أنباتها، يوجد نوعان من طرق التجفيف الأولى طبيعية وذلك بنشر البذور بالجرن لمدة ٢-٣ يوم مع التقليب المستمر ويعرف ذلك بالتجفيف بواسطة أشعة الشمس وبمجرد وصول الرطوبة بالبذور إلى النسبة المطلوبة تنقل إلى أماكن التخزين. ويتبع ذلك في الأماكن المشمسة وفي الكميات الصغيرة.

أما بالمناطق التي تنتشر بها السحب والرطوبة وتحت ظروف الإنتاج الكبير فلا تصلح هذه الطريقة. حيث تستخدم المجففات الميكانيكية في عملية التجفيف ويكون أنسبها الذي يعتمد على تجفيف البذور ببطيء، وينبغي عدم تجفيف البذور سريعا حتى لا يؤدي ذلك إلى تصلب أغلفة البذور الخارجية والسماح بانتشار الماء إلى الطبقة الداخلية، وينبغي رفع درجة الحرارة للحد اللازم للوصول إلى محتوى الرطوبة الملائم

وعدم السماح بزيادة الحرارة لتصل لأعلى من ٧٦ م ٥ حتى يتم تجنب تلون البذور وتغيير طبيعة البروتين.

التخزين:

تخزن بذور فول الصويا في الولايات المتحدة الأمريكية أما في تنكات من الصلب أو من الأسمنت.

وتتفقد بذور فول الصويا جودتها أثناء عملية التخزين، نتيجة للنشاط البيولوجي للبذور نفسها أو النشاط الميكروبيولوجي أو نتيجة لمهاجمة الحشرات والحلم والقارضات، ويظهر ذلك في نقص حيوية، وأنياب البذور، وتلونها، ونقص الماء الممتص، والتغيرات في تركيب البذور، ونقص جودة الزيت والبروتين، ويعتبر التلف الناشئ عن الحرارة أكبر مسبب لنقص جودة البذور، وحيث أن الضرر الناشئ عن الأسباب الأخرى من الصعب اجتنابه إلا أن التحكم الجيد في درجة حرارة ورطوبة المخزن يمكن المنتج من تلافي الأضرار الكبيرة.

قائمة المراجع

- Allmaras, R.R., W. W. Nelson and W. B. Voorhees. 1975. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 39:771-777.
- Boyer J S. 1970. Plant physiol 46:233-235.
- Christy, A.L. and C.A. Porter 1982. canopy photosynthesis and yield in soybean. P: 499 - 511. In Govindjee (ed) Photosynthesis: Development, 'carbon metabolism and plant productivity'. Academic Press' New York.
- Doss 'B D 'R. W. Pearson' and H' T. Rogers 1974. Agron. J. 66:297-299.
- Final Report. 1997-2001. New Integrated Technology for Increasing Productivity of Oil Crops Under Newly Reclaimed Lands in Egypt. Submitted by Nemat A. Noureldin and Jagmohan Joshi. Line 930/102 of the University Linkage Project. Second stage (Foreign Supreme Council of Universities in Egypt and USAID. 1997-2001).
- Heatherly L. G. 'and S. R. Spurlock. 1993. Agron. J. 85, 1103- 1108.
- Huang, C. Y., J. S. Boyer, and L. N. Vanderhoef. 1975.. Plant physiol. 56:222-227.
- Huck, M. G., K. Ishihara, C. M. Peterson, and T. Ushijima. 1983.. Plant Physiol. 73 : 422 - 427.
- Huck, M. G., C. M. Pearson, G. Hoogenboom and C. D. Bush. 1986. Agron. J. 78: 807 - 813.
- Kadhem, F. A., J. H. Specht, and j. H. Williams. 1985. Agron. J. 77 : 299 - 304.
- Kasper, T. C., C. D. Stanley, and H. M. Taylor. 1978. Agron. J. 70 : 1105 - 1107.
- Matheny, T. A., and P. G. Hunt. 1983. Agron. J. 75 : 719 - 722.
- Mitchell, R. L. and W. J. Russell. 1971. Agron. J. 63 : 313 - 316.
- Pankhurst, C. E., and j. i. Sprent. 1975. J. Exp. Bot. 26 : 287 - 304.
- Raper, C. D., Jr., and S. A. Barber. 1970. Agron. J. 62 : 585 - 588.
- Reicosky, D. A. and L. G. Heatherly. 1990. Soybean, in B. A. Stewart and D. A. Nielsen, Eds., Irrigation of Agricultural Crops, Agronomy Monograph 30 : 639 - 674. American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Soybean in Egypt. 2001. Proceedings of The International Conference on Soybean Production under Newly Reclaimed Lands in Egypt November 28-29, 1998. Edited by Robert B. and Nemat A. Noureldin. Univ Press of Maryland Bethesda Maryland.
- Specht, J. E., J. H. Williams, and C. J. Weidenbenner. 1986. Crop Sci. 26:922-934.
- Tacker, P. L., F. D. Vores and L. O. Ashlock 1994. Drainage and irrigation N. I. O. Ashlock, ed., Technology for Optimum Production of Soybeans Publ. AG 411 - 12 n 94, Univ. of Arkansas Coop. Ext. Serv. Fayetteville, Ar.
- Tyree, M. T. and J.S. Sperry 1989.. Annu. Rev. Plant Physiol. Mol. Biol 40: 19-38.