الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة فرحات عباس **كلية العلوم**

قسم البيولوجيا

مذكـــرة

لنيل شهادة الماجستير

في بيولوجيا وفيزيولوجيا النبات

تخصص: تثمين الموارد النباتية

مقدمة من طرف : قندوز علي

الموضوع :

علاقة بعض مؤشرات الصورة الرقمية لورقة العلم بفعالية استغلال الماء عند بعض أصناف القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.)

قدمت يوم : 14 / 04 / 2010 أمام لجنة المناقشة المتكونة من :

الرئيس :	**أ.د. عادل نجيب شاكر**	**أستاذ**	**جامعة فرحات عباس سطيف**
المشرف :	**د. حفصي ميلود**	**أستاذ محاضر**	**جامعة فرحات عباس سطيف**
الأعضاء :	**د. بن محمد عمر**	**أستاذ محاضر**	**جامعة فرحات عباس سطيف**
	د. لعور حسين	**أستاذ**	**جامعة فرحات عباس سطيف**
عضو ضيف :	**أ.د. بوعمامة العربي**	**أستاذ**	**قسم البصريات جامعة فرحات عباس سطيف**

2010/2009

تشكـــــــــرات

أحمد الله العلي القدير الذي أعانني وفقني على إنجاز هذا العمل الذي أرجو أن يكون قيما وهادفا، وأصلي وأسلم على خاتم أنبيائه ورسله. خير خلق الله وأحب عباده إليه. صلاة وسلام يلقان بمقامه الكريم وصلاة وسلام على سائر إخوانه من النبيين والمرسلين وصلاة وسلام على اله وأصحابه والتابعين وصلاة وسلام على كل من دعا بدعوته إلى يوم الدين وبعد:

أتوجه بأسمى عبارات الشكر والتقدير إلى الأستاذ الدكتور **حفصي ميلود** الذي تفضل بالإشراف على هذا البحث، والذي لم يأل جهدا في تقديم يد العون التي لولاها لما خرج هذا البحث للوجود، بما أسداه من نصائح وتوجيهات ومساعدات، ما وفر علي كثيرا من الجهد و لا ننسى بالذكر الأستاذ **بوعمامة العربي** من قسم البصريات و نشكره جزيل الشكر على كل المساعدات التي قدمها .

أتقدم بالشكر إلى الأساتذة أعضاء لجنة المناقشة، الذين تفضلوا وقبلوا مناقشة وإثراء هذا البحث:

- أ.د. عادل نجيب شاكر ، أستاذ بمعهد البيولوجيا جامعة فرحات عباس سطيف.
- د. بن محمد عمر ، أستاذ محاضر بمعهد البيولوجيا جامعة فرحات عباس سطيف.
- أ.د. لعور حسين ، أستاذ بمعهد العلـــوم الزراعية جامعة فرحات عباس سطيف.

كما أتقدم بالشكر الجزيل إلى جميع عمال وإطارات محطة البحوث الزراعية (ITGC) سطيف ، كما لا يفوتني أن أشكر كل أساتذة معهد البيولوجيا على نصائحهم ومساعداتهم القيمة.

وفي الأخير أشكر كل من ساهم من قريب أو من بعيد في إنجاز هذا البحث ولو بكلمة طيبة.

الفهرس :

المقـــدمة.....1

الفصل الأول : بيولوجيا و فيزيولوجيا نمو وتطور القمح

1- 1 - الوضع التصنيفي والأصل الجغرافي **.....3**

1- 2 - الخصائص الوراثية لنبات القمح **.....3**

1- 3 - مراحل تطور القمح **.....4**

أ- الإنتاش – الانبثاق (E) **.....4**

ب- الانبثاق – البداءة الزهرية (GS1) **.....5**

جـــ- البداءة الزهرية – التزهير (GS2) **.....5**

د- التزهير – النضج الفيزيولوجي (GS3) **.....6**

1- 4- تكميم تطور القمح **..... 7**

1-5- الإجهادات اللاحيوية و فيزيولوجيا القمح **.....7**

1-5-1- الإجهاد المائي **.....8**

1-5-2 - الإجهاد الحراري **.....11**

1-5-3- إجهاد البرودة و التجمد **.....13**

1-5-4- إجهاد الملوحة **.....14**

الفصل الثاني : فعالية استغلال الماء

2- 1 - تعريف **.....16**

2-2 - المفاهيم المختلفة لفعالية استغلال الماء **.....16**

2-2-1- فعالية استغلال الماء اللحظية و الجوهرية **($WUE_{instantaneous}$; $WUE_{intrinsic}$) 17**

2-2-1-1- طرق تحسين فعالية استغلال الماء اللحظية و الجوهرية **.....17**

2-2-2- فعالية استغلال الماء للمردود الحبي و الكتلة الحيوية **(WUE_{yield} , $WUE_{Biomass}$).....18**

2-2-3- تميز نظير الكربون **($\Delta^{13}C$)**

2-2-3-1- تعريف تمييز نظير الكربون **.....19**

2-2-3- 2- العلاقة مابين فعالية استغلال الماء و تمييز نظير الكربون **($\Delta^{13}C$) 19**

2-2-3- 3- علاقة تمييز نظير الكربون بالمردود ضمن البيئات محدودة التساقط **.....21**

2-2-4- فعالية استغلال الماء و علاقتها بالإجهاد المائي **.....21**

الفصل الثالث : مؤشرات الصور الرقمية

3-1- تعريف **.....23**

3-2- مؤشر الشيخوخة الورقية

3-2-1- مفهوم و أنماط الشيخوخة الورقية **23**

3-2-2- التغيرات الحاصلة أثناء الشيخوخة الورقية **24**

3-2-2-1- التغيرات البنيوية و الوظيفية على المستوى الخلوي **24**

أ- الصانعات الخضراء **25**

ب- تحلل أو تفكك الأغشية **25**

جـــ- تفكك أو تحلل البروتينات **25**

د- تغيرات أو تحورات الأحماض النووية **26**

3-2-3- منظمات الشيخوخة الورقية

3-2-3-1- العوامل الخارجية **26**

أ- الضوء **26**

ب- درجة الحرارة **27**

جـــ- عوامل بيئية أخرى **27**

3-2-3-2- العوامل الداخلية **28**

أ- الإيثلين (Ethylene) **28**

ب- السيتوكينين (Cytokinin) **28**

جـــ- هرمونات نباتية أخرى **28**

د- نواتج الأيض الأولي **29**

3-2-3- علاقة الشيخوخة بالمردود **29**

3-3- مؤشر طيف الانعكاس الورقي

3-3-1- مفاهيم عامة حول الأشعة **30**

3-3-2- العلاقة بين سلوك النبات والانعكاس الورقي **30**

3-3-3- العوامل المؤثرة في طيف الانعكاس الورقي

3-3-3-1- البنية الداخلية للورقة **31**

3-3-3-2- خصائص سطح الورقة **31**

3-3-3-3- التغيرات الفيزيولوجية **32**

3-3-3-4- مراحل النمو **32**

3-3-4- جهاز قياس طيف الانعكاس الورقي **32**

3-3-5- الإجهاد النباتي و تأثيره على طيف الانعكاس الضوئي الورقي ضمن مجال الأشعة المرئية

و قرب تحت الحمراء 33
3-3-6- مؤشرات طيف الانعكاس الضوئي الورقي..... 34
3-3-7- العلاقة مابين التغير اللوني في الورقة والانعكاس الضوئي الورقي 34
الجزء التطبيقي
الفصل الرابع : مواد وطرق العمل
4-1- الموقع التجريبي 36
4-2- التصميم التجريبي 36
4-3- المادة النباتية و برامج المحاكاة
4-3-1- المادة النباتية 37
4-3-2- برنامج المحاكاة Budget 37
4-3-3- برنامج تحليل الصور الرقمية IPP 37
4-3- القياسات التجريبية 38
4-3-1- الخصائص الفينولوجية و المرفولوجية 39
4-3-2- الخصائص الزراعية 39
4-3-3- الخصائص الفيزيولوجية 40
4-4- التحليل الإحصائي 40
الفصل الخامس : النتائج
5-1- تغيرات المؤشرات المناخية
5-1-1- درجات الحرارة 41
5-1-2- التساقط 42
5-2- رطوبة التربة 43
5-3- الخصائص الفينولوجية 44
5-4- المردود و مركباته
5-4-1- المردود الحبي (GY) 45
5-4-2- الخصوبة أو عدد الحب في السنبلة (NG/S) 45
5-4-3- عدد السنابل في المتر المربع (NS/m^2) 45
5-4-4- وزن ألف حبة (TKW) 45
5-4-5- مؤشر الحصاد (HI) 46
5-4-6- الكتلة الحيوية و طول النبات (HP) , (Bio) 46

5-5- الخصائص الفيزيولوجية

5-5-1- المحتوى المائي النسبي (RWC) **47**

5-5-2- المحتوى اليخضوري الكلي (CHL) **48**

5-5-3- ملء الحب (GF) **49**

5-5-4- مؤشر الشيخوخة الورقية (S) **51**

5-5-5- مؤشر الانعكاس الضوئي (R) **52**

5-6- محاكاة الميزان المائي باستعمال البرنامج Budget

5-6-1- المؤشرات القياسية للميزان المائي **54**

5-6-2- مراحل تطور المحصول و فترات الإجهاد المائي

5-6-2-1- المرحلة الأولى (Sowing - Emergence) **55**

5-6-2-2- المرحلة الثانية (Emergence – Elongation) **56**

5-6-2-3- المرحلة الثالثة (Elongation – Heading) **56**

5-6-2-4- المرحلة الرابعة (Heading - Maturity) **56**

5-7- فعالية استغلال الماء (WUE) **58**

الفصل السادس: المناقشة

6-1- المردود ومركباته **59**

6-2- المحتوى المائي النسبي (RWC) **63**

6-3- فعالية استغلال الماء (WUE) **66**

6-4- المحتوى اليخضوري الكلي (CHL) **67**

6-5- الشيخوخة الورقية (S) **67**

6-6- الانعكاس الضوئي الورقي (R) **70**

6-7- المحاكاة باستعمال البرنامج Budget

6-7-1- مقارنة تغير رطوبة التربة المحسوبة و المحاكاة **74**

6-7-2- فترات الإجهاد المائي **76**

6-7-3- تأثير الإجهاد المائي في المردود و مركباته **77**

الخـــاتمة **79**

المـــراجع **82**

الملحق

الملخص :

أنجزت هذه الدراسة خلال الموسم الزراعي 2009/2008 على مستوى محطة الأبحاث الزراعية للمحاصيل الكبرى (ITGC) بسطيف ؛ تهدف هذه الدراسة إلى تأكيد فعالية استعمال الصور الرقمية في انتخاب أصناف متحملة للجفاف من خلال إبراز الدور الذي تلعبه بعض المؤشرات الفيزيولوجية مثل : الشيخوية الورقية (S) و الانعكاس الضوئي الورقي (R) كمؤشرات دالة عن تحمل الجفاف و ذلك من خلال دراسة العلاقة بين الوسائط القياسية لهذه المؤشرات و المردود من جهة و من جهة أخرى علاقتها و بعض المؤشرات الفيزيولوجية الأخرى مثل : المحتوى المائي النسبي (RWC) ، المحتوى اليخضوري (CHL) ، فعالية استغلال الماء (WUE) و فعالية النتح (W) ؛ لقد أثبت مؤشر الشيخوخة الورقية فعالية في انتخاب أصناف متحملة للجفاف من قبل و سجلنا ذلك أيضا خلال هذه الدراسة حيث لاحظنا أن الأنماط الوراثية المتأخرة الشيخوخة تكون عالية المردود ؛ أظهر مؤشر الانعكاس الضوئي الورقي نفس الفعالية و يتضح ذلك من خلال علاقات الارتباط المعنوية المسجلة بين بعض الوسائط القياسية للانعكاس الضوئي و المردود أو واحد من مركبات المردود ولقد أتضح أن الأنماط الوراثية ذات نسب انعكاس ضوئي منخفض تميزت بمردود حبي عالي ، ولقد سجل مؤشر الانعكاس الضوئي علاقات ارتباط معنوية أيضا مع بعض المؤشرات الفيزيولوجية الأخرى (WUE ,W , RWC , CHL) ؛ بالإضافة إلى تقنية الصور الرقمية استعملنا أيضا خلال هذه الدراسة برنامج المحاكاة Budget الذي مكننا من تحيد قيم بعض المؤشرات البيئية مثل النتح ، التبخر و Evapotranspiration ، كما يسمح لنا هذا البرنامج بتتبع تغيرات المحتوى المائي للتربة خلال مراحل النمو المختلفة ، التنبؤ بفترات الإجهاد المائي و حساب معاملاتها .

الكلمات المفتاحية : القمح صلب (***Triticum durum* Desf.**) ، الصور الرقمية ، الشيخوخة الورقية ، الانعكاس الضوئي الورقي ، فعالية استغلال الماء ، فعالية النتح ، المحتوى المائي النسبي ، المحتوى اليخضوري .

Résumé :

Cette étude a été réalisée durant la saison agricole 2008 /2009 à la station ITGC de Sétif ; l'objectif de cette étude est d'évaluer l'intérêt de l'utilisation de l'image numérique et son analyse en tant que critère de sélection des variétés tolérantes à la sécheresse à travers la mise en évidence du rôle de quelques paramètres physiologiques comme la sénescence de la feuille (S) et la réflectance (R),cette mise en évidence s'est basé sur l'étude de la relation du rendement avec la teneur relative en eau (RWC), la teneur en chlorophylle l'efficacité d'utilisation de l'eau et l'efficacité de la transpiration, l'étude a montré l'intérêt de la sénescence foliaire dans la sélection de variétés tolérantes à la sécheresse, en effet, les variétés à sénescence lente enregistrent les meilleurs rendements ; la réflectance s'est liée au rendement en grain et ses composantes ; les variétés à faible réflectance ont enregistré des rendements élevés ; la réflectance s'est liée d'une manière significative avec la teneur en chlorophylle,l'efficacité de la transpiration,la teneur relative en eau et l'efficacité d'utilisation de l'eau, en plus de l'utilisation de l'analyse numérique de l'image , nous avons utilisé un modèle de simulation **(Budget)** qui a permis de calculer quelques paramètres comme la transpiration et l'évaporation, ce programme a permis également de suivre l'état hydrique du sol selon les stades de développement de la plante.

Mots clés: Blé dur (*Triticum durum* desf) , Image numérique , La sénescence foliaire , La réflectance , L'efficacité d'utilisation d'eau , L'efficacité de la transpiration , La teneur relative en eau , La teneur en chlorophylle .

Abstract :

This study was conducted during the 2008/2009 agricultural season at ITGC station of Sétif; the objective of this study is to evaluate the advantages of using numerical analysis of image as a criterion for durum wheat selection under drought conditions through highlighting the role of some physiological parameters such as leaf senescence (S) and reflectance (R),based on the relationship between yield and relative water content (RWC), chlorophyll content, water use efficiency and transpiration efficiency, this study evidenced the interest of using image analysis ; indeed, varieties with slow senescence showed the highest grain yield. In parallel, the reflectance was related to grain yield and its components. Low reflectance is connected with high grain yield. More reflectance was linked significantly with chlorophyll content, transpiration efficiency, relative water content and water use efficiency, in addition to numerical analysis of image, a simulation model **(Budget)** was used which allowed to calculate some parameters such as transpiration and evaporation. This program has also monitor soil water status by stage of plant development.

Key words: durum Wheat (*Triticum durum* desf) , Digital image , Leaf senescence , Reflectance Water use efficiency , Transpiration efficiency , Relative water content , Chlorophyll content .

قـــائمة الجداول

الجدول 1 : الأنواع المختلفة للأقماح البرية ، الأقماح المزروعة قديما (الأصلية) و الأقماح المزروعة حديثا .....(م)

الجدول 2 : تأثير كثافة الزرع على بعض مركبات المردود .....(م)

الجدول 3 : ملخص مراحل تطور القمح حسب مقياس Zadoks .....(م)

الجدول 4 : تأثير الإجهاد المائي على مؤشر المساحة الورقية ، مركبات المردود و فعالية استغلال الماء في القمح عند مراحل نمو مختلفة .....(م)

الجدول 5 : اختلاف قيم بعض مركبات المردود ومدة المرحلة GS2 مع اختلاف درجة حرارة النمو الفصلية.....(م)

الجدول 6 : التغيرات الملاحظة على المستوى الخلوي أثناء الشيخوخة الورقية .....(م)

الجدول 7 : نوع التربة و الخصائص العامة لأفق تربة الحقل التجريبي .....(م)

الجدول 8 : بعض مؤشرات طيف الانعكاس الأكثر استعمالا و علاقاتها الحسابية.....(م)

الجدول 9 : الأصناف العشرة المنتقاة و المزروعة خلال الموسم الزراعي 2008 / 2009 .....(م)

الجدول 10 : المراحل الفيـــنولوجية المدروســـة.....(44)

الجدول 11 : مقارنة متوسطات المردود و مركباته حسب اختبار Newman et Keuls.....(46)

الجدول 12 : تغير المحتوى المائي النسبي (RWC) (%) بدلالة درجات الحرارة المتراكمة بعد التسبيل.....(64)

الجدول 13 : نتائج محاكاة المؤشرات القياسية للميزان المائي .....(55)

الجدول 14 : الإجهاد المائي خلال المرحلة الأولى و الثانية .....(56)

الجدول 15 : الإجهاد المائي خلال المرحلة الثالثة والرابعة .....(56)

الجدول 16 : فعالية استغلال الماء (WUE) وفعالية النتح (W) عند الأصناف العشرة المدروسة .....(58)

الجدول 17 : مقارنة متوسطات مؤشر الحصاد وبعض متوسطات مركبات المردود حسب اختبار Newman et Keuls .....(59)

الجدول 18 : تغير المحتوى اليخضوري الكلي (CHL) بدلالة درجات الحرارة المتراكمة بعد الإزهار .....(67)

الجدول 19 : مقارنة متوسطات الوسائط القياسية للشيخوخة الورقية وفق اختبارNewman et Keuls .....(م)

الجدول 20 : مصفوفة الارتباط مابين الوسائط القياسية للشيخوخة الورقية .....(68)

الجدول 21 : مصفوفة الارتباط بين مركبات المردود و الوسائط القياسية للشيخوخة الورقية .....(69)

الجدول 22 : مقارنة متوسطات الوسائط القياسية للانعكاس الضوئي وفق اختبار Newman et Keuls .....(م)

الجدول 23 : مصفوفة الارتباط بين المؤشرات القياسية للانعكاس الضوئي الورقي .....(71)

الجدول 24 : مصفوفة الارتباط بين الوسائط القياسية للانعكاس الضوئي و الشيخوخة الورقي .....(72)

الجدول 25 : مصفوفة الارتباط مابين الوسائط القياسية للانعكاس الضوئي والمردود و مركباته .....(73)

الجدول 26 : مصفوفة الارتباط بين الوسائط القياسية للانعكاس الضوئي و RWC و CHL .....(74)

الجدول 27 : مصفوفة الارتباط بين الوسائط القياسية للشيخوخة الورقية و RWC و CHL .....(70)

الجدول 28 : مصفوفة الارتباط بين المؤشرات الزراعية و الفيزيولوجية المدروسة .....(م)
الجدول 29 : مدة و سرعة ملء الحب ، المردود ووزن الف حبة عند الأصناف المدروسة.....(م)
الجدول 30 : مصفوفة الإرتباط بين الوسائط القياسية للشيخوخة الورقية ، الأنعكاس الضوئي و WUE,W.....(م)
الجدول 31 : قيم المؤشرات البيئية للموسم الزراعي 2009/2008.....(م)
(م) : الملحق

قـــائمة الوثائق

الوثيقة 1: اختلاف طيف الانعكاس الورقي مابين 400 – 1000 نانومتر بدلالة طول الموجة.....(م)

الوثيقة 2 : التصميم التجريبي وفق نمط التوزيع العشوائي بالأجنحة (كما هو في الحقل) . .....(م)

الوثيقتين 3 و 4 : منحنى حركية شيخوخة ورقة العلم بدلالة مجموع درجات الحرارة المتراكمة بعد الإزهار.....(51)

الوثيقة 5 و 6 : منحنى حركية الانعكاس الضوئي للورقة العلم بدلالة مجموع درجات الحرارة المتراكمة بعد الإزهار.....(52)

الوثيقة 7 : منحنى تغير متوسط درجات الحرارة الشهرية خلال الفترة 2008/1981 والموسم الزراعي 2009/2008.....(41)

الوثيقة 8 : منحنى تغير التساقط الشهري خلال الفترة 2008/1981 والموسم الزراعي 2009/2008.....(42)

الوثيقة 9 : تغيرات رطوبة التربة المحسوبة و المحاكـــاة ضمن الأفق الثلاثة .....(75)

الوثيقة 10 : تغير المحتوى المائي للتربة ضمن الأفق الثلاثة خلال الموسم الزراعي 2009/2008 .....(43)

الوثيقة 11 : تغير المحتوى المائي للتربة (0- 60 سم) خلال الموسم الزراعي 2009/2008.....(76)

الوثيقتين 12 و 13 : تغير المحتوى المائي النسبي بدلالة درجات الحرارة المتراكمة بعد التسبيل .....(47)

الوثيقة 14 : تغير المحتوى اليخضوري الكلي بدلالة درجات الحرارة المتراكمة بعد الإزهار.....(49)

الوثيقة 15 : تطور الوزن الجاف للحب عند الأصناف العشرة المدروسة خلال الموسم الزراعي 2009/2008 .....(50)

الوثيقة 16 : التغيرات اليومية في التساقط والإجهاد المائي خلال المرحلة الثالثة (Elongation – Heading) .....(57)

الوثيقة 17: التغيرات اليومية في التساقط والإجهاد المائي خلال المرحلة الرابعة (Heading - Maturity) .....(57)

الوثيقة 18 : علاقة الارتباط بين المردود و مركباته .....(م)

الوثيقة 19 : التغيرات الشهرية للتساقط ، درجات الحرارة المتوسطة و مؤشر الإجهاد المائي خلال مراحل تطور المحصول..(77)

الوثيقة 20 : تغير سرعة ملء الحب عند الأصناف العشرة المدروسة من القمح الصلب.....(م)

الوثيقة 21 : سرعة تناقص المحتوى المائي النسبي بدلالة درجـــات الحرارة المتـــراكمة بعد التسبيل عند الأصنـــاف العشرة المدروسة.....(م)

(م) : الملحق

قائمة المختصرات

Bio : الكتلة الحيوية

C_a : تركيز ثاني أكسيد الكربون في الجو

C_i : تركيز ثاني أكسيد الكربون في الفراغ بين الخلايا

CHL: اليخضور

DH : عدد الأيام حتى التسبيل

DW : الوزن الجاف

D_{GF} : مدة ملء الحب

E : التبـــخر

ET_o : Reference evapotranspiration

ETa : Actual evapotranspiration

ETp : Potential evapotranspiration

FW : الوزن الرطب

GF : ملء الحب

GY : المردود الحبي

HI : مؤشر الحصاد

HP : طول النبات

Hs : رطوبة التربة

NS/m² : عدد السنابل في المتر المربع

NG/S : عدد الحب في السنبلة

NG/m² : عدد الحب في المتر المربع

NAI : التحليل الرقمي للصور

RWC : المحتوى المائي النسبي

R : الانعكاس الضوئي

Ra : متوسط الانعكاس الضوئي

S : الشيخوخة الورقية

Sa : متوسط الشيخوخة الورقية

T : النتح

TW : الوزن عند التشبع

Vs max : السرعة القصوى للشيخوخة

Vsa : متوسط سرعة الشيخوخة

VPD : العجز في ضغط بخار الماء

V_{RL} : السرعة الخطية للانعكاس الضوئي

$V_{R\ max}$: السرعة القصوى للانعكاس الضوئي

V_{Ra} : متوسط سرعة الأنعكاس الضوئي

V_{GF} : سرعة ملء الحب

W : فعالية النتح

WUE : فعالية استغلال الماء

W_i : تركيز بخار الماء داخل الورقة

W_a: تركيز بخار الماء في الهواء

Σ50s : مجموع درجات الحرارة الموافق لـــ 50% من الشيخوخة

$\Sigma 50_R$: مجموع درجات الحرارة الموافق لـــ 50% من الأنعكاس الضوئي

$\Delta^{13}C$: تمييز نظير الكربون

ICARDA: المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة

CIMMYT : المركز الدولي لتـــحسين الذرى و القمح

FAO : منظمة الزراعة و التغذية

المقـــدمة :

القمح من أهم المحاصيل المزروعة في العالم ، حيث يعتبر من أكثر محاصيل الحبوب انتشارًا واستهلاكاً في التغذية البشرية ، فقد بلغت المساحة المزروعة به عالميا 217 مليون هكتار أنتجت 624 مليون طن ، وبمردود قدر بحوالي 2.8 ط/ه (FAO, 2005) . يأتي هذا المحصول في طليعة المحاصيل الإستراتيجية كونه يشكل مصدرًا غذائيا لأكثر من 35 % من سكان العالم (Evans, 1993) .

إلا أن هذا الإنتاج العالمي الضخم لا يسد الطلب المتزايد عليه نتيجة الزيادة السكانية الكبيرة مما يؤدي إلى وجوب زيادة معدل إنتاج القمح السنوي ، وذلك لسد العجز المتوقع خلال السنوات القادمة الناتج عن عدم كفاية الإنتاج العالمي للقمح مقابل الزيادة السكانية المتزايدة و المستمرة ، وهذا يعني زيادة متوسط المردود الحالي في وحدة المساحة . مم أوجب على مربي النبات العمل على استنباط أصناف ذات مردودية عالية .

لقد اختبر مربو النبات العديد من الوسائل التي تسمح باستنباط أصناف وسلالات تتمتع بإنتاجية عالية ، بدءًا من الطرق التقليدية في التربية وانتهاءً بتقنيات الهندسة الوراثية . ولحد الآن فان انتخاب محاصيل الحبوب لا يزال يعتمد في العديد من المناطق المتوسطية الجافة على طرق الانتخاب التقليدية (Evans, 1993 ; Loss and Siddique, 1994) ، غير أن هذا الاتجاه ليس الأفضل ، حيث أن دورة الانتخاب طويلة الأمد (تحتاج لعدة سنوات ولعدة مواقع بيئية) ، وإن نجاح برامج التربية يعتمد على ثبات المردود في كلتا الظروف المناسبة وغير المناسبة ، لذا كان الربح الوراثي الناجم عن عمليات الانتخاب والتربية بطيئا في المناطق المتوسطية محدودة الأمطار لأنه لا يمكن التنبؤ بموجات الحرارة ولا بالتوزيع المطري خلال الموسم ، كما وجد أن الاختلاف الوراثي بين الأصناف يلغى بسبب وجود أثر التفـــاعل بين الأصناف والمنطقة من جهة وبين الأصنـــاف والظروف البيئية من جهة أخرى (Hafsi *et al*., 2003) ، حيث ظهر أن التغيرات المناخية تسبب استجابات وراثية مختلفة وأن هذه الاستجابات تنشأ بشكل طبيعي في منطقة أو موقع معين نتيجة التغيرات التي تحدث في الظروف البيئية (Hafsi *et al*., 2003) . اتجهت العديد من الأبحاث في المناطق المتوسطية الجافة لرفع فعالية استغلال الماء (Water Use Efficiency: WUE) أي معدل تمثيل CO_2 لوحدة النتح (مم) عبر المسامات ، وأحيانا أخرى يعبر عن فعالية استغلال الماء بوحدة المردود الكلية لكل وحدة من الماء المستخدم عبر النتح والتبخر(Condon *et al*., 2002) .

لكن ليس من السهل قياس فعالية استغلال الماء أو فعالية النتح (Transpiration Efficiency : W ، وهي معدل إنتاج المادة الجافة لكل وحدة ماء مستخدم في النتح) ؛ بشكل مباشر وإنما يمكن الاستدلال عليها بمعايير شكلية وفيزيولوجية ومؤشرات إنتاجية مثل وزن المحصول الحبي والحيوي ، السطح الورقي ، حرارة الغطاء النباتي ، الناقلية المسامية ، آلية انفتاح الثغور والمحتوى اليخضوري (Araus *et al*., 2003) . هناك صعوبة في التفريق بين التبخر والنتح حقليا لذا تم اللجوء إلى بعض الاختبـــارات التي ترتبط بالتمثيل الغذائي (ماء + CO_2) مثل اختبار تمييـــز نظير الكربون ^{13}C Carbon Isotope Discrimination المعـــروف بـــ ($\Delta^{13}C$) (Farquhar *et al*., 1984) .

تمت هذه الدراسة على مستوى حقول المعهد التقني للمحاصيل الكبرى (ITGC) بسطيف حيث استعملنا خلال هذه الدراسة برنامج المحاكاة Budget (Raes, 2004) لتقدير كمية الماء المفقود عن طريق النتح و التبخر لحساب فعالية استغلال الماء و فعالية النتح من جهة ومن جهة أخرى للتنبؤ بفترات الإجهاد المائي ، أضف إلى ذلك فقد استعملنا تقنية الصور الرقمية لتتبع حركية الشيخوخة الورقية و تغير الانعكاس الضوئي الورقي و الذي يعتمد في تقديره على التغيـــرات اللونية الحاصلة في الورقة ؛ إن تحليل التغير اللوني للورقة قد اعتمد من طرف العديد من الباحثين من أجل تقييم تأثير الإجهادات البيئية على صحة النبـــات ونذكر على سبيل المثال لا الحصر تأثير الإجهـــاد المائي و الآزوتي (Ahmed and Ried, 1996) و درجـــات الحرارة المنخفضـــة (Bacci *et al*., 1998) .

عموما الهدف من هذه الدراسة هو محاولة التعرف على قدرة تكيف بعض الأصناف من القمح الصلب مع ظروف الإجهاد القوية السائدة ضمن مناطق الهضاب العليا الشرقية من خلال دراسة العلاقة مابين المردود و الشيخوخة الورقية ، الانعكاس الضوئي الورقي و بعض المؤشرات الفيزيولوجية الأخرى مثل المحتوى المائي النسبي (RWC) و المحتوى اليخضوري (CHL) و محاولة إظهار مدى فعالية استعمال الانعكاس الضوئي الورقي كمؤشر للانتخاب ضمن مثل هذه الظروف .

1- بيولوجيا و فيزيولوجيا نمو وتطور القمح

1-1- الوضع التصنيفي و الأصل الجغرافي :

ينتسب القمح إلى صف مغطاة البذور ، تحت صف أحادية الفلقة رتبة النجيليات ، عائلة النجيليات ، جنس ***Triticum*** . مختلف أسمـــاء أنواع القمح موضحة ضمن الجدول1 **(الملحق)** . (Feldman, 1976)

حسب Harlan (1966) الأصل الجغرافي للقمح يتمركز ضمن المناطق الغربية لإيران ، شرق العراق ، جنوب وشرق تركيا . القمح واحد من بين الأنواع النباتية الأولى التي زرعت وحصدت من قبل الإنسان منذ حوالي 7000- 10000 سنة ضمن منطقة الهلال الخصيب ، هذه المنطقة تغطي كل من فلسطين ، سوريا ، العراق وجزء كبير من إيران (Croston et Williams, 1981) . العديد من بقايا القمح ، ثنائي العدد الصبغي (Diploid) ورباعي العدد الصبغي (Tetraploid) وجدت محفوظة ضمن بقايا آثار يرجع عمرها إلى 7 ألف سنة قبل الميلاد ضمن مناطق الشرق الأدنى (Harlan, 1975) .

1-2 - الخصائص الوراثية لنبات القمح :

العدد الصبغي القاعدي لنبات القمح هو 7 . القمح البري ثنائي العدد الصبغي (Diploid) يحتوي 14 صبغي ، القمح النشوي (Emmer) رباعي العدد الصبغي (Tetraploid) والقمح الصلب لهما 28 صبغي والقمح الشائع سداسي العدد الصبغي يملك 42 صبغي .

الأقماح رباعية العدد الصبغي نتجت من تصالب نادر لكن طبيعي مابين اثنين من الأقماح ثنائية العدد الصبغي ، بواسطة تهجين طبيعي جمعت فيه صبغيات نوع ثنائي العدد الصبغي مع صبغيات نوع آخر لكن بنفس العدد الصبغي وفق تطورات تسمى Amphidiploid . وفق دراسات علمية دقيقة ، علماء الخلية سموا جينومات (genomes) مختلف الأنواع البرية ثنائية العدد الصبغي كالتالي : AA,BB,CC ,DD .... . إن مصالبة نوع ثنائي العدد الصبغي يملك الجينوم AA مع نوع آخر ثنائي العدد الصبغي و يملك الجينوم BB سوف يعطي فردا هجين له الجينوم AB الذي يكون عقيما . لكن في حالات نادرة ، الصبغيات تتضاعف تلقائيا لينتج عن ذلك هجين رباعي العدد الصبغي يملك الجينوم AABB و الذي يكون خصبا . الأقماح سداسية العدد الصبغي (Hexaploid) تنتج وفق نفس التطورات السابقة ومن دمج صبغيات نوع ثنائي العدد الصبغي يملك الجينوم DD مع نوع أخر رباعي

العدد الصبغي ويملك الجينوم AABB لينتج عن ذلك هجين سداسي العدد الصبغي يملك الجينوم AABBDD ، هذه التطورات يمكن تطبيقها في المخبر (Feldman,1976) .

1-3- مراحل تطور القمح :

تمايز الأعضاء يحدد المراحل المختلفة لتطور القمح . عموما المراحل الفيزيولوجية هي كالتالي : الإنتاش ، الانبثاق (Emergence) ، الإشطاء ، البداءة الزهرية أو القمم المزدوجة (double ridges) ، السنيبلة القمية أو النهائية ، العقدة الأولى أو بداية تطاول الساق ، الانتفاخ (Boot) ، انبثاق السنبلة ، التزهير (Anthesis) و النضج . هذه المراحل يمكن تجميـــعها كمايلي : الإنتاش – الانبثاق (E) ، الانبثاق – البداءة الزهرية تسمى مرحلة النمو الأولى و يرمز لهـــا بالرمز (GS1) ، البداءة الزهرية – التزهير تسمى مرحلة النمو الثانية ويرمز لها بالرمز (GS2) و مرحلة النمو الثالثة والتي يرمز لها بالرمز (GS3) التزهير – النضج وتتضمن هذه الأخيرة مرحلة ملء الحب . إن مرحلة النضج تتزامن وتحول الورقة العلم والسنابل إلى اللون الأصفر (Hanft and Wych, 1982) . المدة الزمنية لكل مرحلة من مراحل التطور تعتمد أساسا على النمط الوراثي ، درجة الحرارة ، تاريخ الزرع و طول اليوم . عموما الإجهادات البيئية بما في ذلك الحرارة ، الماء و الملوحة ربما تقصر نسبيا مراحل تطور القمح .

أ- الإنتاش – الانبثاق (E) :

المحتوى المائي الأدنى ضمن بذور القمح واللازم لإنتاشها يتراوح مابين 35- 45 % من وزن البذرة (Evans *et al*., 1975) . يحدث الإنتاش مابين 4°م – 37°م والدرجات المثلى تتراوح مابين 12°م – 25°م . حجم البذور لا يغير في الإنتاش لكن يؤثر في النمو ، التطور و المردود . البذور ذات الحجم الكبير لها العديد من المحاسن و الامتيازات بالمقارنة مع البذور ذات الحجم الصغير ، مثل سرعة نمو النبيتة ، عدد الأشطاء الخصبة العالي ضمن النبات الواحد و المردود الحبي العالي (Spilde, 1989) . محاسن البذور كبيرة الحجم تظهر حينما يتم تنميت هذه البذور ضمن ظروف مجهدة ، خصـــوصا الجفاف (Main and Nafziger, 1994) . مع بداية الانبثاق الجنين البذري يملك من 3- 4 بداءاة ورقية (Baker and Gallagher, 1983a ; Hay and Kirby, 1991) خلال الإنتاش الجذور البذرية (Seminal roots) هي الأولى التي تنمو ، و التي يوجد فوقها الكوليوبتيل (Coleoptile) الذي يحمي انبثاق الورقة الأولى . امتداد أو طول الكوليوبتيل يكون محددا بعمق الزرع وطوله يتغير مع اختلاف الأنماط الوراثية

، يتزايد قليلا حينما يكون الزرع أعمق (Kirby, 1993) . أصناف القمح نصف المتقزمة (Semi dwarf) تملك كوليوبتيل قصير بالمقارنة مع الأصناف الطويلة .

ب– الانبثاق – البداءة الزهرية (GS1):

أشطاء القمح تنمو انطلاقا من إبط أوراق الفرع الرئيسي . القدرة العددية للإشطاء تختلف باختلاف الأنماط الوراثية ، الأنماط الشتوية تملك أكبر عدد من الأشطاء . الأقماح نصف المتقزمة الطول لها عادة أكبر عدد من الأشطاء . ظهور الأشطاء وتمايز براعمها عادة ينتهي مع بداية تطاول الساق (Baker and Gallagher, 1983b) .

Longnecker *et al.* (1993) أظهروا إن عملية الإشطاء لا تتوقف عند مرحلة نمو معينة لكن وإلى حدا ما تتحكم فيها العديد من العوامل الوراثية و البيئية . ليست جميع الأشطاء تنتج سنابل في القمح ، لكن الكثير منها تفقد قبل مرحلة التزهير (Gallagher and Biscoe, 1978) . عدد الأشطاء الخصبة يتأثر بكل من النمط الوراثي و الظروف البيئية ، و هي جد متأثرة بكثافة الزرع والجدول 2 **(الملحق)** يوضح تأثير كثافة الزرع على بعض مركبات المردود . طول مدة المرحلة الخضرية (Vegetative stage) (GS1) في القمح يتراوح مابين 60 –150 يوم وهذه المدة تتأثر بعدة عوامل من بينها تاريخ الزرع و النمط الوراثي .

جـــ– البداءة الزهرية – التزهير (GS2) :

نباتات القمح التي تحمل مابين 4 - 8 أوراق على الفارع الرئيسي تتحول فيها القمة النامية للساق من المرحلة الخضرية إلى المرحلة التكاثرية . طول القمة النامية خلال هذه الفترة يساوي 0.5 مم .إذا تجاوزت درجة الحرارة 30°م خلال مرحلة تكوين أو تشكيل الزهرة فإن ذلك يؤدي إلى عقمها بشكل تام (Owen, 1971 ; Saini and Aspinal, 1982) . كل سنيبلة (Spikelet) متواجدة على مستوى الجزء المركزي للسنبلة تملك ما يقارب 8 – 12 بداءة زهرية . السنيبلات القاعدية و النهائية تمتلك مابين 6 – 8 بداءة زهرية . ما يقارب نصف هذا العدد من الأزهار أو أقل سوف يحدث بها التزهير لأن العدد الأخر من الأزهار يحدث بها إجهاض أو يكون تطورها ناقصا قبل حدوث التزهيـــر (Kirby, 1988 ; Kirby and Appleyard, 1987 ; Hay and kirby, 1991) . مع تشكل السنيبلة النهائية (Terminal spikelet) القمة النامية يصل طولها إلى 4 مم و الفرع الرئيسي يحمل مابين 7 – 12 ورقة . عدد السنيبلات ضمن السنبلة الواحدة يمكن تحديده ضمن هذه المرحلة وهي تتراوح مابين 20 – 30 سنيبلة (Allison and Daynard, 1976 ; Kirby and Appleyrad, 1984) .

Rahman *et al.* (1977) وصفوا ارتباطا إيجابيا مابين طول المرحلة الخضرية و عدد السنيبلات ضمن السنبلة الواحدة ، تمديد المرحلة الخضرية للقمة النامية يحث على أكبر عدد من السنيبلات ضمن السنبلة الواحدة . مع ذلك ، فإن العدد الحقيقي للسنيبلات يتم تحديده من خلال طـــول مدة المرحلة التكـــاثرية (Reproductive stage) . الأيام القصيرة (8 ساعات) خلال الفترة الممتدة من مرحلة القمم المزدوجة (البداءة الزهرية) و حتى مرحلة تشكل السنيبلة النهائية يحفز أكبر عدد من السنيبلات (Rawson, 1971 ; Rahman and Wilson, 1978) . هذه المرحلة جد حساسة للإجهادات البيئية خصوصا الآزوت و الماء (Wuest and Cassman, 1992) . مع تشكل السنيبلة النهائية يبدأ تطاول الساق ويبدأ نمو السنبلة و تطورها . يبدأ نمو السنبلة منذ لحظة ظهور الورقة ما قبل الأخيرة التي تسبق الورقة العلم و ذلك بعشرة أيام قبل التزهير (Kirby and Appleyard, 1984) . نمو السنبلة يكون بطيئا في المراحل المبكرة من النمو ، و يتزايد بشدة مع أن تصبح لسينة (Ligule) الورقة العلم مرئية (Krumm *et al.*, 1990) . يبدأ إجهاض الأزهار مع بداية مرحلة الانتفاخ (Boot) وينتهي مع حدوث التزهير . موت الزهرة يحدث حينما يبلغ نمو كل من الساق و السويـــقة أقصاهـــما (Siddique *et al.*, 1989) . موت الزهرة عند هذه المرحلة يرجع إلى التنافس حول المادة الكربوهدراتية (Kirby , 1988) .

د– التزهير – النضج الفيزيولوجي (GS3) :

سنبلة القمح تحمل سنيبلة واحدة على مستوى كل عقدة من عقد عمودها الفقري (Rachis) . كل سنيبلة تملك مابين 3 – 6 أزهار خصبة (Kirby and Appleyard, 1984) ، والتي في معظم الحـــالات تلقيحـــها يكون ذاتيـــا بنسبة 96 % (Martin *et al.*, 1976) . التزهير يبدأ على مستوى السنيبلات الموجودة في منتصف السنبلة لينتقل لاحقا إلى السنيبلات الموجودة في قمة وقاعدة السنبلة خلال مدة تتراوح مابين 3 – 5 أيام (Peterson, 1965) . أزهار السنيبلة المركزية المتـــلاحمة يحدث بهـــا التخصيب مبكرا بـــ 2 – 4 أيام مقارنة بالأزهار المـــتباعدة ، والحبوب الناتـــجة من هذه الأزهار تكون ذات وزن عـــــال (Simmons and Crookston, 1979) . بعد تخصيب أو تلقيح الأزهار ، الانقسام الخلوي يكون سريعا ، خلال هذه المدة تتشكل كلا من خلايا السويداء (Endosperm) وكذا الصانعات النشوية (Amiloplasts) . تعرف هذه المرحلة على أنها مرحلة تباطؤ وهي تحتل 20 – 30 % من فترة ملء الحب ، بعد هذه المرحلة هناك فترة أخرى تتميز بنمو سريع للخلايا مع تمايزها ،

ويلاحظ أيضا عملية تخزين النشاء ضمن السويداء و التي تكون لها علاقة خطية و نمو البذور و هي تحتل من 50 – 70 % من فترة ملء الحب . الجنين يتشكل في نفس الوقت الذي تنمو فيه السويداء . (Jones *et al*., 1985)

1- 4- تقدير التطور الكمي للقمح :

هناك العديد من مقاييس أو دساتير قياس تطور القمح ، وهي تصف مراحل تطور القمح المرئية بدون الحاجة إلى تشريح النبات . من بين هذه المقاييس و الأكثر استعمالا نجد مقياس **Haun** (Haun, 1973) ، الذي يعتبر جد نافع لتحديد مراحل النمو الخضري . مقياس **Feeke** (Large, 1954) و **Zadoks** (Zadoks *et al*., 1974) أثبتا فعالية عالية لوصف كل من المرحلة الخضرية و التكاثرية . المقارنة بين هذه المقاييس جد معقد لذلك تم تطوير برنامج حسابي يسمح بتحديد التغيرات من مقياس إلى آخر (Harrel *et al.,* 1993) . لتحديد مراحل تطور النبات بشكل جيد ضمن الحقل لابد من تفادي فحص النباتات الموجودة في حواف القطعة الأرضية و النباتات الدخيلة .

مقياس Zadoks يعتبر المقياس الأكثر شمولا و الأسهل استعمالا ، و هو يصف جميع المراحل الخاصة بدورة حياة الحبوب . يعتمد على شفرات عشرية ، التي تشمل مختلف مظاهر تطور النبات . المراحل الرئيسية والتي هي نفسها جد مفسرة موضحة ضمن الجدول3 **(الملحق)** . القيم من 0 – 9 (كما يوضحه الجدول 3) تعبر عن تفاصيل المراحل الرئيسية للنمو . على سبيل المثال عدد الأوراق يعبر عنه بالشفرات المحصورة مابين 11 – 19 ، و عدد الأشطاء يعبر عنه بالشفرات المحصورة مابين 21– 29 ، بعد حدوث الانبثاق جميع مراحل التطور يعتمد في تحديدها على الملاحظة الظاهرية للفرع الرئيسي (main shoot) . بعد المرحلة 40 (39 ، لسينة الورق العلم تكاد تكون مرئية و 41 تمثل مرحلة مبكرة من الانتفاخ ، السنبلة تبدأ في الانتفاخ) مراحل الفرع الرئيسي و الأشطاء تكون متماثلة و المراحل يتم تحديدها من خلال فحص النبات ككل . المراحل من 70 إلى 93 يتم تحديدها من خلال التطورات الحاصلة في الحب الموجود في منتصف السنبلة (الجدول 3) .

1-5- الإجهادات اللاحيوية و فيزيولوجيا القمح :

الإجهادات اللاحيوية هي مجموع الظروف البيئية مفردة أو مشتركة و التي لها تأثير سلبي على النمو ، التطور والتكاثر (Jones and Qualset, 1984) ؛ من بين الإستراتيجيات المتبعة سابقا

للتعامل مع الإجهادات البيئية هي محاولة التخفيف من ضرر الإجهادات من خلال السقي و استصلاح التربة....، العراقيل الاقتصادية و البيئية أدت إلى البحث عن نباتات محسنة وراثيا ، لها القدرة على تحمل ضرر تلك الإجهادات . انخفاض مردود القمح يرجع إلى عدة أسباب من بينها : الجفاف ، الحرارة المرتفعة و المنخفضة ، نقص التسميد خاصة الآزوت و ملوحة التربة . سوف نوجز فيما يلي تأثير بعض الإجهادات على نمو و تطور القمح و المردود .

1-5- 1- الإجهاد المائي :

يعتبر الإجهاد المائي من بين الإجهادات الأكثر حدوثا في الطبيعة . يظهر الإجهاد المائي حالما يكون الماء الممتص بواسطة الجذور أقل بكثير من الماء المفقود عن طريق النتح . إن لفقد الماء عن طريق النتح علاقة خطية سلبية و المردود الحبي ، لذلك وبصورة حتمية الإجهاد المائي يخفض المردود . لملاحظة التأثيرات الفيزيولوجية للإجهاد المائي على القمح ، نعتمد في ذلك على ملاحظة التغيرات الحاصلة خلال مراحل التطور السابقة الذكر. الإجهاد المائي يمكن أن يلاحظ في أي مرحلة من مراحل تطور النبات ، لكن المرحلة الأكثر تأثرا بالإجهاد المائي هي المرحلة **GS2** (**البداءة الزهرية – التزهير**) . ويمكن إيجاز تأثير الإجهاد المائي على مراحل تطور القمح كمايلي :

أ– الإنتاش – الانبثاق (E) :

الأوساط البيئية الجافة البعلية يظهر بها جفاف مبكر يؤثر سلبا في إنتاش بذور القمح و إنشاء النبات . الإنتاش المنخفض ، نقص المدخرات الغذائية للبذور و الممانعة الميكانيكية لتربة تعرقل وتعيق إنشاء النبات أو المحصول (Bouaziz and Hicks, 1990) .

هناك علاقة ارتباط مابين حجم البذور ، المحتوى البروتيني ، الجذور الابتدائية و الكتلة الحيوية الهوائية في القمح (Ries and Everson, 1973) .

العديد من الباحثين أشاروا إلى أنه هناك تّأثير إيجابي لحجم البذور الكبير على إنتاش بذور و إنشاء نباتات القمح (Singh, 1970 ; Hampton, 1981 ; Kalakanavar *et al*., 1989) .

حسب Mian and Nazfiger (1994) التأثير السلبي للجفاف المبكر يكون منخفضا إذا ما كانت بذور القمح ذات حجم كبير . المجموع الجذري الكبير في النبيتات الناتجة من إنتاش بذور قمح كبيرة الحجم ربما و إلى حد ما يساعد على حفظ توازن الماء تحت ظروف الإجهاد المائي المبكر ، إن كان الماء المتاح للنبات يتواجد ضمن مستويات عميقة من التربة . ميزة أخرى من شأنها أن يكون لها دور

في تحسين إنشاء النبات تحت الظروف البعلية هي الكوليوبتيل الطويل ، والذي معظم التغيرات في طوله ترجع إلى عوامل وراثية (ICARDA , 1987) . الأنماط الوراثية ذات الكوليوبتيل الطويل تكون لها إمكانية زرعها ضمن أعماق كبيرة نسبيا وبالتالي تفادي " الانطلاقة الفاشلة " **(false start)** الناتجة من كمية الأمطار غير الكافية أو تكررها بشكل لا يضمن إنشاء النبات أو المحصول . الزرع المبكر في الخريف له فوائـــد هامة و واضحة بالنسبة لبيئات البحر الأبيض المتوسط البعليـــة (Acevedo *et al*., 1991) ، الخسارة المترتبة عن التأخيـــر في الزرع تقدر بـــ1 **%** في المردود عن كل يوم تأخر (Acevedo *et al*., 1998) . في هذه الحالة الزرع العميق و المبكر مستحب لتجنب " الانطلاقة الفاشلة " بالنسبة للترب الجافة في بداية الفصل ، إن الزرع العميق لن يسمح بإنتاش البذور ما لم تحدث الأمطار تبلل على مستوى سطح فراش التربة على عمق 10 سم .

ب– الانبثاق – البداءة الزهرية (SG1) :

الإجهاد المائـــي يعمل على زيادة الفيـــلوكرون (Phyllochron) بالنسبة لكـــل من القمح الصلب و اللـــين (Krenzer *et al*., 1991 ; Simane *et al*., 1993) . إن اتساع أو تضخم حجم الورقة يكون أكثر حساسية للإجهاد المائي (Acevedo *et al*., 1971) . مرحلـــة الإشطاء جد حساسة للإجهاد المائـــي وقد يخـــفض عدد الأشطاء للنصف إذا ما كانت الظروف البيـــئية جافة تماما (Peterson *et al*., 1984 ; Rickman *et al*., 1983) .

العجز المائي الذي يسبق عملية البدء في الإزهار يخفض عدد البداءات السنيبلية (Spikelet primordia) خلال هذه المرحلة (Oosterhius and Cartwright, 1983) .

جـــ– البداءة الزهرية – التزهير (GS2) :

نمو نبات القمح (جذور، أوراق ، سيقان و سنابل) يستمر لما يقارب 10 أيام بعد التزهير . هذه المرحلة تعتبر الأكثر نشاطا خلال نمو القمح . العجز المائي خلال هذه المرحلة يخفض نمو الخلايا و كذا المساحة الورقية و التي ينج عنها تناقص شدة التركيب الضوئي ضمن وحدة المساحة . مع تـــزايد حدة العجز المائـــي تتناقص شدة التركيـــب الضوئي و السبب الانغلاق الجزئـــي للثغور (Acevedo *et al*., 1991) . على مستوى أوراق نبات القمح ، الثـــغور تبدأ في الانغلاق مع بـــلوغ الجهد المائـــي للـــورقة -1.5 MPa (Kobata *et al*., 1992 ; Palta *et al*., 1994) .

إن تناقص تركيز الـــ CO_2 الداخلي للورقة (c_i) له تأثير مباشر على تناقص نقل الإلكترونات ، استمرار تهيج الأنظمة الضوئية مع عدم نقل الإلكترونات يسبب كبح ضوئي (Photoinhibition) متلف للأنظمة الضوئية (Long *et al*., 1994) . الحفاظ على الحالة المائية للنبات والانفتاح الثغري ليس مهم فقط من أجل إنعاش (تبريد) النبات لكن من اجل الحفاظ على التبادل العالي للـــ CO_2 ، الذي يسمح باستمرارية تفاعلات المرحلة المظلمة من عملية التركيب الضوئي و الحفاظ أيضا على نقل الإلكترونات (Loomis and Amthor, 1996) . الإستشعاع اليخضوري (Chlorophyll fluorescence) يلاحظ حينما تكون كمية الضوء الملتقطة بواسطة اللاواقط الضوئية تفوق قدرة تفاعلات المرحلة الظلامية ، لذلك قياسات الإستشعاع اليخضوري تستعمل حاليا وبشكل واسع لتحديد تأثير الإجهاد على المحصول (Seaton and Wallker, 1990) . حدوث الإجهاد المائي خلال مرحلة نمو السنبلة يسبب تناقص الحب (Hochman, 1982) . يبلغ تناقص المردود حده الأقصى عندما يحدث الإجهاد المائي قبل فترة خروج السنبلة بـــ10 أيام ، أيضا الإجهاد المائي خلال هذه المرحلة يخفض عدد السنيبلات ضمن السنبـــلة الواحدة بالنسبة للأشطـــاء الخصبة (Hochman, 1982 ; Moustafa *et al*., 1996) ، ويسبب أيضا موت الأزهار القاعدية و العلوية للسنابل (Oosterhius and Cartwright, 1983) الجدول4 **(الملحق)**

د- التزهير – النضج الفيزيولوجي (GS3) :

حدوث العجز المائي على مقربة من مرحلة التزهير يسرع التطور (Simone *et al*.,1993) أي التناقص في تراكم المواد الكربوهدراتية على مستوى الساق (Nicholas and Turner, 1993) . إعادة نقل المركبات الكربوهدراتية المصنعة قبل مرحلة التزهير يعتبر هام جدا و السبب هو تناقص شدة التركيب الضوئي في وجود الإجهاد المائي (Bidinger *et al*., 1977 ; Kiniry , 1993 ; Palta *et al*., 1994) .

الإجهاد المائي خلال مرحلة ملء الحب لا يؤثر في عدد الأشطاء الخصبة و لا في عدد الحب ضمن المتر المربع الواحد ، لكن وزن الحب يتناقص (Hochman,1982 ; Kobata *et al*., 1992) ، و السبب في ذلك هو قصر مرحلة ملء الحب الناتج من تسارع الشيخوخة . إن إضافة محاليل مخففة من KH_2PO_4 على الأوراق تخفف من آثر درجة الحرارة العالية و الجفاف الذي يحفز الشيخوخة وبالتالي الرفع في المردود الحبي للقمح (Benbella and Paulsen, 1998) .

وجد وعلى نحو ثابت أن الشعير و القمح اللين ذات القصب الطويل يكون لها قدرة تحمل عالية اتجاه الجفاف في حين الأصناف نصف المتقزمة لها قدرة تحمل متوسطة بينما القمح الصلب جد حساس للجفاف (Fischer and Maurer, 1978 ; Sojak *et al*., 1981) .

1-5-2- الإجهاد الحراري :

درجات الحرارة العالية تؤثر وبشكل كبير في المردود الحبي للقمح . حيث تسرع عملية تطور النبات و تؤثر خصوصا في الأزهار ، ولها أيضا تأثير واضح في عضيات التركيب الضوئي . إن الترابط مابين الإجهاد المائي و الحراري يجعلنا نولي الإهتمام بواحد منهما . مع ذلك فإن برامج البحث تسعى لتحسين نباتات مقاومة لكلا الاجهادين معا . النتح من الميكترمات المستعملة لتفادي ضرر الحرارة و يعتبر العامل الأول المبدد لطاقة . الأنماط الوراثية التي لها القدرة على الحفاظ على انتعاشها من خلال عملية النتح تعتبر الأكثر و الأحسن تفاديا لأضرار الحرارة . تختلف درجة حرارة الأعضاء النباتية فيما بينها وتختلف أيضا عن درجة حرارة الهواء المحيط بها ، هذه الاختلافات تتزايد والنسب المتزايدة للنتح. بالنسبة للقمح وفي غياب الإجهاد المائـــي الاختلاف في درجة حرارة الورقة و الهواء المحيط بها يتزايد خطيـــا و الاختلاف في ضغط بخار الماء (VPD) (Idso *et al*., 1984) . مع حدوث العجز المائي وبدأ انغلاق الثغور ، درجة حرارة الأوراق ترتفع وقد تتجاوز درجة حرارة الهواء المحيط بها . التركيب الضوئي يتأثر سلبا بدرجات الحرارة المرتفعة التي تتجاوز 25°م ، لكن الأنماط الوراثية الأكثر تأقلما يبدأ ظهور الذبول على أوراقها حالما تتجاوز درجة الحرارة 35°م . الإجهاد الحراري يخفض و بشكل كبير الكتلة الحيوية و المردود الحبي للقمح . سوف نوجز فيما يلي تأثير الإجهاد الحراري على كل مرحلة من مراحل النمو السابقة الذكر ، وتأثير درجة الحرارة يختلف باختلاف مرحلة النمو ، المرحلة الأكثر حساسية للإجهاد الحراري هي المرحلة GS2 أين يمكن تحديد عدد الحب ضمن المتر مربع الواحد (Shpiler and Blum, 1986) .

أ- الإنتاش – الانبثاق (E) :

ضمن الأوساط البيئـــية الحارة ، درجة حرارة التربة على مستوى السنتـــيمترات العليـــا تتجاوز درجة حرارة الهواء بحوالي 10-15°م إن كان سطح التربة عار أو خالي من الغطاء النباتي وجاف وشدة الإشعاع عالية . تحت نفس الظروف أو ظروف مماثلة ، درجة حرارة التربة القصوى قد تتراوح مابين

40-45°م مع تأثيرات خطيرة على بروز أو انبثاق النبيتة . ما يقارب 100 نبيتة في المتر المربع الواحد يمكن أن تفقد بسب الظروف السابقة الذكر ، وهذا يؤثر سلبا على المردود .

Angus *et al.* (1981) وجدوا أن تأثيرات درجة الحرارة على الانبثاق تختلف باختلاف الأنماط الوراثية. إن انبثاق النبيتات بشكل كاف ربما يقلل من آثر درجات الحرارة المفرطة التي تكبح نمو الجذور و بدأ عملية الإشطاء (Fischer, 1985) .

ب- الانبثاق – البداءة الزهرية (GS1) :

الحساسية اتجاه درجة الحرارة العالـــية تتزايد مع تطور النمو الخضري و حدوث الإشطاء و تتـــواصل حتى نهاية المرحلة (GS1) (O'Toole and Stockle, 1991) . الحساسية اتجاه درجة الحرارة العالية خلال هذه المرحلة (GS1) يمكن التعبير عنها من خلال تناقص مدة هذه المرحلة ، ضعف أو نقص المساحة الورقية و أيضا النمو (Shpiler and Blum, 1986) . درجات الحرارة العالية تخفض عدد الأوراق و أيضا عدد الأشطاء الخصبة أي المنتجة للسنابل (Midmore *et al*., 1984) .

تزايد درجة الحرارة يحفز تزايد الفيـــلوكرون (Phyllochron) و بالتالي تنـــاقص عدد الأوراق (Cao and Moss , 1994) .

جـــ- البداءة الزهرية (القمم المزدوجة) – التزهير (GS2) :

ظهور القمم المزدوجة (Double ridges) يعتبر كمؤشر لبداية المرحلة (GS2) . عدد الحب ضمن المتر مربع الواحد يمكن تحديده ضمن هذه المرحلة . التأثير الرئيسي للإجهاد الحراري بعد بدأ الإزهار يلاحظ على عدد الحب ضمن المتر المربع الواحد . عدد الحب ضمن المتر المربع الواحد يتناقص مع تزايد درجة الحـــرارة بمعدل درجة واحدة وبنسبة 4 % خلال 30 يـــوم التي تسبق التـــزهير (Fischer, 1985) . تأثير درجة الحرارة على عدد الحب ضمن وحدة المساحة ربما يرجع إلى تناقص السنابل الخصبة ، أو قلة الحب ضمن السنبلة الواحدة . ضمن ظروف تجريبية موجهة ،

Warrington *et al.* (1977) اظهروا أن القمح النامي عند درجة حرارة 25°م خلال المرحلة GS2 يحتوي فقط على 40 % من الحب ضمن السنبلة الرئيسية بالمقارنة مع القمح النامي عند درجة حرارة 15°م خلال نفس المرحلة . الجدول 5 (**الملحق**) يظهر تناقص حاد في عدد السنابل مع تدرج درجة الحرارة ، تناقص مدة المرحلة GS2 عند درجات الحرارة العالية يتأثر بالتغير الوراثي في الحساسية اتجاه التواقت الضوئي (Photoperiod) ، الاستجابة للإرتباع (Vernalisation) ودرجة الحرارة المثلى لتشكل السنيبلات

(Blum, 1986) . على المستوى الخلوي تؤثر درجات الحرارة العالية في قدرة أغشية الصانعات الخضراء على نقل الإلكترونات (Berry and Rawson, 1981) .

د- التزهير – النضج الفيزيولوجي (GS3) :

الإجهاد الحراري خلال هذه المرحلة يؤثر في تيسر و توفر المواد المصنعة ، نقل هذه المواد نحو الحب و تشكيل أو اصطناع النشاء و تخزينه ضمن الحب أثناء مرحلة ملء الحب ، ونتيجة ما سبق تناقص وزن الحب .

خلال مدى حراري يتـــراوح مابين 12- 26°م ، ارتفاع درجة الحرارة بمعدل درجة واحدة ينـــجر عنه تناقص في وزن الحب .بمعدل 4 – 8 % (Wardlaw *et al*., 1980 ; Wiegand and Cuellar, 1981) .

تقلص مدة ملء الحب يتزامن و الزيادة في نسبة ملء الحب (Sofield *et al*., 1977) لكن التأثيرات جد معقدة . من جهة أخرى ، الشيخوخة المبكرة تخفض نسبة المواد المصنعة و الخاصة بملء الحب ، أيضا درجات الحرارة العالية تخفض عدد الخلايا المكونة للسويداء و بالتالي تناقص وزن الحب ، في معظم الحالات ، هذه النتائج تتوافق و ما يحدث أثناء الإجهاد المائي .

تحمل الإجهاد الحراري يرتبط و ثبات أو استقرار الأغشية ، الزيادة في ثبات أو استقرار البروتينات و تصنيع بروتينات الصدمة الحرارية (HSP (Heat shock proteins . استجابة النبات للصدمة الحرارية يكون من خلال إنتاج سريع و مكثف لبروتينات خاصة بدرجات الحرارة فوق المثالية ، يحدث هذا عندما تكون خلايا النبات معرضة لدرجات حرارة تفوق الدرجات المثالية بحوالي5 – 10 °م إجهادات أخرى مثل : الجفاف و الملـــوحة يمكن أن تحفز على إنتاج بروتيـــنات الصدمة الحرارية (HSP) (El Madidi and Zivy, 1993) ، و يكون تأثير هذه الأخيرة من خلال ترميم أو حماية التراكيب الخلوية التي تتلف نتيجة تزايد درجة الحرارة أو إجهادات بيئية أخرى .

1-5-3- إجهاد البرودة و التجمد :

معظم الأنواع النباتيـــة المزروعة حساسة لدرجات الحرارة المنخفضة و يكون لها تأثير سلـــبي على المردود عندما تكون في حدود 12°م (Lyons, 1973) . إن كلا من شدة التركيب الضوئي المنخفضة عند درجات التشبع الضوئي و الكبح الضوئي (Photoinhibition) تلاحظ عند درجـــات الحرارة المنخفضة (Powles *et al*., 1983) ، يتـــوافق ذلك أيضا و التزايد في إستشعاع اليخضور -a-

(Greer *et al*., 1986) . التعرض الطويل للضوء عند درجات حرارة منخفضة ينتج عنه نتائج غير عكسية كالكبح الضوئي الذي يتبع بأكسدة ضوئية لليخضور وفي الأخير موت الأنسجة (Bongi and Long, 1987) .

التأثيرات الرئيسية للبرودة تتمثل في تناقص شدة التركيب الضوئي ، تناقص كمية الكربون الآتية من الأوراق و كمية المواد الكربوهدراتية المتراكمة (Pollock *et al*., 1983 ; Pollock, 1984) .

تـــراكم السكريـــات ضمن الخلايا يحميـــها من الأثر السلبي لدرجـــات الحرارة المنخفضة (Koster and Lynch, 1992) . تعرض النبات لدرجات حرارة منخفضة يزيد في نشاطية إنزيم الـــRubisco (Leegood and Edward, 1996) .

في معظم الحالات التجمد البسيط لا يؤثر في المساحة الورقية في حين التجمد الحاد يحدث نخور في الورقة (Necrosis) ومن ثم موت الأوراق . مراحل النمو المتقدمة تكون أكثر حساسية اتجاه البرودة و ذلك يؤثر بشكل كبير على المردود ، للتجمد أيضا أضرار خاصة خلال المرحلة مابين انبثاق الورقة العلم و عشرة أيام بعد التزهير ، الضرر يظهر من خلال إجهاض أزهار السنيبلات القاعدية و المتوسطة للسنابل . ضرر التجمد يظهر حالما تكون درجة حرارة الهواء المحيط دون الصفر، و درجة حرارة الأنسجة النباتية حوالي – 4°م (Harding *et al*., 1990) و له علاقة مباشرة و إشعاع التبريد خلال الليالي الهادئة الصافية . من أهم الطرق لتفادي هذا النوع من الإجهاد هو التفادي أو التهرب (Escape) من هذا الإجهاد من خلال إما التبكير أو التأخير في الإزهار .

1-5-4- إجهاد الملوحة :

الرفع في المردود الزراعي يكون مرتبط وبشدة بالسقي . تطبيق عمليات السقي يرفع في ملوحة التربة ، إن مياه السقي تحتوي ما يقارب 0.1 – 4 كغ /م^3 من الملح ، إذا ما قمنا بعملية سقي قدم خلالها ما يقـــارب 1000 – 1500 مم من الماء سنويا فإن هذه الأخيرة تزود التربة بما يقـــارب 1 – 60 طن/هكتار من الملـــح (Shannon, 1997) .

ملوحة التربة تؤثر في النبات من خلال ثلاث طرق رئيسية أ) الإجهاد الأسموزي و تناقص تيسر الماء بـــ) الإجهاد الأيوني وجـــ)تغير الميزان الأيوني الخلوي (Kirst, 1989) . العديد من العمليات الفيزيولوجية تتأثر بالملوحة و بشكل ملحوظ فإن الملوحة تخفض نمو الخلايا ، المساحة الورقية ، الكتلة الحيوية و المردود ، للقمح قدرة تحمل متوسطة للملوحة (Shannon, 1997) .

1-5-4-1- تأثير الملوحة على نمو المحصول :

ملوحة التربة التي تقارب 4.5 ds/m تخفض نسبة النباتات الناشئة ضمن وحدة المساحة .

عند ملـــوحة تقدر بـــ 8.8 ds/m فإن عدد نباتـــات القمح المنبثقـــة ينخفض بنسبة 50 % (Francois *et al*., 1986) . ملوحة التربة تسرع تطور القمة النامية و تزيد في الفيـــلوكرون (Phyllochron) وبالتالي ينخفض عدد الأوراق في الساق الرئيـــسي (Maas and Grieve, 1986) ، و هي أيضا تخفض عدد السنيبلات ضمن السنبلة الرئيسية و تسرع نضج المحصول .

ملوحة التربة تؤثر أيضا في نمو وحيوية الإشطاء ، و تخفض عدد الأشطاء الابتدائية و الثانوية . عندما تقارب درجة ملوحة التربة 7.5ds/m فإن الأشطاء الثانوية تقصى بشكل نهائي في حين الأشطاء الابتدائية يتناقص عددها ، نمو و تطور الجذر يعتبر أقل تأثرا بالملوحة (Ayers *et al*., 1952) . جميع المراحل الفينولوجية تسرع تحت تأثير إجهاد الملوحة (Grieve *et al*., 1994) .

تظهر سميت الملوحة على النبات بعد مرحلة التزهير ، ومن أهم مميـــزاتها الشيخوخة المبكرة ، وزن الحب المنخفض و إجهاض السنيـــبلات (Wyn Jones and Gorham , 1991) .

مستوى الملوحة الذي يساوي 13 ds/m يخفض مردود القمح بنسبة 50 % (Ayers and Wescot , 1976). القمح الصلب عالي الحساسية اتجاه الملوحة مقارنة بالقمح اللين . يبدأ تناقص مردود القمح الصلب حينما تساوي نسبة الملوحة القيمة 5.9 ds/m ، في حين يتناقص مردود القمح اللين عندما تساوي نسبة الملوحة القيمة 8.6 ds/m . وجد أن تحمل الملوحة مرتبط سلبيا و تركيز الصوديوم (Na) في الورقة العلم ، هناك أيضا ارتباط سلبي مابين المردود الحبي للقمح و النسبة Na/K في الحب (Ashraf and O'Leary, 1996) . تركيز الصوديوم (Na) يكون منخفضا ضمن الأنسجة الورقية للأنماط الوراثية المتحملة بالمقارنة مع الأنماط الوراثية الحساسة للملوحة (Salama *et al*., 1994) .

2- فعالية استغلال الماء :

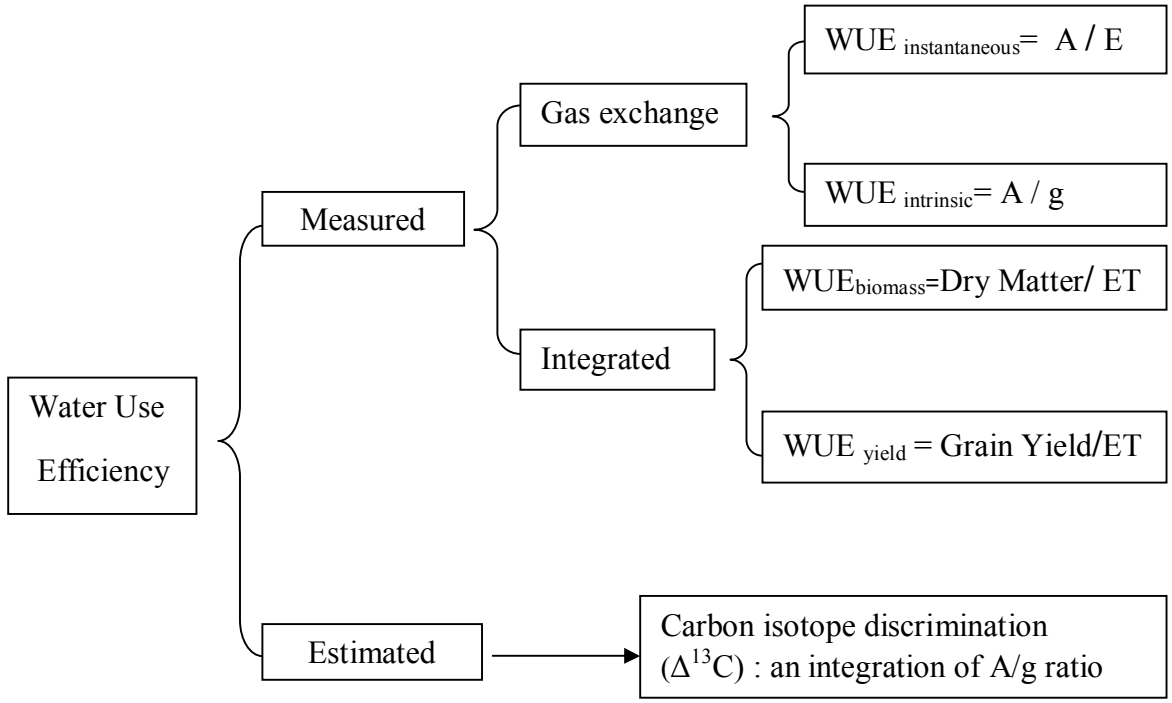
2- 1 - تعريف :

عموما فعالية استغلال الماء (water use efficiency : WUE) يعبر عنها من خلال النسبة مابين المادة الجافة وكمية التبخر خلال مدة زمنية محددة (Richards *et al*., 2002) ، إن كانت هذه المدة تقتصر على مرحلة فقط من مراحل تطور النبات فإننا نتحدث في هذه الحالة عن فعالية استغلال صافية **(WUE_{net})** بينما إذا اشتملت المدة الزمنية كامل مراحل تطور النبات فإننا نتحدث عن فعالية استغلال خام **(WUE_{crude})** (Bos, 1985) . من ناحية أخرى فعالية استغلال الماء تعرف على أنها النسبة مابين المردود الحبي و كمية الماء المستعملة لإنتاج هذا المردود الحبي (Gardner *et al*., 1985) .

2-2 - المفاهيم المختلفة لفعالية استغلال الماء :

استنادا إلى الوثيقة أدناه المقترحة من طرف Tambussi *et al.* (2007) يبدو أنه هناك عدة مفاهيم و طرق لقياس أو تقدير فعالية استغلال الماء .

مخطط يوضح المفاهيم المختلفة لفعالية استغلال الماء



A : net photosynthetic rate ; E : transpiration rate ; G : stomatal conductance ; ET : evapotranspiration

2-2-1- فعالية استغلال الماء اللحظية و الجوهرية ($WUE_{instantaneous}$; $WUE_{intrinsic}$) :

على مستوى أعضاء التركيب الضوئي (مثل الورقة) فعالية استغلال الماء تعرف على أنها النسبة مابين الكمية الصافية لغاز ثاني أكسيد الكربون الممثل إثناء عملية التركيب الضوئي (A : net photosynthetic rate) ، وكمية النتح خلال نفس الفترة الزمنية (E : Transpiration rate) و تسمى في هذه الحالة بفعالية استغلال الماء اللحظية أو الفورية ($WUE_{instantaneous}$) (Polley, 2002) و يعبر عنها بالعلاقة التالية :

$$WUE_{instantaneous} = A / E$$

في حين هناك نمط آخر من فعالية استغلال الماء يعبر عنه من خلال النسبة مابين الكمية الصافية لغاز ثاني كسيد الكربون الممثلة خلال عملية التركيب الضوئي (A) ، و التبادل الثغري (G : stomatal conductance) و يسمى هذا النمط من فعالية استغلال الماء بفعالية استغلال الماء الجوهرية أو الحقيقة ($WUE_{intrinsic}$) (Tambussi *et al*., 2007) ويعبر عنها بالعلاقة التالية :

$$WUE_{intrinsic} = A / G$$

2-2-1-1- طرق تحسين فعالية استغلال الماء اللحظية و الجوهرية :

من وجهة نظر عملية إن كل من فعالية استغلال الماء اللحظية و الجوهرية متماثلة ، لكن الاختلاف يكمن في أن فعالية استغلال الماء الجوهرية لا تتأثر بالعجز في ضغط بخار الماء (VPD) القوة المنشطة للنتح (Morgan and LeCain ,1991 ; Johnson, 1993) .

من بين الطرق المفترضة لزيادة فعالية استغلال الماء اللحظية هي الوزن النوعي الورقي العالي (SLW) وهو عبارة عن النسبة مابين وزن و مساحة الورقة ، حيث أن الوزن النوعي الورقي العالي له علاقة و الزيادة في شدة التركيب الضوئي ضمن وحدة المساحة . لقد وصفت علاقة ارتباط مابين الوزن النوعي الورقي و فعالية استغلال الماء اللحظية ، على الرغم من أنها تبدو ضعيفة إلا أنها موجودة (Morgan and LeCain , 1991) . الزيادة في النسيج المتوسط للورقة (Mesophyll) مرتبط وشدة التركيب الضوئي العالية دون الحاجة إلى الزيادة في شدة التبادل الثغري ، وبالتالي تزايد فعالية استغلال الماء اللحظية (Tambussi *et al*., 2007) . بما أن فعالية استغلال الماء مرتبطة و القدرة العالية على التركيب الضوئي ، لذا فإن لها علاقة ارتباط إيجابية والنمو . تحت ظروف البحر الأبيض المتوسط ،

الزيادة في فعالية استغلال الماء اللحظية يكون مرتبط وإلى حد ما والانخفاض في التبادل الثغري المتلازم و الانخفاض في نسبة النمو (Bolger and Turner, 1998) . كما أشرنا سابقا ومن وجهة نظر عملية فإنه لا يوجد اختلاف مابين فعالية استغلال الماء اللحظية و الجوهرية لذلك فان الرفع في فعالية استغلال الماء الجوهرية يكون أيضا من خلال خفض التبادل الثغري (Van den Boogaard *et al*., 1997; Ashraf and Bashir, 2003) ، أو رفع قدرة التركيب الضوئي أو جمع العاملين معا (Morgan and LeCain, 1991) .

2-2-2- فعالية استغلال الماء للمردود الحبي و الكتلة الحيوية (WUE_{yield} , $WUE_{Biomass}$) :

كما يوضحه المخطط السابق هناك عدة مفاهيم لفعالية استغلال الماء بالإضافة إلى فعالية استغلال الماء اللحظية و الجوهرية نجد فعالية استغلال الماء الخاصة بالمردود الحبي و فعالية استغلال الماء الخاصة بالمادة الجافة ، في هذه الحالة وحسب Richards (1991) فعالية استغلال الماء يعبر عنها من خلال النسبة مابين المادة الجافة والماء المتبخر وفق العلاقة التالية :

$$WUE = W / [1+(Es/T)]$$

حيث : W= فعالية النتح يعبر عنها بـ المادة الجافة / النتح .

Es= الماء المفقود عن طريق التبخر من سطح التربة .

T= الماء المفقود من النبات عن طريق النتح .

أيضا ، وحسب Sinclair et Tanner (1983) فعالية استغلال الماء يمكن التعبير عنها من خلال النسبة مابين الكتلة الحيوية أو المردود الحبي Y والماء المتبخر الفصلي الذي يرمز له بالرمز ETP مقاسة بالميليمتر

$$WUE = Y/ ETP$$

العديد من الباحثين من بينهم Tambussi *et al*. (2007) قدموا طريقتين مختلفتين لحساب كل من فعالية استغلال الماء للمردود الحبي و الكتلة الحيوية و يعبر عنها كمايلي :

$$WUE_{Biomass} = Dry\ Matter / ETR \quad (ETR = \text{Evapotranspired water})$$

$$WUE_{yield} = Grain\ yield / ETR$$

الاختصار ETR يمثل كمية الماء المتبخرة الحقيقية والتي هي عبارة عن مجموع كمية الماء المتبخر من سطح التربة (Es) و كمية الماء المتبخر من النبات عن طريق النتح (T) والتي تكون مقاسة بالميليمتر (mm) .

2-2-3- تميز نظير الكربون ($\Delta^{13}C$) :

2-2-3-1- تعريف تمييز نظير الكربون:

يعتبر من بين الطرق المستعملة لتقدير فعالية استغلال الماء ، الكربون من النمط C^{13} هو نظير كربون مستقر حيث يمثل هذا الأخير 1 % من ثاني أكسيد الكربون المشكل للغلاف الجوي . النباتات من النمط C_3 نسبة C^{13} الداخلة في تركيبها تكون قليلة جدا ، و السبب أنه أثناء قيام النبات بعملية التركيب الضوئي و تثبيت CO_2 يميز مابين الـCO_2 الحاوي على C^{13} و C^{12} . تمييز نظير الكربون ($\Delta^{13}C$) هو عبارة عن قياس النسبة C^{13}/C^{12} ضمن المادة النباتية و قياس نفس النسبة ضمن الغلاف الجوي الذي يعتبر مصدر الـCO_2 للنبات و يعبر عنها بالعلاقة التالية :

$$\Delta^{13}C = [(R_a / Rp) - 1] \times 1000$$

حيث :

R_a : تمثل قيمة النسبة C^{13}/C^{12} الموجودة ضمن الغلاف الجوي

R_p : تمثل قيمة النسبة C^{13}/C^{12} الموجودة ضمن النبات (Farquhar and Richards, 1984) .

2-2-3- 2- العلاقة مابين فعالية استغلال الماء و تمييز نظير الكربون ($\Delta^{13}C$) :

يعتبر تمييز نظير الكربون كمؤشر عن فعالية استغلال الماء الجوهرية ($WUE_{intrinsic}$) (Araus *et al*., 2001 ; Pate, 2001) . ضمن النباتات من النمط C_3 تمييز نظير الكربون يمكن تحديده أيضا من خلال المعادلة التالية :

$$\Delta^{13}C = a + (b - a) \times (C_i / C_a) \quad .....(1)$$

حيث :

a : تمثل التمييز الذي يحدث أثناء انتشار CO_2 عبر الثغور والذي يساوي 4.4 ‰ .

b : تمثل التميز بواسطة Rubisco الذي يحدث خلال تحويل CO_2 إلى أول نواتج التركيب الضوئي وهو يساوي 27 ‰ .

C_i و C_a تمثل تركيز CO_2 ضمن الوسط مابين الخلوي و الوسط الخارجي على التوالي (Pate, 2001) تعويض القيم العددية ضمن المعادلة (1) يمكننا من الحصول على المعادلة التالية :

$$\Delta^{13}C = 4.4 + 22.6 \times (C_i / C_a) \text{ .....(2)}$$

المعادلتين (1) و (2) تظهران أن تمييز نظير الكربون $(\Delta^{13}C)$ يرتبط إيجابيا و النسبة (C_i / C_a) .

كما ذكر سابقا فعالية استغلال الماء يمكن التعبير عنها من خلال النسبة مابين كمية الـــ CO_2 الممثلة خـــلال عملية التركيب الضوئي (A) و الماء المتبخر عن طريق النتح (T) كل من (A) و (T) يعبر عنهما بالمعادلتين التاليتين :

$$A = g_c \times (C_a - C_i) \text{ .....(3)}$$
$$T = g_w \times (W_i - W_a) \text{.....(4)}$$

حيث :

(g) تمثل التبادل الثغري لكل من الـــ CO_2 و يرمز له بـــ (g_c) و بخار الماء ويرمز له بـــ (g_w) ، في حين تدرج تركيز ثاني أكسيد الكربون يرمز له بالرمز $(C_a - C_i)$ و تدرج تركيز بخار الماء يرمز له بالرمز $(W_i - W_a)$ و ذلك بين الهواء خارج الورقة و داخل الورقة (Condon *et al*., 2002) . تركيز ثاني أكسيد الكربون يكون عال خارج الورقة ، في حين بخار الماء يكون تركيزه عال داخل الورقة ، فعالية استغلال الماء يمكن حسابها باستعمال المعادلة (6) المشتقة من المعادلة (5) :

$$WUE = A/T = [g_c(c_a - c_i)] / [g_w(w_i - w_a)] \text{.....(5)}$$

$$WUE = 0.6\, c_a\, (1 - c_i/c_a) / (w_i - w_a) \text{.....(6)}$$

القيمة 0.6 تمثل معامل الانتشار النسبي لثاني أكسيد الكربون و بخار الماء في الهواء . المعادلتين (1) و(2) يظهران أن تمييز نظير الكربون $(\Delta^{13}C)$ يرتبط ايجابيا و النسبة (C_i / C_a) ، في حين المعادلة (6) تثبت أن فعالـــية استغلال الماء مرتبط سلبـــا و النسبة (C_i / C_a) ، لذلك فإن تمييز نظير الكربون و فعالية استغلال الماء مرتبطان سلبا فيما بينهما (Condon *et al*., 2002) .

و لقد أثبت هذا الارتباط السلبي مابين تمييز نظير الكربون و فعالية استغلال الماء من قبل من خلال التجارب التي أجريت في الأصص و التي خصت القمح اللين (Farquhar and Richards, 1984) .

2-2-3- 3- علاقة تمييز نظير الكربون بالمردود ضمن البيئات محدودة التساقط :

أجريت العديد من الدراسات لاختبار أو دراسة العلاقة مابين المردود في القمح والشعير و تمييز نظير الكربون ضمن البيئات محدودة التساقط (Condon *et al*., 1987 ; Acevedo, 1993 ; Araus *et al*., 1998 ; Voltas *et al*., 1999) ، حيث تمت هذه الدراسات على مجموعة مختلفة من الأنواع : كالقمح الصلب ، القمح اللين و أنماط وراثية مختلفة من الشعير تختلف فيما بينها من حيث قيم تمييز نظير الكربون ، و عموما في بعض الخصائص الأخرى مثل زمن التزهير و الارتفاع . معظم الارتباطات الملاحظة مابين المردود و تميز نظير الكربون كانت إما إيجابية أو محايدة . ضمن البيئات الجافة لم تلاحظ ارتباطات سلبية مابين المردود و تمييز نظير الكربون إلا قليلا ، والتي كان يمكن توقعها لو كان لفعالية استغلال الماء تأثير على المردود الحجي (الإنتاجية) . إذا كانت فعالية استغلال الماء ستؤثر في الإنتاجية ، فإن ذلك سينعكس مباشرة على إنتاج المادة الحية ، وحتى بالنسبة لهذه الأخيرة كانت الارتباطات إما إيجابية أو محايدة (Condon and Richards, 1993 ; Ehdaie *et al*., 1991) .

أولا : انخفاض قيم تمييز نظير الكربون ترتبط بنسب نمو بطيئة للمحصول عند غياب الإجهاد المائي .

ثانيا : يمكن ألا يرافق النمو السريع للمحصول استهلاك سريع لماء التربة .

ثالثا : العديد من الدراسات أظهرت ارتباط ايجابيا مابين مؤشر المردود وتمييز نظير الكربون .

رابعا : العلاقة بين المردود و تمييز نظير الكربون متغيرة حسب العضو النباتي المستعمل في قياس $\Delta^{13}C$ نمو المحصول البطيء المرتبط و قيم $\Delta^{13}C$ المنخفضة في غياب الإجهاد المائي يفسر و بسهولة إذا كانت التغيرات في قيم $\Delta^{13}C$ ناتجة عن التغيرات في التبادل الثغري **(g)** ، لكن في الحبوب ، التغيرات في قيم $\Delta^{13}C$ تنشأ من التغيرات في قدرة التركيب الضوئي **(A)** ، التبادل الثغري**(g)** . (Condon *et al*., 1990 ; Morgan and LeCain, 1991)

ارتباط تمييز نظير الكربون و المردود الحجي يكون أكثر إيجابية من ارتباط الكتلة الحيوية و تمييز نظير الكربون (Condon *et al*., 2002) ، وجد أيضا ارتباط ايجابي لتمييز نظير الكربون و مؤشر الحصاد (HI) . (Morgan *et al*., 1993)

2-2-4- فعالية استغلال الماء و علاقتها بالإجهاد المائي:

الإجهاد المائي واحد من بين العوامل البيئية المؤثرة في فعالية استغلال الماء ، تناقص القدرة المائية للتربة يؤدي إلى تناقص قدرة التشبع الورقي و تناقص التبادل الثغري (Kanemasu and Tanner, 1969)

الذي ينتج عنه زيادة في فعالية استغلال الماء . تناقص القدرة المائية للتربة يؤدي إلى انغلاق جزئي أو كلي للثغور حسب شدة الإجهاد أي أن فعالية استغلال الماء مرتبطة و الحركة الثغرية . بشكل عام تناقص رطوبة التربة يؤدي إلى تناقص كل من التبادل الثغري ، التركيب الضوئي و شدة النتح (Payne *et al*.,1992) . مع ذلك فإن ، التناقص في الكتلة الحيوية بسبب الإجهاد المائي يعتبر اقل أهمية بالمقارنة مع الماء المفقود الذي يؤدي إلى زيادة فعالية استغلال الماء (Nobel, 1991 ; Ismail and Hall, 1992) . الإجهاد المائي يرفع فعالية استغلال الماء عند العديد من الأنواع النباتية (Hall *et al*., 1990 ; Osorio and Pereira, 1994) .

3- مؤشرات الصور الرقمية :

3-1- تعريف :

مؤخرا ، الصور الرقمية تعتبر وسيلة جديدة لتحليل التغير اللوني على مستوى النبات ككل أو على مستوى الأوراق بشكل خاص . آلات التصوير الرقمية و/أو آلات المسح الرقمية (Scanners) الموصولة و جهاز الحاسوب المزود ببرامج خاصة تسمح بمسح الأوراق النباتية و تقييم التغير اللوني فيها بصورة غير مكلفة و سهلة الاستعمال . في الميدان الزراعي ، تكنولوجيا الصور الرقمية استعملت وبشكل واسع إما لوصف التغير اللوني في التفاح (Schrevens and Raeymaeckers, 1992) ، تمييز النباتات الدخيلة في محصول ما (Perez *et al*., 2000 ; Woebbecke *et al*., 1995) و تقييم معدل الشيخوخة الورقية في نبات القمح (Adamsen *et al*., 1999 ; Hafsi *et al*., 2000) . لقد اعتمدت الصور الرقمية و طرق التحليل اللوني بشكل واسع من اجل تقييم مدى تأثير الإجهادات البيئية في المجموع الخضري ، بما في ذلك الإجهاد المائي و الآزوتي (Ahmed and Reid, 1996) ، درجات الحرارة المنخفضة (Bacci *et al*., 1998) و كذا تقييم مدى تأثير بعض الأمراض مثل صدأ أوراق القهوة (Price *et al*., 1993) وكذا بعض الأمراض الفيروسية في نبات الذرى (Martin and Rybicki , 1998). ضمن دراستنا هذه استعملت طريقة الصور الرقمية لتتبع حركية الشيخوخة وتغير الانعكاس الضوئي الورقي .

3-2- مؤشر الشيخوخة الورقية :

3-2-1- مفهوم و أنماط الشيخوخة الورقية :

الشيخوخة تعتبر أخر مرحلة من مراحل حياة الورقة و التي تؤدي إلى موتها . و هي عبارة عن اصفرار تدريجي للأوراق ، وتعرف عموما على أنها سلسلة من التفاعلات البيوكيميائية و الفيزيولوجية التي تشمل الطور النهائي للنمو حتى موت الخلايا (Smart, 1994) ، الشيخوخة الورقية كانت و لمدة طويلة تعرف على أنها إتلاف تدريجي للوظائف الهامة للورقة مع الزمن ، و التغير في لون الورقة الناتج عن تفكك اليخضور و نقص المحتوى المائي و تلف الأغشية ، كما تتضمن أيضا تأثير الظروف المحيطة و النمط الوراثي (Hafsi *et al*., 2000) .

Leopold (1980) صنف أنماط مختلفة من الشيخوخة حسب مكان وزمان حدوثها ، حينما تصيب الشيخوخة كامل النبات مثل الحبوب (Annual cereal) يسمى في هذه الحالة هذا النوع من الشيخوخة

بـــ Monocarpic senescence ، في حين النباتات المنتجة للبصلات و الدرنات الجزء الهوائي تحدث فيه الشيخوخة ثم الموت ، تدعى في هذه الحالة الشيخوخة بـــ Top senescence ، الشيخوخة التي تصيب الأشجار المورقة عند نهاية فصل النمو تدعى بـــ Deciduous senescence ، و التي في معظم الحالات تتـــوافق و الشيـــخوخة الخريفيـــة التي تسمى بـــ Autumnal senescence (Smart, 1994) .
ضمن النباتات المعمرة و الحولية ومع تطور الشيخوخة الأوراق الأكبر سنا هي التي تموت الأولى ، وتدعى أيضا بـــ Sequential senescence .

3-2-2- التغيرات الحاصلة أثناء الشيخوخة الورقية :

الشيخوخة الورقية تكون تحت مراقبة جينات وراثية (Smart *et al*., 1995 ; Noodén *et al*., 1997) . خلال الشيخوخة الورقية يتم تصنيع بروتينات جديدة لها أدوار مختلفة من بينها تخفيض سرعة التحلل وكذا صيانة أو حماية عمليات الأيض الخلوي بشكل عام من نواتج الشيخوخة هو إعادة تدوير(Recycling) المغذيات بما في ذلك الآزوت ، أين يتم نقله من الأوراق المسنة أين تنخفض نشاطية التركيب الضوئي نحو الأنسجة الحديثة المنشأ أو الأنسجة المخزنة الخاصة بمرحلة النمو اللاحقة ، هذا التدرج في عمليات الأيض هو ما يسبب التغيرات الكبرى في وظائف الخلية .

3-2-2-1- التغيرات البنيوية و الوظيفية على المستوى الخلوي :

طبقت العديد من الطرق لفهم كيفية نشأت وتطور الشيخوخة على مستوى الأوراق والخلايا . عموما ، أجزاء الورقة البعيدة هي التي تبدأ بها الشيخوخة أولا ، في حين النسج القريبة من الحزم الوعائية تكون آخر الأنسجة التي تعاني الشيخوخة . على المستوى الخلوي ، التغيرات ذات الصلة بالشيخوخة تلاحظ لأول مرة على الصانعات الخضراء (Dodge, 1970) ، في حين المتاكوندري و النواة تبقى سليمة خلال المراحل المتقدمة من الشيخوخة ; (Woolhouse, 1984 ; Smart, 1994 Inada *et al*., 1998) . الجدول 6 **(الملحق)** يلخص أهم التغيرات الحاصلة على المستوى الخلوي خلال الشيخوخة الورقية ، وفي مايلي سوف نشرح بعض هذه التغيرات بالتفصيل .

أ- الصانعات الخضراء :

الصانعات الخضراء تحتـــوي النسبة الكبيـــرة من الآزوت الموجود في الخلية حيث يتراوح مابـــين 70- 80% (Makino and Osmond, 1991) ، و معظمه يتواجد ضمن البروتينات التي لها علاقة

بالتركيب الضوئي . حجم الصانعات يتناقص ، شكلها يتحول من بيضوي إلى دائري ، حجم وعدد الـــ Plastoglobuli يتزايد و التيلاكوئيد يتلاشى كل هذه التغيرات تحدث نتيجة الشيخوخة الطبيعية للأوراق (Dodge, 1970) . أيضا ، أثناء الشيخوخة الورقية يلاحظ انكماش الصانعات الخضراء ، تفكك أو تحلل إنزيم الـــ Rubisco و الجدر الداخلية للصانعات المتـــبوع أيضا بتفكك الـــ ADN . تفكك اليـــخضور (Takamiya *et al.*, 2000) و الـــ Rubisco (Desimone *et al.*, 1998) يبدأ في الصانعات الخضراء أولا ، لينتشر لاحقا خارج الصانعات الخضراء و يتم بعد ذلك طرح أو تحرير حويصلات الـــ Plastoglobuli خارج الصانعات الخضراء وهي تحتوي على اليخضور ، الكاروتين و البروتينات ذات الصلة بالتركيب الضوئي (Guiamét *et al.*, 1999) وتحتوي أيضا الحويصلات على مشتقات أيض الدهون الخاصة بالتلاكوئيد (Thompson *et al.*, 1998) .

ب– تحلل أو تفكك الأغشية :

تفكك الأغشيـــة يرجع في اغلب الأحيان إلى إستقلاب أو أيض المركبات الفوسفوليـــبيدية المكونة للأغشيـــة (Thompson *et al.*, 1998) . خلال الشيخوخة الورقية لوحظ نشاط العديد من الإنزيمات التي من شأنها أن تساهم في تفكك الأغشية منها : phospholipase D ، lipoxygenase ، phosphatidic acid phosphatase .

phospholipase D يعتبر الإنزيم المفتاح الذي معه تبدأ عملية هدم الفوسفولبيدات ، لكن إنزيم lipoxygenase له أيضا دور هام جدا في عملية هدم الدهون (Thompson *et al.*, 1998) ، إن تراكم نواتج هدم الدهون على مستوى الأغشية يسبب تخرها (تنشأ بها ثقوب) . مع تقدم مراحل الشيخوخة يبدأ تحوصل الأغشية و تستمر العديد من عمليات الهدم على مستوى الأغشية .

جـــ– تفكك أو تحلل البروتينات :

بشكل عام محفزات تفكك البروتينات تكون متواجدة و بكثافة على مستوى السيتوزول (cytosol) و النواة (Vierstra, 1996) العديد من إنزيمات هدم البروتينات على سبيل المثال : Endoproteases ، Amino وCarboxypeptidases وجدت و بكثافة ضمن الأنسجة التي حدثت بها الشيخوخة ، كما أثبت تواجد إنزيـــمات الـــ Protease النشطة ضمن الفجوات (Huffaker, 1990) ، كما اثبت أيضا تواجد هذا الأنزيم ضمن الصانعات الخضراء (Vierstra, 1996 ; Adam and Clarke, 2002) و على مستوى جسيمات الـــ Peroxisomes (Distefano *et al.*, 1999) .

د- تغيرات أو تحورات الأحماض النووية :

عمـــوما ، الأحمـــاض النووية (DNA) تبقـــى سليمة و فعـــالة حتى نهاية مرحلة الشيخـــوخة (Feller and Fischer, 1994) ، مع ذلك لوحظت بعض التغيرات في الأحماض النووية أثناء الشيخوخة الورقية . وجد أيضا ، تزايد تكثف الكروماتين و تكسر أو تجزأ الأحماض النووية خلال الشيخوخة الورقية (O'Brien *et al*., 1998 ; Yen and Yang, 1998) .كما لوحظ كذلك تناقص كمية DNA الصـــانعات الخضـــراء بسبب نقص كمية الآزوت التي تسبب الشيخـــوخة الورقية (Scott and Possigham, 1983) .

خلال الشيخوخة الورقية تتناقص المستويات الإجمالية للحمض النووي RNA (Masclaux *et al*., 2000) و بنفس القدر تتناقص كمية RNA الصانعات الخضراء (Bate *et al*., 1991) ، تناقص كمية RNA تكون متـــزامنة و تزايد نشاطية الإنزيم RNase مع تقدم مراحـــل الشيخـــوخة الورقية (Blank and McKeon, 1991) .

3-2-3- منظمات الشيخوخة الورقية :

3-2-3-1- العوامل الخارجية :

نمو وتطور النبات يعتمد و يتوقف وإلى حد بعيد على الظروف البيئية ، ولتغيرات العوامل البيئية تأثيرات ملحوظة على نمو النبات وزمن حدوث الشيخوخة . يستجيب النبات لهذه التغيرات البيئية بمجموعة من التعديلات الأيضية السريعة (التأقلم) .

أ- الضوء :

إن كل من مدة التواقت الضوئي (Photoperiod) ، نوعية الإضاءة و شدة الإضاءة تؤثر في نمو النبات ، الزيـــــادة في شدة الإضاءة و نسبة الضوء الأحمر تؤثر وبشكل إيجـــابي على النمو (Habjorg, 1972) .

على العكس ، الظـــلام يستعمل للحث على الشيخـــوخة من أجل استئصـــال الأوراق (Hodges and Forney, 2000) . تظليل النبات ككل يمكن أن يؤخر أو يبطئ الشيخوخة ، حيث و جد أن نقل نباتات الشيلم *(Loluim temulentum)* نحو شدة إضاءة منخفضة مع بداية الشيخوخة سوف يؤدي إلى تطاول مدة حياة الورقة و نسبة الشيخوخة الورقية تكون منخفضة في النباتات

الموضوعة في الظل مقارنة مع النباتات المعرضة كليا للشمس (Mae *et al*., 1993) . تناقص كمية الـ Rubisco و اليخضور تكون بطيئة في النباتات المظللة مقارنة بالنباتات المعرضة للشمس طوال فترة تطور الورقة ، و شدة التركيب الضوئي تكون عالية في الأوراق المظللة خلال المراحل المتقدمة من الشيخوخة مقارنة بالأوراق المعرضة مباشرة للشمس (Mae *et al*., 1993) .

ب- درجة الحرارة :

طول فترة النمو يعتمد و إلى حد بعيد على درجة الحرارة و مجموع درجات الحرارة (Koski and Selkainaho, 1982) ، أضف إلى ذلك مجموع درجات الحرارة يمكن أن يدرج ضمن منظمات النمو في بعض الأنواع النباتية . يعتبر كل من الجفاف ودرجات الحرارة المرتفعة من بين أهم العوامل الخارجية المسرعة للشيخوخة الورقية (Wolfe *et al*., 1988 ; Guo *et al*.,1998) .

في القمح مثلا ، درجات الحرارة المرتفعة بعد الإزهار تحفز نشاط إنزيم الـProtease وتخفض نشاط إنزيم الـRubisco (Al Katib and Paulsen, 1985) .

جـ- عوامل بيئية آخرى :

الشيخوخة الورقية تحدث مع بدأ ظهور العجز في بعض المغضيات أو العناصر المعدنية مثل : الآزوت ، البوتاسيوم ، الفوسفور ، الصوديوم و الكلور . مثل هذه الأنواع من العجز تسرع شيخوخة الأوراق خاصة المسنة و تحفز حركية المغذيات المعدنية من النسج المسنة ونحو النسج الفتية أو حديثة النشأة أو التطور (Thomas and Stoddart, 1980 ; Marschner, 1986) .

بالإضافة إلى الإجهاد المائي ، درجات الحرارة المرتفعة ، ملوحة التربة أيضا تحفز الشيخوخة الورقية (Vieria Santos *et al*., 2001) .

أضف إلى ذلك ، بعض التغيرات البيئية مثل تزايد تركيز الأوزون و ثاني أكسيد الكربون تؤثر في النمو بشكل عام و في زمن حدوث الشيخوخة بشكل خاص (Pell *et al*., 1999) ، إن التعرض للأوزون يزيد من سرعة الشيخوخة من جهة و يخفض كمية الـRubisco من جهة أخرى (Pääkkönen *et al*., 1997) .

دراسات أجريت على نبات الدخان أظهرت أن النباتات المنماة تحت ظروف تراكيز عالية من ثاني أكسيد الكربون تبدأ فيها الشيخوخة الورقية مبكرا مقارنة بنباتات منماة تحت ظروف عادية من تركيز ثاني أكسيد الكربون (Miller *et al*., 1997 ; Ludewig and Sonnewald, 2000) .

3-2-3-2- العوامل الداخلية :

أ- الإيثلين (Ethylene) :

إن الخسارة في اليـــخضور تتزامن و إنتاج غزيـــر أو متزايـــد من الإيثيـــلين على مستوى الأوراق (Aharoni and lieberman, 1979) . إضافة الإيثلين من مصدر خارجي يحفز أو يعزز الشيخوخة الورقية ، إن هذا التأثير يتوقف على عمر أو سن الورقة حيث الأوراق الناضجة تستجيب بصورة أقوى مقارنة و الأوراق الفتية أو حديثة المنشأ (Grbic and Beecker, 1995) . يبدو أن الإيثيلين ينظم بداية الشيـــخوخة عند بعض مراحل تطور الورقة ، لكن ومع ذلك هو غيـــر ضروري لشيـــخوخة أوراق بعض الأنواع النباتية مثل : الطماطم (John *et al*., 1995) .

ب- السيتوكينين (Cytokinin) :

الإضافة الخارجية لبعض السيتوكينات مثل : Kinetins (Richmond and Lang, 1957) ، Dihydrozeatin ، Zeatin و Benzylaminopurine (BA) يبدوا أنها تؤخر نوعا ما الشيخوخة الورقية (Singh *et al*., 1992a) . دراسات أجريت على نبات الدخان أثبت من خلالها أن أوراق نبات الدخان التي حدثت بها الشيخوخة يمكن أن تستعيد اخضرارها من خلال قطع براعمها و معاملتها بـــBenzylaminopurine (BA) (Zavalet-Mancera *et al*., 1999) . أثبت أن تصنيع السيتوكينات يكون و بشكل رئيسي على مستوى الجذور ليتم نقله لاحقا نحو الأوراق (Van Staden *et al.,* 1988) ، من خلال التجارب المجرات على نبات الدخان وجد أن تصنيع السيتوكينات يتم أيضا على مستوى الأوراق الفتية (Singh *et al*., 1992b) ، مع ذلك فرط إنتاج أو تصنيع السيتوكينات على مستوى الجذر لا يحول دون شيخوخة الأوراق وبالتالي الإنتاج الموضعي للسيتوكينات على مستوى الأوراق يعتبر العامل الرئيسي في تنظيم الشيخوخة الورقية (Faiss *et al*., 1997) .

جـــ- هرمونات نباتية أخرى :

دور و وظيفة باقي الهرمونات النباتية خلال الشيخوخة الورقية درس و لكن بصورة أقل شمولا ، إلا أنه هناك بعض الهرمونات مثل : Abscisic acid (ABA) ، Jasmonates (JA) و Gibberellins(GA) وجد أن لها علاقة و الشيخوخة الورقية . وجد أن مستويات ABA تتزايد قبل أو خلال الشيخوخة الورقية لتتناقص مع المراحل الأخيرة للشيخوخة ، يظهر دور الـــ ABA في الشيخوخة من خلال مشاركته في تحطيم اليخضور و كذا كبح التخليق الحيوي له (Noodén, 1988) .

مستويات JA لم تقاس أثناء الشيخوخة الورقية ، إلا أن الحقن الخارجي بهذا الهرمون ينتج عنه تناقص كمية اليخضور وانخفاض تعبير الجينات ذات الصلة بالتركيب الضوئي (Creelman and Mullet, 1997) بالإضافة إلى الهرمونات المذكورة سابقا ، Auxins و Salicylic acid تساهم وإلى حد بعيد في تنظيم الشيخوخة الورقية (Clouse and Sasse, 1998 ; Morris *et al*., 2000) .

د- نواتج الأيض الأولي :

وجد أنه لنواتج الأيض الأولي على سبيل المثال الكربوهدرات تأثير على الشيخوخة الورقية ، حيث مستويات السكر تكون منخفضة لتتزايد مع تقدم مراحل تطور الورقة و بدأ الشيخوخة الورقية (Paul and Driscoll, 1997 ; Wingler *et al*., 1998) أيضا ، نسبة الآزوت تساهم وإلى حد بعيد في تأخير الشيخوخة الورقية (Pan *et al*., 1998) .

3-2-3- علاقة الشيخوخة بالمردود :

كما ذكرنا سابقا ، فإن للشيخوخة الورقية تأثير واضح على عضيات هامة في الخلية على رأسهم الصانعات الخضراء ، وكذا لها تأثير مباشر على إنزيمات لها علاقة و التركيب الضوئي . التركيب الضوئي من أهم العمليات الحيوية في النبات ، فهو يمتص الطاقة الضوئية و يحولها إلى روابط كيميائية لبناء مواد كربوهدراتية انطلاقا من الماء و ثاني أكسيد الكربون . المردود له علاقة إيجابية و التركيب الضوئي ، لذا فإن الانخفاض في عملية التركيب الضوئي الذي يسببه تطور الشيخوخة مع نهاية طور ملء الحب يعتبر العامل الأســـاسي المحدد لملء الحب (Pajevic *et al*., 1999) .

إن علاقة الارتباط الموجودة بين مساحة التركيب الضوئي خلال فترة ملء الحب و المردود عند القمح أثبتت في العديد من المناشير (Al Khatib and Paulsen, 1985 ; Spiertz *et al*., 1971)، علاقة الارتباط هذه تبين أن نشاط التركيب الضوئي خلال ملء الحب هو المحدد الرئيسي للمردود ، و التركيب الضوئي يزداد مع تأخر الشيخوخة الورقية التي تبدأ بعد عملية الإزهار ، كما أثبتت العديد من الدراسات أن الشيخوخة النهائية للأوراق تحدد المردود (Patterson and Moss, 1979 ; Mi et al.,1999) وجدت أيضا ارتبـــاطات معنوية بين سرعة الشيخـــوخة و وزن ألف حبة (Hafsi *et al*., 2000) ، دراسة الشيخوخة ترتكز على الورقة العلم ، لأنه ثبت أنها المصدر الأساسي للمواد الضرورية لملء الحب (Wardlow, 1990 ; Mogensen *et al*., 1994) .

معدل شيخوخة الورقة العلم عند العديد من الأنواع النباتية وجد أنه يتناسب سلبا و وزن ألف حبة كما في الأرز (Aleyar *et al*., 1995) و الذرى (Benziger *et al*., 1999 ,Borell and Douglas, 1996) . العديد من الدراسات التي أجريت على القمح ضمن ظروف الجفاف أثبتت أن المردود الحـــبي مرتبط و معدل سرعة الشيـــخوخة (Evans *et al*., 1969 ; Spiertz *et al*., 1971 ; Pajavic *et al*.,1999) .

3-3- مؤشر طيف الانعكاس الضوئي الورقي :

3-3-1- مفاهيم عامة حول الأشعة :

تقسم الأشعة الضوئية و على اختلاف أطوال موجاتها إلى أربعة مجموعات :

- الأشعة فوق البنفسجية : 0.20 – 0.39 ميكرون .
- الأشعة المرئية : 0.39 – 0.77 ميكرون .
- الأشعة قرب تحت الحمراء : 0.77 – 1.3 ميكرون .
- الأشعة تحت الحمراء : 4.00 – 100.00 ميكرون .

إن سقوط الأشعة الضوئية على جسم ما يؤدي إلى أن جزء من هذه الأشعة الساقطة يمتص ، آخر يخترق الجسم في حين الجزء الآخر منها ينعكس . إن نسبة الأشعة الإجمالية الممتصة إلى الأشعة الساقطة تسمى الأشعة الممتصة (Absorptance) ، في حين نسبة الأشعة الإجمالية المنعكسة إلى الأشعة الساقطة تسمى الأشعة المنعكسة (Reflectance) و نسبة الأشعة الإجمالية النافذة إلى الأشعة الساقطة تسمى الأشعة النافذة (Transmittance) . مقدار الأشعة النافذة ، الممتصة و المنعكسة يعتمد على الخصائص الفيزيـــائية للجسم ، وضع الجسم وكذا طـــول موجـــات الأشعة الســـاقطة . (Seigle and Howell, 2002)

3-3-2- العلاقة بين سلوك النبات والانعكاس الضوئي الورقي :

منذ 1960 أجريت العديد من الدراسات لتحديد الإجهادات النباتية باستعمال المعلومات التي يقدمها طيف الانعكاس الضوئي. نوعية الطيف الضوئي المنعكس من النبات تزودنا و إلى حد بعيد بمعلومات حول حالة النبات . حسب Carter and Knapp (2001) طيف الانعكاس الضوئي يزودنا بمعلومات حول الاستجابة الفيزيولوجية لظروف النمو و كذا تأقلم النبات اتجاه التغيرات البيئية .

الهدف من دراسة مؤشرات طيف الانعكاس هو إيجاد طرق تسمح بالتنبؤ بحالة النبات ، و أستعمل في هذه الدراسات أطوال موجية مختلفة ، حيث ظهر دور الماء و تأثيره على طيف الانعكاس ضمن مجال الطيف المرئي (0.39 – 0.77 ميكرون) ، كما أثبت أيضا أن الأشعة ضمن المجال المرئي و مجال الأشعة قرب تحت الحمراء تكون أكثر امتصاصا من طرف الصبغـــات اليخضـــورية و المـــاء . (Gausman *et al*., 1970)

3-3-3- العوامل المؤثرة في طيف الانعكاس الضوئي الورقي :

3-3-3-1- البنية الداخلية للورقة :

الدراسات الإحصائية أظهرت اختلاف في طيف الانعكاس الورقي فيما بين الأنواع لكن هذا الاختلاف يعتبر غير معنويا (Gausman *et al*., 1970 ; Sinclair *et al*., 1971) . وجد أيضا أن أوراق النباتات ثنائية الفلقة تعكس كمية اكبر من الإشعاع بالمقارنة مع أوراق النباتات أحادية الفلقة (Hoffer and Johanssen, 1969) ، فسر هذا الاختلاف إلى الفرق في البنية الداخلية للورقة . الاختلاف في طيف الانعكاس الورقي عند الشيخوخة و النضج يرجع إلى التغيرات الحاصلة في اليخضور و كذا التغيرات الحاصلة في ترتيب و توضع النسيج المتوسط للورقة . مع حدوث الشيخوخة الورقية نلاحظ تزايد في طيف الانعكاس الورقي ضمن مجال الأشعة المرئية و الذي يعزى إلى تفكك صبغات اليخضور(Knipling, 1967) .

3-3-3-2- خصائص سطح الورقة :

إن تواجد الأوبار الشعرية و كذا توضع مادة الشمع يؤثر و إلى حد بعيد في طيف الانعكاس الورقي . Gates and Tantraporn (1952) افترضوا أن الأوبار الشعرية تساهم في رفع الانعكاس الورقي ، إلا أن نتائج الأبحاث التي خصت دراسة الانعكاس الورقي عند طول الموجات المرئية لم توافق هذه الفرضية ، في حين الدراسات التي تخص الانعكاس الضوئي عند مجال الأشعة تحت الحمراء لم تحسم بعد . أجريت العديد من الدراسات على أصناف مختلفة من القمح الصلب تختلف فيما بينها من حيث وجود أو غياب glaucousness و تأثيره على طيف الانعكاس الورقي ، حيث وجد أن الأصناف الحاوية على glaucousness تعكس 12 % أكثر من الأصناف الخالية منه (Johnson *et al*., 1983) .

3-3-3-3- التغيرات الفيزيولوجية :

وجد أن أي اضطراب أو تغير فيزيولوجي في الورقة يؤدي إلى زيادة الانعكاس الورقي ضمن مجال الطيف المرئي (Knipling, 1970) . الانعكاس الورقي ضمن مجال الطيف المرئي في نبات الذرة يتزايد مع تزايد نقص المحتوى المائي للورقة (Hoffer and Johanssen, 1969) هذه النتائج تتوافق و التغير في شدة الامتصاص اليخضوري ، حيث أن التغيرات الحاصلة في المحتوى المائي للورقة تؤثر و بشكل سريع في الصبغات اليخضورية للورقة. Al Abbas *et al.* (1974) درسوا تأثير نقص بعض المغذيات المعدنية مثل : N , P , K , S , Ca , Mg في شدة الانعكاس الضوئي عند نبات الذرى هذا ما يثبت أن تناقص المحتوى اليخضوري يرفع في شدة الانعكاس الضوئي .

3-3-3-4- مراحل النمو :

طيف الانعكاس الورقي ضمن مجال الأشعة المرئية وتحت الحمراء يتأثر بهندسة المجموع الخضري (Canopy geometry) (Ahlirch and Bauer, 1982 ; Demetriades *et al.*, 1990) . على العموم النباتات الفتية تمتص اكبر كمية من الأشعة الفعالة للتركيب الضوئي ضمن مجال الأشعة المرئية في حين أنها تعكس أكبر كمية من الأشعة ضمن مجال الأشعة تحت الحمراء ، مع تطور مراحل نمو النبات تتشكل نسج جديدة إلا إن النسج البالغة يتناقص بها اليخضور ، أي يتغير لونها من الأخضر إلى الأصفر هذا التغير في اللون يرفع في الانعكاس الضوئي ضمن مجال الأشعة المرئية ويخفض الانعكاس الضوئي ضمن مجال الأشعة تحت الحمراء .

3-3-4- جهاز قياس طيف الانعكاس الضوئي الورقي :

قياس طيف الانعكاس الورقي يتم باستعمال جهاز محمول هو Spectroradiometer من خصائص هذا الجهاز أنه يتحسس الأشعة المنعكسة من المجموع الخضري ضمن مجال طول موجات ينحصر مابين 350 – 1100 نانومتر ، و بالتالي فهو يشمل مجال الأشعة المرئية و قرب تحت الحمراء . يتم تعديل أو ضبط الجهاز باستعمال ألواح بيضاء من الـــ Barium sulfate ($Ba\ So_4$) أو polyteteraflureothylene (PTFE) (Weidner and Hsia, 1981) . من خصائص هذه الألواح أنها تتميز بنسبة عاكسيه عالية تفوق 97 % من الأشعة الساقطة و التي ينحصر طول موجاتها ضمن 300 – 1600 نانومتر . قياس طيف

الانعكاس الورقي يتم خلال الفترة مابين 11:00 – 13:00 تحت ظروف مشمسة ، حيث قياس الانعكاس الورقي يتم في أربعة مناطق مختلفة من كل قطعة تجريبية .

جهاز التحسس الضوئي يأخذ شكل مسدس يوجه نحو القطعة و على بعد 40 – 50 سم تحول القراءات التي يقدمها الجهاز إلى نسب مئوية انطلاقا من المعادلة التالية (Elvridge and Chen, 1995)

$$\% \, Reflectance = \frac{(mV_{actual} - C_{dark})_{uncalibrated}}{(mV_{actual} - C_{dark})_{calibrated}} \times 100$$

mV_{actual} = القراءات التي يقدمها جهاز التحسس (ميلي فولت)

C_{dark} = مقدار التشويش (ميلي فولت)

3-3-5- الإجهاد النباتي و تأثيره على طيف الانعكاس الضوئي الورقي ضمن مجال الأشعة المرئية و قرب تحت الحمراء :

اليخضور المركب الرئيسي المؤثر في طيف الانعكاس الورقي ضمن مجال الأشعة المرئية ، و يعتبر الآزوت المكون الرئيسي لليخضور (Taiz and Zeiger, 2002) محتوى الأوراق من اليخضور له علاقة وطـــيدة و محـــتواها من الآزوت (Fillella *et al.,* 1995) . أقصى امتصاص للأشعة الحمراء يحدث ضمن المجال المحصور مابين 660 – 680 نانومتر (Curran, 1989) ، لكن تراكيز منخفضة من اليخضور بإمكانها تحقيق التشبع ضمن هذا المجال (Sims and Gamon, 2002) . لذلك ، قياس تركيز اليخضور يكون في غالب الأحيان ضمن المجال مابين 550 – 700 نانومتر ، و السبب هو أن تشبع هذه المجالات يكون عند تراكيز عالية من اليخضور الوثيقة 1 **(الملحق)** . النسيج المتوسط للورقة يعكس أكبر كمية من الأشعة ضمن مجال الأشعة قرب تحت الحمراء (Huete *et al*., 1984) . الوثيقة 1 تظهر تغير حاد في الانعكاس مابين 675- 750 نانومتر ، و الذي يعزى إلى الجمع مابين تأثير امتصاص اليخضور و توزعه في الورقة (Carter and Spiering, 2002) . هذا المجال من الطيف يسمى الحد الأحمر (Red edge) و يمكن استعماله لوصف أو تقييم حالة النبات (Horler *et al.,* 1983a ; Dawson and Curran, 1998) ، هذا

التغير الحاد في الانعكاس ضمن مجال الحد الأحمر (675-750 نانومتر) له عـــلاقة وتركيز اليخضور (Horler *et al.,* 1983b) .

3-3-6- مؤشرات طيف الانعكاس الضوئي الورقي :

الدراسات الحديثة أوحت بأن طيف الانعكاس الورقي يعتبر تقنية جديدة من أجل انتخاب أصناف جديدة من حيث المردود الحبي (Araus *et al*., 2001) . طيف الانعكاس الورقي يعتمد و بشكل أساسي على كمية الضوء الممتصة عند طول موجات معينة و التي تكون ذات صلة و بعض الخصائص الفيزيولوجية للنبات . طيف الانعكاس ضمن المجال المرئي (300 – 770 نانومتر) يعتمد و إلى حد بعيد على كمية الضوء الممتصة من طرف صبغة اليخضور و الصبغات المرافقة لها مثل الكاروتين و الأنثوسيانين . مقدار الانعكاس الضوئي عند طول الموجات المرئية يكون ضعيف والسبب الامتصاص العالي للضوء من طرف الصبغات ، في حين الانعكاس عند الموجات قرب تحت الحمراء (770 – 1300 نانومتر) يكون عال وذلك يرجع إلى الامتصاص الضعيف من طرف أنسجة الورقة (Knipling, 1970) . مؤشرات طيف الانعكاس مبنية على علاقات رياضية بسيطة مثل حاصل القسمة أو الفرق مابين مقدار الانعكاس المسجل عند طول موجتين مختلفتين (Araus *et al*., 2001) . مؤشرات طيف الانعكاس الورقي تستعمل لتقدير العديد من المؤشرات الفيزيولوجية منها : مؤشر المساحة الورقية ، سعة أو قدرة التركيب الضوئي وتركيـــز الصبغات الخضـــراء (Chapelle *et al*., 1992 ; Elliott and Regan, 1993) . الجدول 8 **(الملحق)** يوضح بعض مؤشرات طيف الانعكاس الأكثر استعمالا .

3-3-7- العلاقة مابين التغير اللوني في الورقة والانعكاس الضوئي الورقي :

التغير اللوني في المجموع الخضري (الأوراق) يعتبر ذو أهمية عالية عند العديد من الباحثين و العلماء و السبب في ذلك هو إمكانية اعتباره مؤشر مرئي للحالة الفيزيولوجية للنبات . قبل استعمال آلات التصوير الرقمية ، تحديد الحالة الفيزيولوجية للنبات كان يتم بطرق بسيطة تعتمد على جداول أو مقايـــيس مرئية لتحديد اختلافات ألوان المجموع الخضري (Townsend and McIntosh, 1993) ، إلى حدا ما تعتبر هذه الطريقة غير موضوعية لعدم دقة الجداول التي تصف تدرج اختلاف الألوان في الورقة (Sibley *et al*.,1995 ; Innes *et al*., 1996) ، إن الطرق الدقيقة التي تهتم بتحليل التغير اللوني في

الورقة تسمح و بشكل مباشر بتقدير أو قياس المحتوى اليخضوري وكذا قياس الخصائص الطيفية للورقة (الانعكاس و الامتصاص) ، و بعض التغيرات الحاصلة في الصبغات اليخضورية نتيجة التعرض إلى بعض الإجهادات البيئية مثل الشدة الضوئية العالية (Merzlyak and Chivkunova, 2000) ، التعرض للأشعة فوق البنفسجية (Dixon *et al*., 2001) الإجهاد المائي (Ommen *et al*., 1999) و درجـــات الحرارة المنخفضة (Pietrini *et al*., 2002) يمكن تقديرها باستعمال أجهزة دقيقة و متطورة ، من محاسن هذه التجهيزات أنها سهلت النقل و الاستعمال و يمكن من خلالها تقدير التغيرات الحاصلة في الصبغات اليخضورية مباشرة في الحقل إلا أنه من سلبياتها أنه أجهزة جد مكلفة ولا تكون في متناول جميع الباحثين و مربو النبات ، لذلك كان لاستعمال الصور الرقمية دور كبير لتفادي مثل هذه العقبات . ولابد من الإشارة أن التغير اللوني للأوراق يمكننا من تتبع تغير شدة الانعكاس الضوئي الورقي خلال المراحل الأخيرة من حياة الورقة .

4- مواد وطرق العمل

4-1- الموقع التجريبي :

تمت الدراسة خلال الموسم الزراعي 2009/2008 ضمن الحقول التجريبية التابعة للمعهد التقني للمحاصيل الكبرى (ITGC) سطيف (5°20' شرقا و 36°8' شمالا و على ارتفاع 958 متر فوق سطح البحر) ، تتميز هذه المنطقة بمناخ شبه جاف إلى جـــاف متذبذب الأمطار شديد البرودة شتاءا و شديد الحرارة صيفا (Baldy, 1974) . يصل عمق تربة الموقع التجريبي إلى حوالي 0.60 متر ، حيث إجراء مقطع جيولوجي مكننا من تمييز ثلاث أفق يصل عمق كل أفق إلى 0.20 متر التحليل المخبري سمح لنا بتحديد بعض خصائص كل أفق كما يوضحه الجدول 7 **(الملحق)** .

4-2- التصميم التجريبي :

التصميم التجريبي المعتمد خلال هذه الدراسة هو التصميم العشوائي بالأجنحة ، حيث يضم هذا الأخير خمس أجنحة ، خصص فيها جناح كامل لإجراء القياسات التجريبية (الشيخوخة و الانعكاس الضوئي..). مساحة كل قطعة أرضية (Plot) قدرت بـــ 6 م^2 حيث تضم كل قطعة ستة صفوف المسافة بين كل صف و آخر تقدر بـــ 0.20 متر ، طول القطعة الأرضية 5 متر و عرضها 1.20 متر .

عدلت كثافة الزرع لتساوي 300 حبة / م^2 . المسافة الفاصلة بين كل قطعة أرضية و أخرى قدرت بـــ 40 سم في حين المسافة بين كل جناحين متوازيين قدرت بـــ 1.50 م و الوثيقة 2 **(الملحق)** توضح ذلك ، لابد من الإشارة إلى أن الجناح رقم 5 يتضمن تحت جناحين كما توضحه الوثيقة 2. تم الزرع بتاريخ 1 ديسمبر 2008 في حين الحصاد كان بتاريخ 24 جوان 2009 . زودت القطع الأرضية للحقل التجريبي بالسماد المعدني SULFAZOT (26% N , 12% S) بتركيز 120 كغ /هـــ و ذلك خلال المراحل الأولى من عملية الإشطاء . كمـــا تم ازالت الأعشاب الضارة كيميائيا بإضافة نوعين من مبـــيدات الأعشاب أحدهما خاص بالأعشاب الضارة أحاديـــة الفلقة وهو TOPIC بتـــركيز 0.75 لتر/ هـــ و الثاني خاص بالأعشاب الضارة ثنـــائية الفلقة GRANSTAR بتـــركيز 15 غ / هـــ .

4-3- المادة النباتية و برامج المحاكاة :

4-3-1- المادة النباتية :

تضمنت الدراسة عشرة أصناف مختلفة من القمح الصلب ، تختلف عن بعضها البعض في العديد من الخصائص كالمردودية و التبكير . منها أصناف محلية و أخرى محسنة ضمن برنامج (CIMMYT/ICARDA) لتحسين القمح الصلب ، و الجدول 9 **(الملحق)** يوضح اسم و أصل كل صنف من الأصناف العشرة المنتقاة .

4-3-2- برنامج المحاكاة Budget :

برنامج المحاكاة Budget (Raes, 2004) أستعمل من قبل في تونس و يستعمل للمرة الثانية في الجزائر . صمم هذا البرنامج سنة 2004 على مستوى كلية العلوم و علوم البيولوجيا التطبيقية لجامعة Leuven البلجيكية هذا البرنامج يمكن تحميله مجانا انطلاقا من الموقع الإلكتروني التالي: www.iupware.be . يحتوي Budget على قاعدة معطيات (Database) ثابتة ذات صلة و بعض الأنواع من المحاصيل ، الترب و البيئات ، تسمح هذه الأخيرة بإجراء محاكاة منطقية و مقبولة من الناحية العلمية . هذا البرنامج يمكننا من محاكاة سلوك أو حالة الماء في التربة و كذا تطور دورة حياة المحصول .

يسمح أيضا هذا البرنامج بحساب المركبات الرئيسية للميزان المائي (Water Balance) للتربة و كذا التنبؤ بفترات الإجهاد المائي ونسب التناقص في المردود جراء الإجهاد المائي . هناك برنامج آخر مرافق للبرنامج Budget ألا و هو ET_o و النسخة المستعملة خلال هذه الدراسة هي ET_o (2000) يسمح هذا الأخير بتقدير Reference evapotranspiration (ET_o) (mm) انطلاقا من علاقة Penman Montheil (1990) المعدلة و الموصى بها من طرف FAO (1998) ، حيث يعتبر ET_o وسيط هام بالنسبة للبرنامج Budget بالإضافة إلى ثلاث وسائط أخرى ألا وهي التساقط ، التربة و نمط أو نوع المحصول . لقد قمنا أيضا خلال هذه الدراسة بتتبع تغير رطوبة التربة بالنسبة لكل أفق و ذلك خلال كل عشرة أيام ، حيث توزن العينات و هي رطبة (FW) ثم يعاد وزنها بعد أن تجفف (DW) في فرن درجة حرارته 80° م ولمدة 48 ساعة لحساب رطوبة التربة وفق العلاقة التالية :

$$Hs\ \% = [\ (FW - DW) / DW]\ \ x\ 100$$

4-3-3- برنامج تحليل الصور الرقمية IPP :

يعتبر البرنـــامج IPP (Image Pro Plus) برنامج جد متطور ، يضم العديد من أدوات تحليل الصورة الرقمية . هذا البرنـــامج قابل للاستعمـــال و حسب الحاجة من طرف العديـــد من التخصصات العلمية ، لقد خضع هذا البرنامج للعديد من التغيرات ويرجع ذلك لعمليات البحث والتطوير التي خص بها هذا الأخير . أستعمل خلال هذه الدراسة **Image Pro Plus , Version 4 , Media Cybernetics , Silver Spring ,MA,USA** من أجل تقدير نسبة الشيخوخة الورقية ، حيث لهذا الأخير نظام ألي لقياس المساحة الورقية ، حيث توافق الشيخوخة الورقية (S) نسبة "رمادي/ أحمر " من الصورة (Adamsen *et al*., 1999) ، تعتمد هذه العملية على تصوير الورقة العلم مباشرة على ورقة بيضاء بين الساعة **11:00 – 13:00** (التوقيت الشمسي) بآلة تصوير رقمية ملونة (Canon , PowerShot A460 , AiAF , CHINA) ، بعد ذلك تخزن الصور وفق نظام JPEG (Joint Photographic Expert Group) لتحول مباشرة نحو الحاسوب ليتم معالجتها باستعمال IPP و تقدير نسبة الشيخوخة عنـــد الأصناف العشرة من القمح الصلب ، تـــقدير الشيـــخوخة الورقيـــة كان وفقا لطريقة انتهجها Hafsi بتـــصرف (Hafsi *et al*., 2000) .

بلغ عدد المتابعات الميدانية للشيخوخة أثنى عشرة متابعة حيث يعبر عن تواريخ القياس بمجموع درجات الحرارة المتراكمة بعد الإزهار ($\Sigma t_1 - \Sigma t_{12}$) و النسب المئوية للشيخوخة الموافقة لهـــا ($S_1 - S_{12}$) الوثيقتين 3 – 4 توضحان ذلك **(النتائج)** ، و بالاعتماد على نفس البرنامج (IPP) قمنا بتقدير نسبة الانعكاس الضوئي الورقي و ذلك أيضا بتصوير الورقة العلم مباشرة على مساحة بيضاء بين الساعة **11:00 – 13:00** (التوقيت الشمسي) بنفس آلة التصوير و تخزن الصور وفق نظام JPGE لتحول مباشرة نحو الحاسوب ليتم معالجتها بعد أن تحول الصور على مستوى البرنامج إلى اللون الرمادي (Gray scale 8) لتسهيل عملية المعالجة الرقمية للصور . بلغ عدد المتابعات الميدانية للانعكاس الضوئي الورقي ثمانية متابعات حيث يعبر عن تواريخ القياس بمجموع درجات الحرارة المتراكمة بعد الإزهار ($\Sigma t_1 - \Sigma t_8$) و النسب المئوية للانعكاس الضوئي الورقي الموافقة لها ($R_1 - R_8$) و الوثيقتين 5 – 6 توضحان ذلك **(النتائج)** .

4-3- القياسات التجريبية :

كما ذكرنا سابقا فإن التصميم المتبع خلال هذه الدراسة هو التصميم العشوائي بالأجنحة ، حيث يضم كل جناح عشرة قطع أرضية (Plots) بعدد الأصناف العشرة المنتقاة ، أنشأنا على مستوى كل قطعة أرضية أربعة محطات قياسية (Stations) طول كل محطة قياسية 1 متر موزعة بشكل عشوائي يتم على مستواها إجراء مختلف القياسات اللازمة للدراسة .

4-3-1- الخصائص الفينولوجية و المرفولوجية :

- استعمل تاريخ ظهور 50 % من سنابل كل محطة قياسية ثم متوسط المحطات الأربعة بالنسبة لكل قطعة أرضية لحساب عدد الأيام من الزرع و حتى التسبيل (DH) .

- طول الساق مقاس بالسنتيمتر (HP) انطلاقا من سطح التربة و حتى السنيبلة النهائية حيث اعتمدنا في ذلك على قياس طول خمسة أفراد منتقاة وبشكل عشوائي من كل محطة قياسية أي في المجموع 20 نبتة بالنسبة لكل قطعة أرضية .

4-3-2- الخصائص الزراعية :

- يحسب عدد السنابل في المتر المربع (NS/m^2) بالاعتماد على المحطات القياسية وفق العلاقة التالية: عدد السنابل الإجمالي في المحطات الأربعة / 4 x المسافة بين صف و آخر ، للحصول على عدد السنابل في المتر المربع الواحد بالنسبة لكل قطعة أرضية .

- عدد الحب في السنبلة الواحدة (NG/S) يحسب انطلاقا من سحب خمسة سنابل من كل محطة قياسية بعد حصادها يدويا ، تدرس السنابل يدويا أيضا بعد ذلك نحسب متوسط عدد الحب في المحطات الأربعة للحصول على عدد الحب في السنبلة الواحدة بالنسبة لكل قطعة أرضية ؛ قمنا أيضا بحساب عدد الحب ضمن المتر المربع الواحد (NG/m^2) بالاعتماد على القياسات السابقة .

- وزن ألف حبة (TKW) يحسب انطلاقا من العينات الناتجة من حساب عدد الحب في السنبلة الواحدة ، حيث يتم وزن 250 حبة ثم الضرب في أربعة للحصول على وزن ألف حبة بالنسبة لكل قطعة أرضية .

- الكتلة الحيوية (BIO) تحسب بعد حصاد المحطات القياسية يدويا ووزن كل محطة قياسية على حدى ، متوسط وزن المحطات القياسية الأربعة يعبر عن الكتلة الحيوية ضمن المتر المربع الواحد .

- المردود الحبي (GY) يحسب انطلاقا من وزن الحب الناتج من الحصاد الآلي لكل قطعة أرضية على حدى .

- يحسب مؤشر الحصاد (HI) وفق العلاقة التالية : $HI = (GY / BIO) \times 100$.

4-3-3- الخصائص الفيزيولوجية :

- المحتوى المائي النسبي (RWC) يعبر عن الحالة المائية للنبات و يتم تقديره وفق طريقة بسيطة تعتمد على تقدير المحتوى المائي للورقة العلم وفق طريقة انتهجها Turner (1981) . حيث قمنا بقطع خمسة أوراق من كل صنف من الأصناف العشرة توزن مباشرة بعد القطع لتقدير الوزن الرطب (FW) ثم تغمر في الماء لمدة ثلاث ساعات من أجل تقدير الوزن عند التشبع (TW) بعد ذلك توضع في فرن درجة حرارته 80 °م و لمدة 24 ساعة من أجل تقدير الوزن الجاف (DW) . كررت العملية أربعة مرات (16 ماي ، 23 ماي ، 1 جوان ، 7 جوان) ، بعد ذلك يحسب المحتوى المائي وفق العلاقة التالية :

$$RWC = (FW - DW) / (TW - DW) \times 100$$

- المحتوى اليخضوري الكلي (CHL) يتم تقديره باستعمال جهاز الـــ SPAD(SPAD, Minolta 5.1) كررت العملية خمسة مرات (25 ماي ، 27 ماي ، 31 ماي ، 4 جوان ، 8 جوان) .

- ملء الحب (GF) يتم تتبعه من خلال سحب خمسة سنابل من كل صنف من الأصناف العشرة المدروسة توضع في فرن درجة حرارته 80 °م و لمدة 48 ساعة بعد ذلك تدرس السنـــــابل يدويا و يقدر وزن 100 حبة لكل صنف من الأصناف العشرة المدروسة ليتم لاحقا تقدير وزن حبة واحدة من خلال العلاقة التالية : وزن حبة واحدة = الوزن الإجمالي لمائة حبة / 100

- الشيخوخة الورقية (S) يتم تقديرها انطلاقا من تصوير الورقة العلم لكل صنف من الأصناف العشرة و على مساحة بيضاء باستعمال آلة تصوير رقمية حيث تخزن الصور في نظام JPEG لتحول مباشرة نحو الحاسوب ليتم معالجتها باستعمال البرنامج IPP وتقدير نسبة الشيخوخة الورقية لكل صنف من الأصناف العشرة المدروسة .

- الانعكاس الضوئي الورقي (R) يتم تقديره أيضا بالاعتماد على الصور الرقمية للورقة العلم و التي يتم معالجتها بنفس البرنامج للحصول على نسبة الانعكاس الضوئي الورقي لكل صنف من الأصناف العشرة المدروسة .

4-4- التحليل الإحصائي :

المعالجة الإحصائية للمعطيات كانت باستعمال البرنامج Sigmastat 3.5 و البرنامج CoStat 6 في حين انشأ الوثائق (المنحنيات) كان باستعمال البرنامج OriginPro 8 .

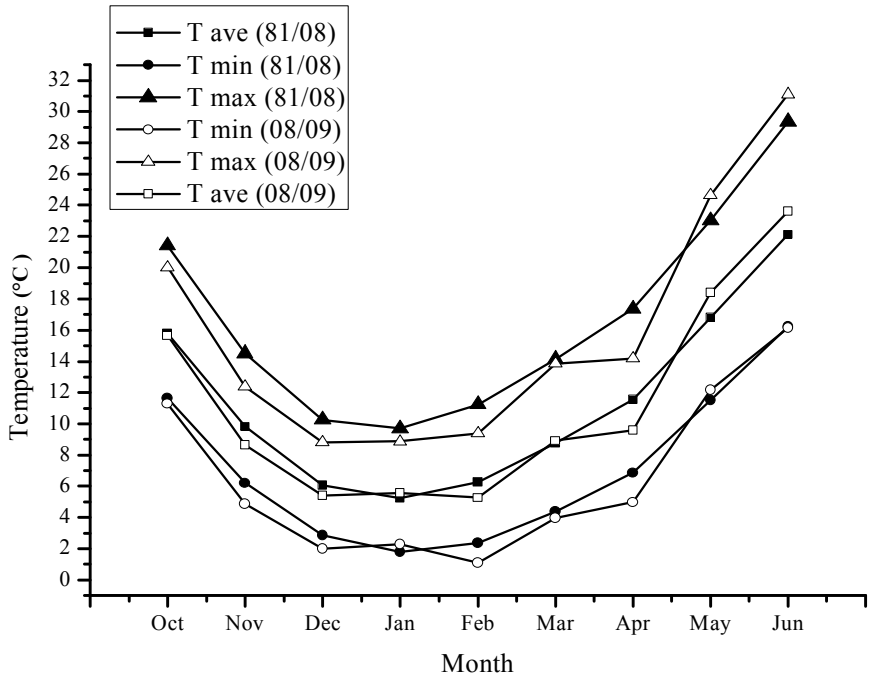
5- النتـــائج

5-1- تغيرات المؤشرات المناخية :

5-1-1- درجات الحرارة :

سجلنا عدم وجود اختلاف كبير في درجات الحرارة الدنيا ، القصوى والمتوسطة مابين الموسم الزراعي2009/2008 و الفترة الممتدة مابين 2008/1981 (الوثيقة 7) ، حيث نلاحظ تطابق تام في درجات الحرارة الدنيا و القصوى خلال شهر أكتوبر ، ونسجل أيضا تطابق آخر في درجات الحرارة الدنيا ، القصوى و المتوسطة خلال شهر مارس . خلال الموسم الزراعي 2009/2008 أدنى درجات حرارة سجلت خلال الأشهر جانفي ، فيفري و مارس و كانت دون الصفر و هي – 2.3 ، – 2.6 و – 2.9°م على التوالي .

خلال شهر مارس عدد الأيام التي سجلنا فيها درجات حرارة دون الصفر بلغ أربعة أيام و تراوحت فيها درجات الحرارة مابين – 0.3 و – 2.9°م ، في شهر أفريل أدنى درجة حرارة سجلت بلغت – 0.3°م وكانت ليوم واحد فقط أما أقصى درجة حرارة سجلت خلال هذا الشهر بلغت 21.3°م . تراوحت درجات الحرارة القصوى خلال هذا الموسم مابين 8.82°م في ديسمبر إلى 31.1°م في جوان الجدول 31 **(الملحق)** يوضح ذلك .

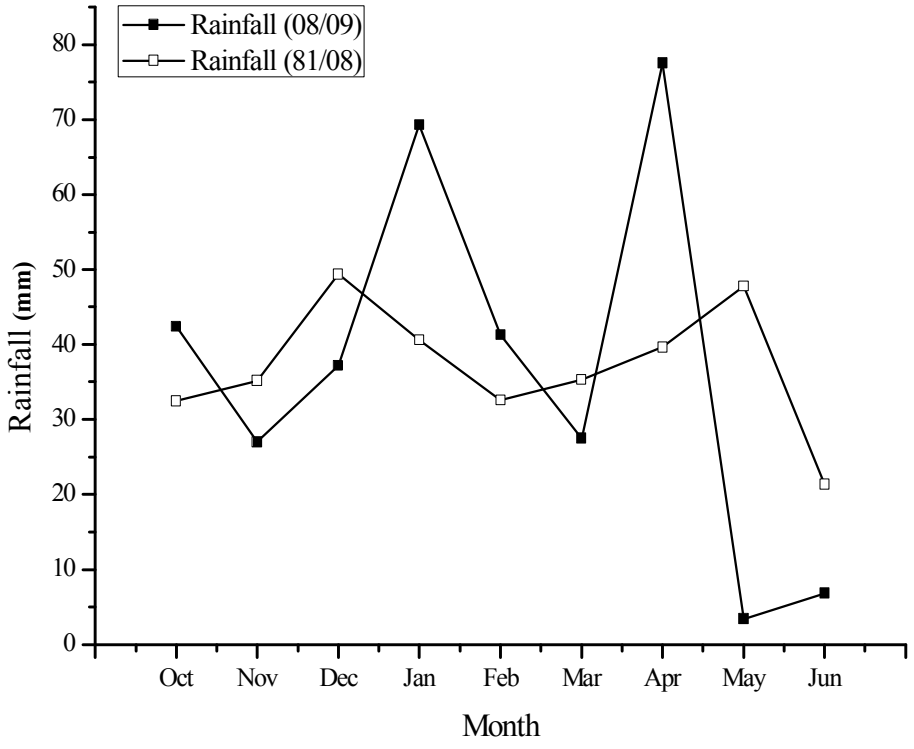


الوثيقة 7 : منحنى تغير متوسط درجات الحرارة الشهرية خلال الفترة 2008/1981 والموسم الزراعي 2009/2008

5-1-2- التساقط :

مقارنة التساقط من حيث الكمية و التوزيع تظهر اختلاف واضح بين الموسم الزراعي 2009/2008 والفترة الممتدة مابين 2008/1981 (الوثيقة 8) . كما توضحه الوثيقة أيضا أقصى كمية تساقط خلال الموسم الزراعي 2009/2008 كانت خلال شهري جانفي و أفريل في حين أقصى كمية تساقط لوحظت خلال شهري ديسمبر و ماي و ذلك خلال الفترة الممتدة مابين 1981 / 2008 .

قدر إجمالي التساقط خلال الموسم الزراعي 2009/2008 بـــ 332.40 مم ، حيث سجل تساقط جد معتبر للثلوج خلال شهري ديسمبر و جانفي و بلغ عدد الأيام التي تساقطت فيها الثلوج خلال الشهرين معا عشرة أيام ، كما تكرر أيضا تساقط الثلج خلال فيفري ، مارس و أفريل . بلغت أقصى كمية تساقط خلال الموسم الزراعي 2008 / 2009 : 69.3 و 77.5 مم وذلك خلال شهري جـــانفي و أفريل على التوالي ،كما سجل أيضا شهري ماي وجوان أدنى كمية تساقط بلغت 3.4 و 6.8 مم على التوالي مع غياب تام لرياح السيروكو خلال هذا الموسم .

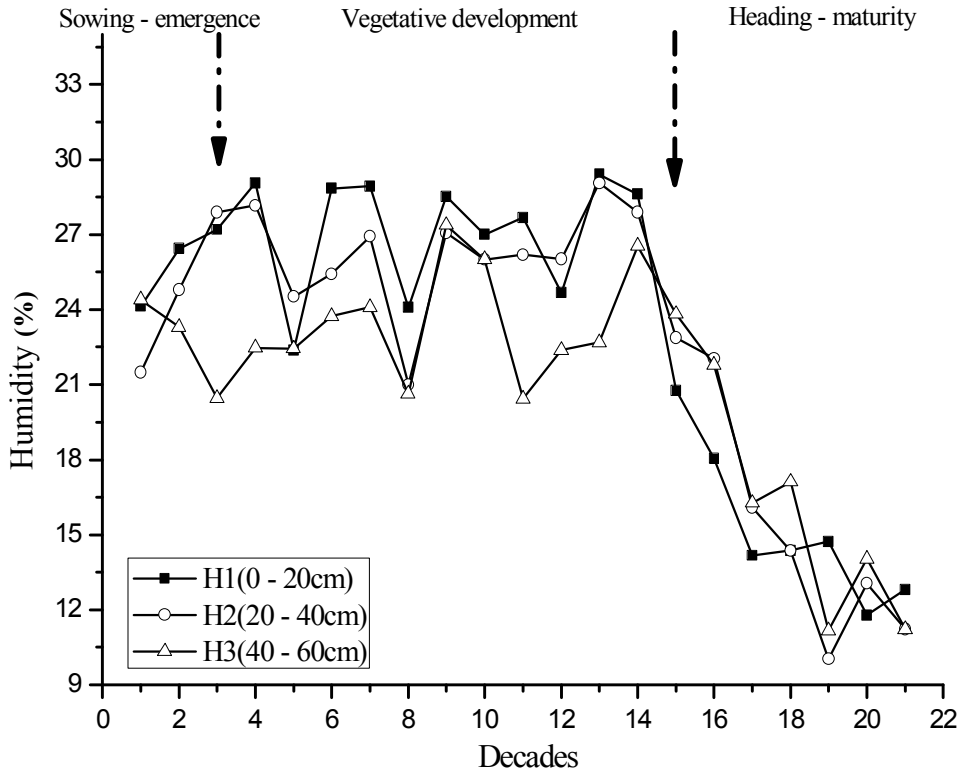


الوثيقة 8 : منحنى تغير التساقط الشهري خلال الفترة 2008/1981 والموسم الزراعي 2009/2008

2-5- رطوبة التربة :

الوثيقة 10 تظهر تغير واضح في رطوبة التربة ضمن الأفق الثلاثة حيث تراوح هذا التغير مابين 11.23% و 29.41 % يعزى في أغلب الحالات هذا التغير إلى التأثير المتبادل مابين عوامل المناخ (درجة الحرارة ، التساقط والرياح) و المراحل المختلفة لتطور المحصول .

الوثيقة 11 **(المناقشة)** توضح التغير الإجمالي للمحتوى المائي للتربة خلال الأفق الثلاثة معا و هذا التغير محصور ضمن نقطتي رطوبة هامتين جدا و هما نقطة السعة الحقلية و نقطة الذبول الدائم ، الوثيقة 11 توضح انخفاض رطوبة التربة إلى ما دون نقطة الذبول الدائم و لمرتين ، لكن الأخيرة أكثر تأثيرا في المردود لأنها تتوافق و مرحلة هامة جدا في دورة تطور المحصول ألا وهي مرحلة التسبيل و التي تليها مباشرة عملية ملء الحب و بالتالي تعرض المحصول لإجهاد مائي .



الوثيقة 10: تغير رطوبة التربة ضمن الأفق الثلاثة خلال الموسم الزراعي 2008 / 2009

3-5- الخصائص الفينولوجية :

تاريخ التسبيل يستعمل في معظم الحالات كمؤشر دال عن التبكير ، و يعتبر عامل جد مؤثر في مردود الحبوب خاصة ضمن المناطق التي يؤثر فيها توزيع التساقط و تغير درجات الحرارة في طول دورة تطور المحصول (Hadjchristodoulou, 1987) .

طول دورة تطور الأنماط الوراثية المختبرة تراوح مابين 187 و 191 يوم ، حيث و استنادا إلى نتائجنا ونتائج دراسات أخرى حاولنا التميز بين الأنماط الوراثية المبكرة والأنماط الوراثية المتأخرة :

- أنماط وراثية مبكرة (المدة مابين الزرع و 50 % من التسبيل كانت أقل من 158 يوم) وهي : Altar و Méxicali .

- أنماط وراثية متوسطة التبكير (المدة مابين الزرع و 50 % من التسبيل كانت أقل من 162 يوم) وهي: Sooty ، Dukem ، Kucuk , Waha و Hoggar .

- أنماط وراثية متأخرة (المدة مابين الزرع و 50 % من التسبيل تساوي 164 يوم) وهي : OuedZenati و Polonicum .

- هناك استثناء بالنسبة للنمط الوراثي Bousselem حيث سجل 158 يوم ، إلا أن هذا الأخير وحسب العديد من الدراسات يعتبر صنف شبه متأخر (Boufenar et Zaghouane, 2006) .

الجدول 10 : المراحل الفينولوجية المدروسة

Genotype	50% Emergence (Days)	100% Emergence (Days)	50% Heading (Days)	100% Heading (Days)	Maturity (Days)	Sowing - 50% Heading(Days)
OuedZenati	28	37	136	139	24	164
Altar	29	41	129	133	24	158
Sooty	27	37	134	137	23	161
Polonicum	28	37	136	139	24	164
Waha	28	37	132	135	24	160
Dukem	28	37	133	136	25	161
Mexicali	27	40	130	133	27	157
Kucuk	27	37	135	138	24	162
Hoggar	27	37	133	136	26	160
Bousselem	27	37	131	135	25	158

5-4- المردود و مركباته :

5-4-1- المردود الحبي (GY) :

تراوح متوسط المردود الحبي في الأصناف العشرة المدروسة مابين 22 ق / هـــ و 31.93 ق / هـــ ، حيث سجلت أدنى قيمة عند الصنف المحسن Dukem و أقصى قيمة لوحظت أيضا عند الصنف المحسن Méxicali . تحليل التغير أظهر وجود فرق معنوي مابين الأصناف و مقارنة المتوسطات مكنتنا من تمييز ثلاث مجموعات متجانسة من حيث المردود والجدول 11 يوضح ذلك .

5-4-2- الخصوبة أو عدد الحب في السنبلة (NG/S) :

تحليل التغير أظهر وجود فرق معنوي مابين الأصناف من حيث عدد الحب في السنبلة ، حيث الصنف المحسن Sooty كان أكبر الأصناف خصوبة و سجل 39.47 حبة / السنبلة ، في حين الصنف المحلي OuedZenati كان أقل الأصناف خصوبة و سجل 28.41 حبة / السنبلة (الجدول 11) .

5-4-3- عدد السنابل في المتر المربع (NS/m^2) :

تحليل التغير أظهر وجود فرق معنوي مابين الأصناف المدروسة من حيث عدد السنابل في المتر المربع و كما يوضحه الجدول 11 ، فإن الصنف الذي سجل أكبر عدد من السنابل في المتر المربع هو الصنف المحسن Kucuk 336.25 ، في حين أدنى قيمة لوحظت عند الصنف المحلي Polonicum 244.06 ، بينما الصنف Bousselem والذي يعتبر صنف شبه متأخر سجل 327.18 سنبلة / $م^2$.

5-4-4- وزن ألف حبة (TKW) :

تحليل التغير أظهر وجود فرق معنوي مابين الأصناف المدروسة من حيث وزن ألف حبة .
الأصناف المحلية OuedZenati ، Polonicum و Bousselem سجلت أكبر الأوزان وهي على التوالي 47.8 ، 41.9 و 39.2 غ ، في حين أدنى قيمة لوحظت عند الصنف المحسن Waha و قدرت بـــ 28.9 غ (الجدول 11) .

5-4-5- مؤشر الحصاد (HI) :

مؤشر الحصـــاد والذي هو عبـــارة عن النسبة بين المردود الحبي و الكتلة الحيويـــة (Donalds *et al*., 1976) ، يمكن تحسينه إما من خلال تحسين وزن الحب و/أو عدد الحب في السنبلة (Passioura, 1977) . هناك اختلاف معنوي في مؤشر الحصاد من صنف إلى آخر ، حيث الصنفين Hoggar و Altar سجلا أعلى قيم و هي على التوالي 39.8 % و 39.5% في حين أدنى قيمة لمؤشر الحصاد لوحظت عند الصنف المحلي OuedZenati وقدرت بـــ 27.5 % .

5-4-6- الكتلة الحيوية و طول النبات (HP) , (Bio) :

تحليل التغير أظهر وجود فرق معنوي بين الأصناف من حيث الكتلة الحيوية و طول النبات ، حيث الصنف المحلي OuedZenati سجل في كلا الحالتين أقصى القيم (الجدول 11) . ما يميز الأصناف المحلية عن الأصناف المحسنة هو طول القصب حيث تراوح في هذه الأخيرة مابين 64 و 73 سم في حين الأصناف المحلية تراوح فيها طول القصب مابين 76 و 102 سم هذا من جهة ومن جهة أخرى الأصناف المحلية سجلت أعلى القيم من حيث الكتلة الحيوية ، باستثناء الصنف المحسن Méxicali والذي قدرت كتلته الحيوية بـــ 86.43 ق / هـــ وهي أعلى من الكتلة الحيوية للصنف المحلي Polonicum و التي قدرت بـــ 78.62 ق / هـــ .

الجدول 11 : مقارنة متوسطات المردود و مركباته حسب اختبار Newman et Keuls

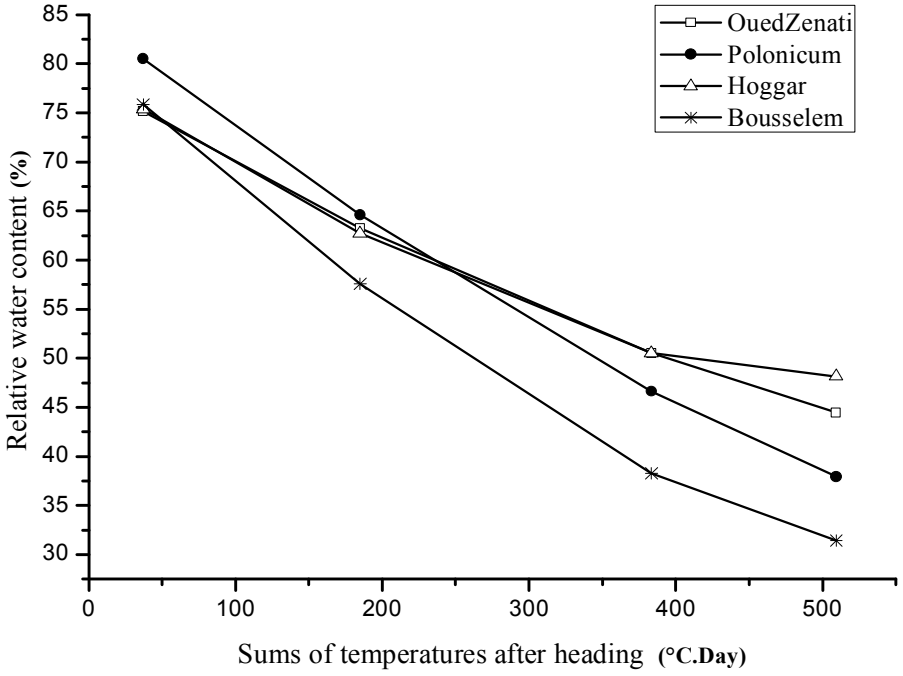
Genotype	GY (Qx/ha)	NG/S	NS/m²	NG/m²	TKW(g)	Bio (Qx/ha)	HP (cm)
Oued Zenati	25,50(bc)	28,41(b)	238,44(b)	6774,34(a)	47,8(a)	91,05(a)	102,13(b)
Altar	29,31(ac)	35,23(cd)	271,87(ab)	9564,77(bc)	37,7(bcd)	72,87(bca)	70,68(d)
Sooty	26,56(bc)	39,47(a)	271,56(ab)	10745,6(c)	30,2(e)	69,12(c)	73,28(cd)
Polonicum	24,68(bc)	33,96(d)	244,06(b)	8254,13(ab)	41,9(b)	78,62(abc)	101,52(b)
Waha	26,93(bc)	38,67(ac)	294,68(ab)	11386,06(c)	28,9(e)	77,59(abc)	70,98(d)
Dukem	22,00(b)	35,15(cd)	309,06(ab)	10819,34(c)	29,2(e)	62,37(c)	64,53(a)
Méxicali	31,93(a)	35,33(cd)	312,81(ab)	11045,47(c)	35,1(cde)	86,43(ab)	73,08(cd)
Kucuk	26,50(bc)	34,43(d)	336,20(a)	11560,27(c)	32,6(de)	75,56(abc)	71,33(d)
Hoggar	29,68(ac)	35,65(cd)	319,68(a)	11364,31(c)	34,4(cde)	74,62(abc)	72,79(cd)
Bousselem	29,81(ac)	29,61(b)	327,18(a)	9687,81(bc)	39,2(bc)	87,43(ab)	76,25(c)

Mean within columns with different letters are significantly different at 5%

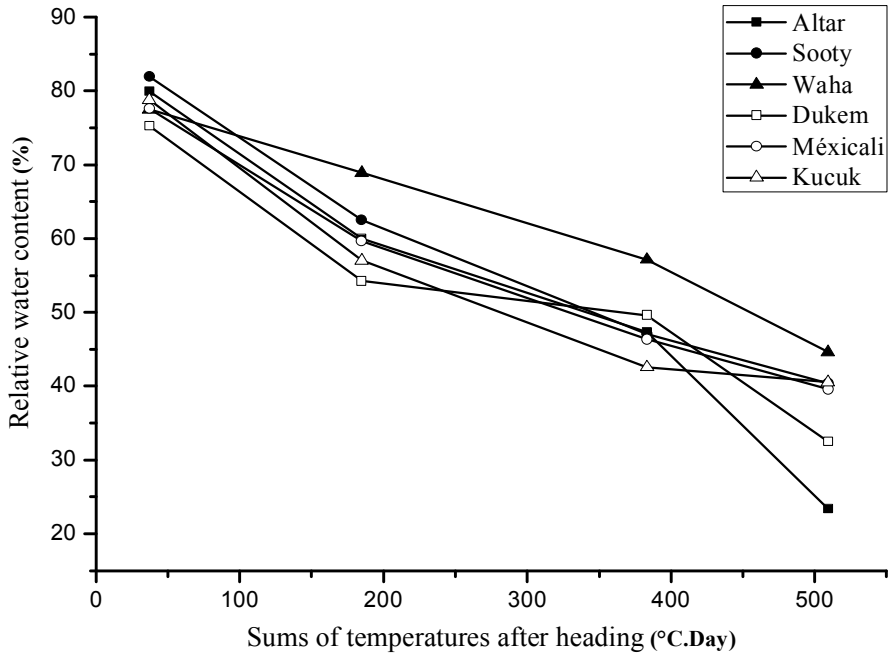
5-5- الخصائص الفيزيولوجية :

5-5-1- المحتوى المائي النسبي (RWC) :

الإجهاد المائي يؤثر سلبا في المحتوى المائي النسبي للنبات ، تتبع تغير المحتوى المائي النسبي بعد عملية التسبيل موضح ضمن الجدول 12 **(المناقشة)** و الذي مكننا من إنشاء الوثيقتين 12 و 13 ، التي توضح تغير المحتوى المائي النسبي بدلالة درجات الحرارة المتراكمة بعد التسبيل ، حسب Haung *et al* (1998) التناقص التدريجي في المحتوى المائي دليل على تزايد مستويات الإجهاد المائي .



الوثيقة 12: تغير المحتوى المائي النسبي بدلالة درجات الحرارة المتراكمة بعد التسبيل

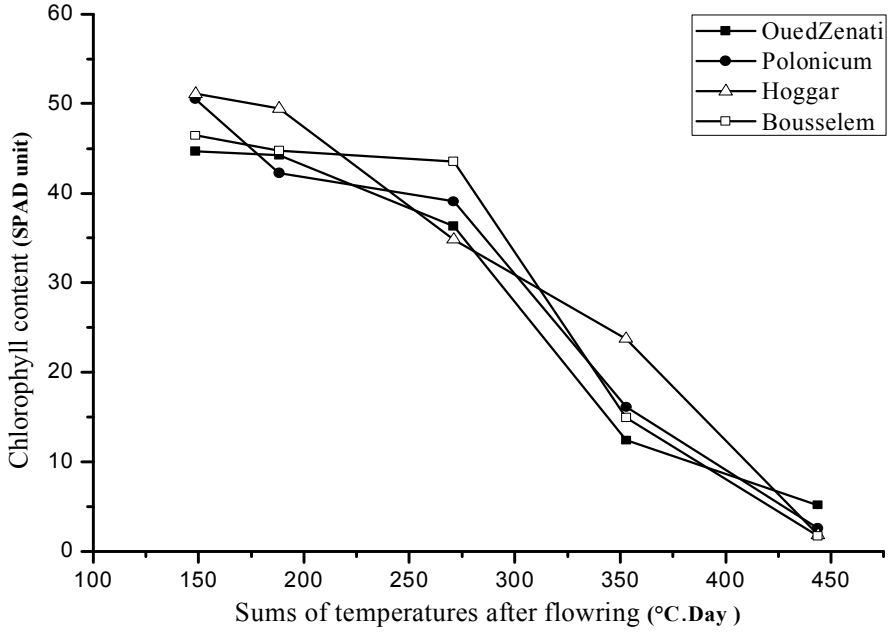


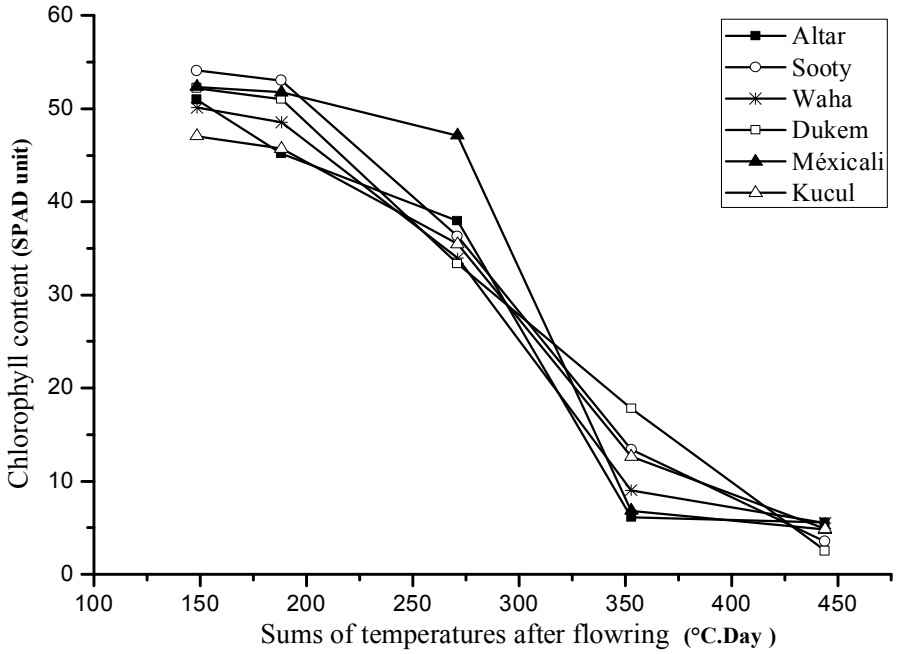
الوثيقة 13 : تغير المحتوى المائي النسبي بدلالة درجات الحرارة المتراكمة بعد التسبيل

5-5-2- المحتوى اليخضوري الكلي (CHL) :

متوسط المحتوى اليـــخضوري يختلف باختلاف الأصناف ، سجلت أدنى قيـــمة عند الصنف المحلي OuedZenati (28.57 SPAD unit) في حين أقصى قيمة سجلها الصنف المحسن Méxicali (32.57 S unit)

تغير المحتوى اليخضوري الكلي بدلالة درجات الحرارة المتراكمة بعد الإزهار موضح ضمن الوثيقة 14

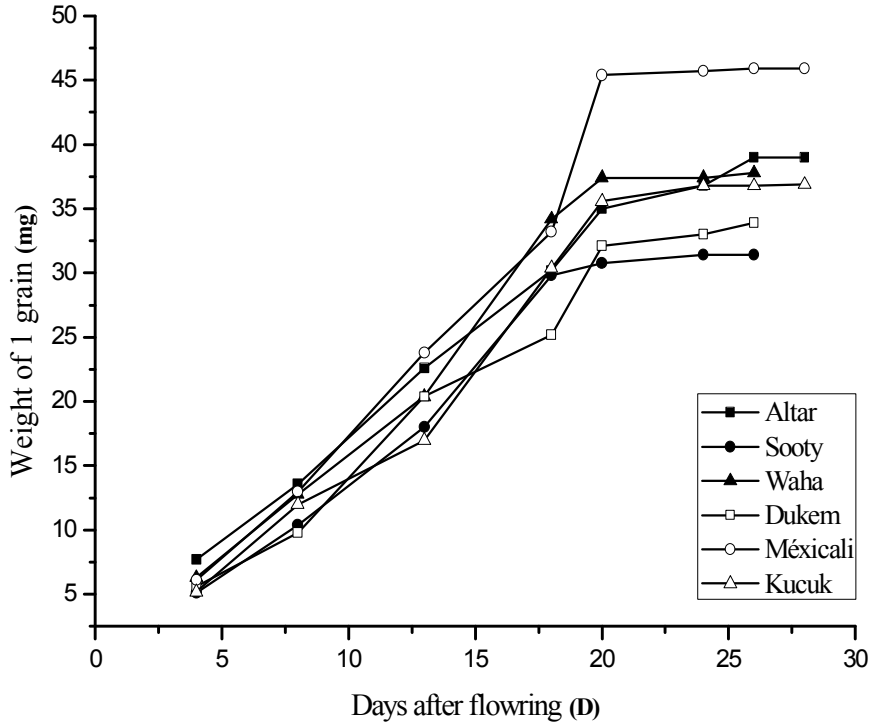


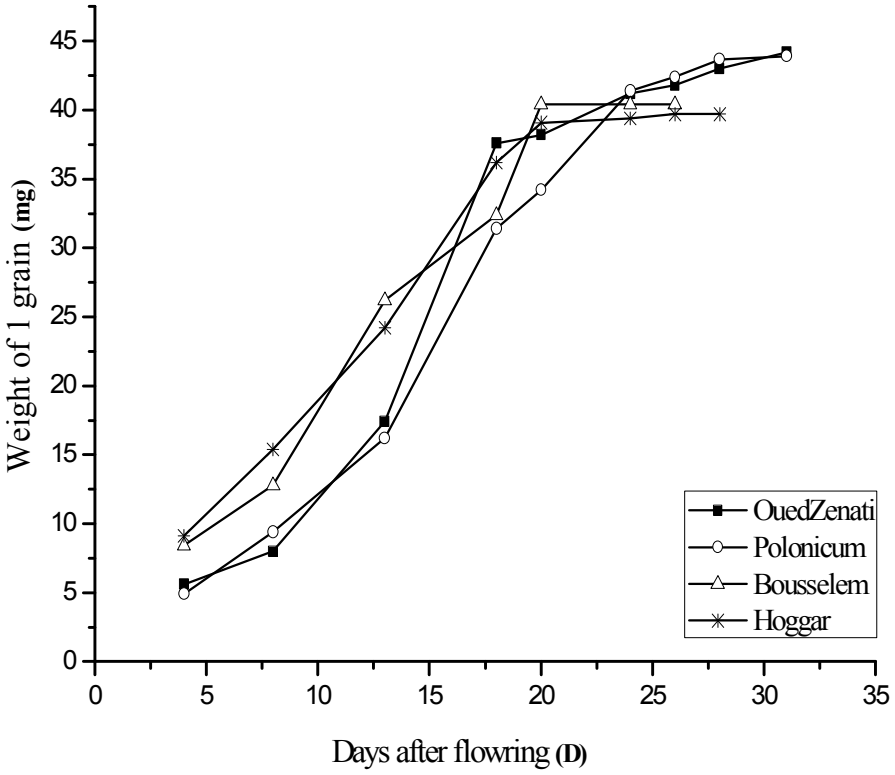


الوثيقة 14 : تغير المحتوى اليخضوري الكلي(CHL) بدلالة درجات الحرارة المتراكمة بعد الإزهار

5-5-3- ملء الحب (GF) :

تتبع تطور ملء الحب يظهر أنه يتبع شكل منحنى النمو Sigmoid ، حيث نميز ثلاث مراحل ، الأولى تتميز بتراكم ضعيف للمادة الجافة و الثانية مرحلة خطية في حين المرحلة الثالثة مرحلة ثبات أفقية (Triboi, 1990) (الوثيقة 15) . تتميز المرحلة الأولى بانقسام و تمايز خلايا السويداء (Endosperme) ، أهمية هذه المرحلة تكمن في العلاقة الوطيدة مابين الوزن النهائي للحب و عدد خلايا السويداء (Endosperme) (Macleod and Duffus, 1988) . خلال المرحلة الخطية يحدث تراكم للمادة الجافة ضمن خلايا السويداء (Singh and Jenner, 1982) ، تتميز هذه المرحلة بمتغيرين هامين بالنسبة لوزن الحب : مدة و سرعة ملء الحب . في حين مرحلة نضج الحب يمكن تحديدها من خلال توقف تراكم المادة الجافة و التناقص الحاد في المحتوى المائي للحب .



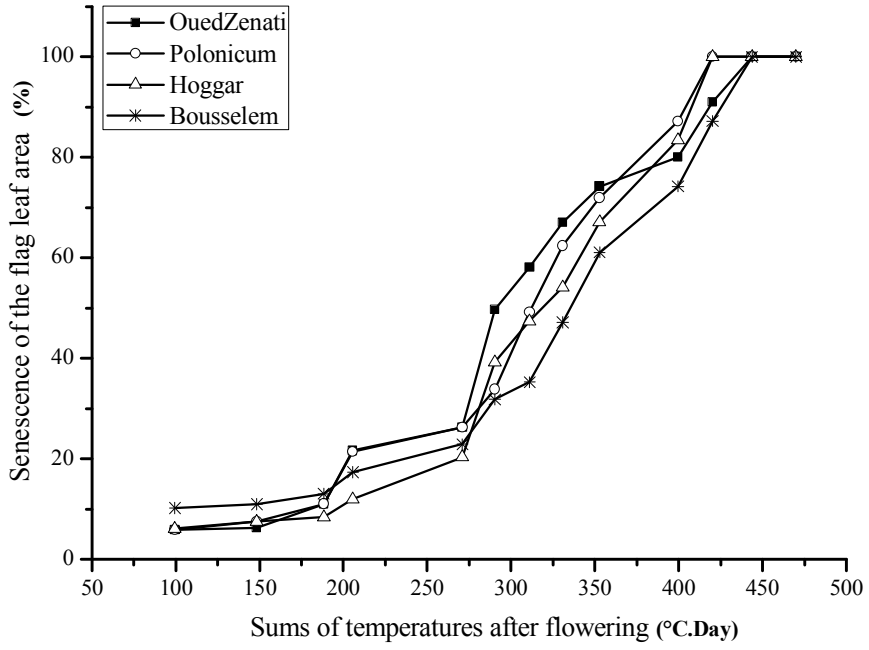


الوثيقة 15 : تطور الوزن الجاف للحب (مغ) عند الأصناف العشرة المدروسة خلال الموسم الزراعي 2009 / 2008

5-5-4- مؤشر الشيخوخة الورقية (S) :

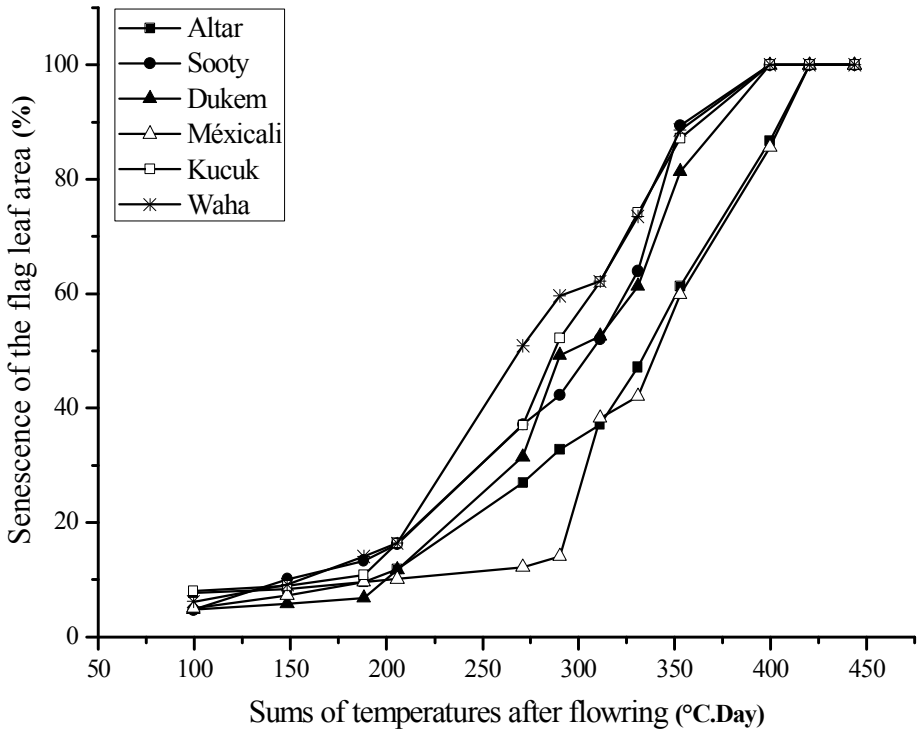
الهدف من دراسة الشيخوخة الورقية هو إعادة إثبات مدى ارتباطها بالمردود أو واحد من مركبات المردود من جهة ومن جهة أخرى دراسة ارتباطها و الانعكاس الضوئي . و قد جاء في دراسات سابقة أجريت في مناطق البحر الأبيض المتوسط الكثير عن مدى تباين ارتباط الوسائط القياسية لهذا المؤشر بظروف الوسط و كذلك بالأنماط الوراثية المختبرة (Guo *et al*., 1998 ; Hafsi *et al*., 2003) .

تباينت نتائج شيخوخة الورقة العلم بين الأنماط الوراثية ، و كان مسار منحنى الشيخوخة لكل الأصناف بدلالة درجات الحرارة المتراكمة بعد الأزهار – أين تم القياس باستعمال طريقة التحليل الرقمي للصور (NAI) – على شكل منحنى النمو Sigmoid وهو يتوافق مع العديد من الدراسات السابقة (Lutts *et al*., 1996 ; Hafsi *et al*., 2000) ، أن (Σ_{50}) التاريخ الذي يمثل مجموع درجات الحرارة الموافقة لـــ 50 % من شيخوخة الورقة العلم ، و الذي يقيم إبتداءا من المنحنى التجريبي $S= f(\Sigma t)$ يختلف كثيرا من صنف لآخر كما هو موضح ضمن الوثيقتين 3 و 4 . وباقي الوسائط القياسية لدراسة مؤشر الشيخوخة الورقية هي: متوسط الشيخوخة (Sa) يحسب انطلاقا من متوسط الشيخوخة من t_1 إلى t_{12} .



الوثيقة 3 : منحنى حركية شيخوخة الورقة العلم بدلالة مجموع درجات الحرارة المتراكمة بعد الإزهار

سرعة الشيخوخة تقاس يوميا استنادا إلى العلاقة التالية $(S_{i+1} - S_i)/(t_{i+1} - t_i)$ للحصول فيما بعد على سرعة الشيخوخة المتوسطة (Vsa) وسرعة الشيخوخة القصوى (Vs max) وهي موضحة ضمن الجدول 19 (**الملحق**) بالنسبة لكل صنف من الأصناف العشرة المدروسة .

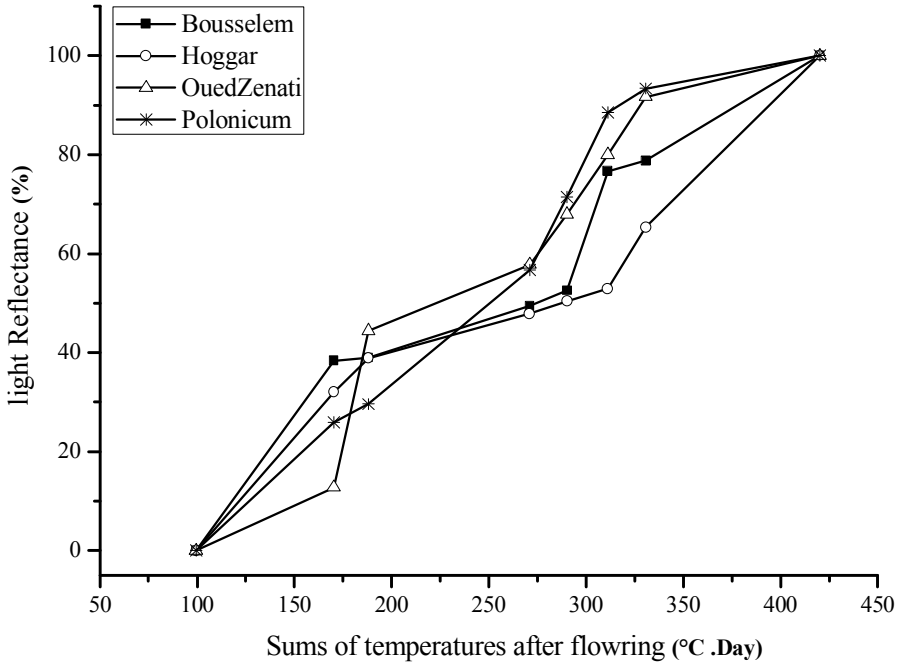


الوثيقة 4 : منحنى حركية شيخوخة الورقة العلم بدلالة مجموع درجات الحرارة المتراكمة بعد الإزهار

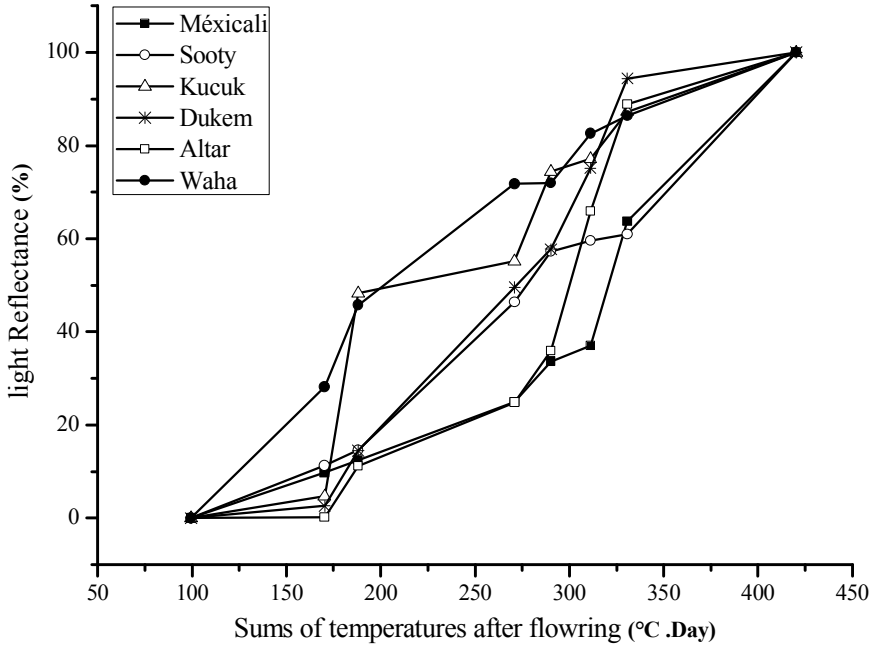
5-5-5- مؤشر الانعكاس الضوئي (R) :

الهدف من دراسة هذا المؤشر هو معرفة مدى ارتباطه بالمردود أولا و/أو واحد من مركبات المردود هذا من جهة ، من جهة أخرى ارتباطه و بعض المؤشرات الفيزيولوجية مثل المحتوى المائي النسبي (RWC) ، المحتوى اليخضوري الكلي (CHL) والوسائط القياسية لمؤشر الشيخوخة الورقية . تباينت نتائج الانعكاس الضوئي للورقة العلم في مابين الأنماط الوراثية ، وكان مسار منحنى الانعكاس الضوئي لكل الأصناف بدلالة درجات الحرارة المتراكمة بعد الإزهار على شكل منحنى النمو Sigmoid (الوثيقتين 5 و 6) . أعتمد أيضا في قياس الانعكاس الضوئي على تحليل الصور الرقمية و باستعمال البرنامج IPP (Image Pro Plus) .

إن الوسيط القياسي $\Sigma 50_R$ الذي يمثل مجموع درجات الحرارة الموافقة لـــ 50 % من الانعكاس الضوئي الورقي اختلف وبشكل معنوي من صنف لأخر ؛ الجدول 22 (**الملحق**) . المبدأ المعتمد في قياس الانعكاس الضوئي في هذه الحالة هو تحليل التغير اللوني للورقة العلم و الذي أعتمد في دراسات سابقة لتقييم مدى تأثير الإجهادات البيئية في سلامة (صحة) المجموع الخضري ، على سبيل المثال لا الحصر تأثير الإجهاد المائي و الآزوتي (Ahmed and Reid, 1996) .



الوثيقة 5 : منحنى حركية الانعكاس الضوئي للورقة العلم بدلالة مجموع درجات الحرارة المتراكمة بعد الأزهار



الوثيقة 6 : منحنى حركية الانعكاس الضوئي للورقة العلم بدلالة مجموع درجات الحرارة المتراكمة بعد الإزهار

5 -6- محاكاة الميزان المائي باستعمال البرنامج Budget :

5-6-1- المؤشرات القياسية للميزان المائي :

الجدول 13 يوضح تغيرات المؤشرات القياسية للميزان المائي ، حيث نلاحظ تطابق قيم هذه المؤشرات عند الأصناف العشرة المدروسة هذا من جهة ومن جهة أخرى نلاحظ فرق كبير جدا مابين Actual Evapotranspiration (275.26مم) و Potential Evapotranspiration (508.04 مم)

و يمكن أن يعزى هذا الفارق إما إلى التغير في Actual Transpiration (219.22 مم)

أو Potential Transpiration (445.88 مم) أو إلى معامل الإجهاد المائي الذي قارب 0.54 .

الجدول 13 : نتائج محاكاة المؤشرات القياسية للميزان المائي

	Epot (mm)	Eact (mm)	Tpot (mm)	Tact (mm)	ETact (mm)	ETpot (mm)	K's
Oued Zenati	62,8	56,4	461	219,4	275,8	523,7	0,53
Altar	61,6	55,7	444,2	219,2	275,2	506,3	0,54
Sooty	61,6	55,7	444,2	219,2	275,2	506,3	0,54
Polonicum	61,6	55,7	444,2	219,2	275,2	506,3	0,54
Waha	61,6	55,7	444,2	219,2	275,2	506,3	0,54
Dukem	61,6	55,7	444,2	219,2	275,2	506,3	0,54
Mexicali	61,6	55,7	444,2	219,2	275,2	506,3	0,54
Kucuk	61,6	55,7	444,2	219,2	275,2	506,3	0,54
Hoggar	61,6	55,7	444,2	219,2	275,2	506,3	0,54
Bousselem	61,6	55,7	444,2	219,2	275,2	506,3	0,54
Average	61,72	55,77	445,88	219,22	275,26	508,04	0,54

5-6-2- مراحل تطور المحصول و فترات الإجهاد المائي :

5-6-2-1- المرحلة الأولى (Sowing - Emergence) :

المؤشرات القياسية للميزان المائي خلال هذه المرحلة موضحة ضمن الجدول 14 ، هذا الأخير يوضح أنه ليس هناك فرق مابين Actual Evapotranspiration و Potential Evapotranspiration حيث قدرت كمية التراكم خلال هذه المرحلة 29.9 مم والمتوسط اليومي قدر بـــ 1.06 مم و استنادا إلى العلاقة المقترحة من طرف Doorenbos and Kassam (1979) و التي توضح الصلة مابين الإجهاد المائي و الانخفاض في المردود فإنه ليس هناك إجهاد مائي خلال هذه المرحلة :

$$\mathbf{Ky\ (1-\ (ETa/ETp))\ =\ 1-\ (Ya/Ym)}$$

Where **:**

Ya/Ym **:** The relative grain yield
1-(Ya/Ym) **:** declining of grain yield
Ky **:** the yield response to stress
(1-(ETa/ETp)) **:** water stress (values between [0-1]) ; 0 = no stress, close to 1= stress

5-6-2-2- المرحلة الثانية (Emergence – Elongation) :

ما يمكن ملاحظته خلال هذه المرحلة هو زيادة معتبرة في كلا من Actual Evapotranspiration و Potential Evapotranspiration مقارنة بالمرحلة السابقة مع بقاء قيمتيهما متساويتين و قدرت كمية التراكم خلال هذه المرحلة بـــ 92.6 مم في حين المتـــوسط اليـــومي قدر بـــ 1.49 مم . ما يميز هذه المرحلة أيضا هو عدم وجود أو حدوث إجهاد مائي (الجدول 14) .

الجدول 14 : الإجهاد المائي خلال المرحلة الأولى و الثانية

Cumulation (mm)	First phase (Sowing - Emergence)	Second phase (Emergence – Elongation)
Actual Evapotranspiration	29,9	92,6
Potential Evapotranspiration	29,9	92,6
Relative Evapotranspiration (ETa/ETp)	1	1
Water stress (1-(ETa/ETp))	0	0

5-6-2-3- المرحلة الثالثة (Elongation – Heading) :

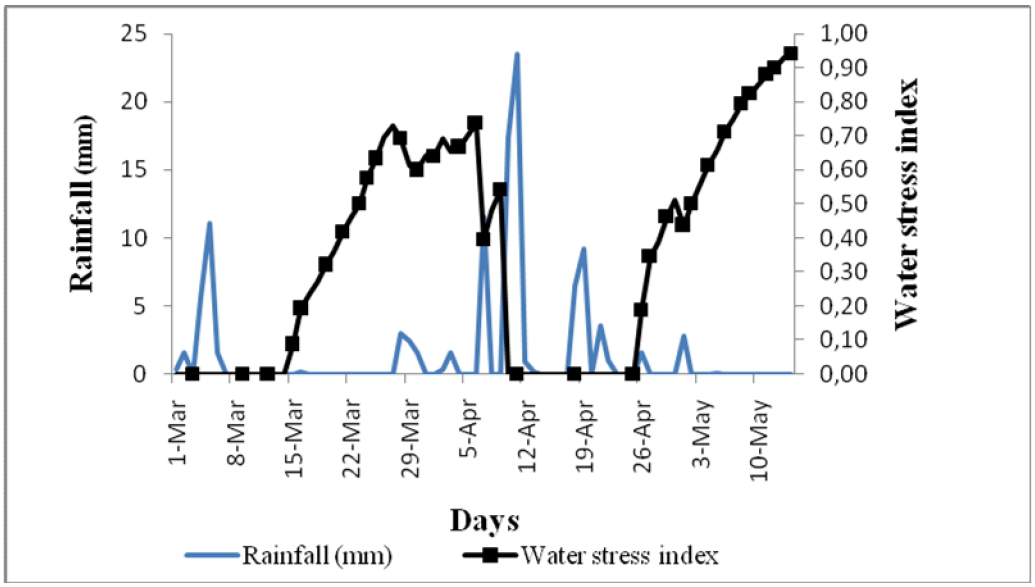
ما يميز هذه المرحلة الاختلاف الواضح في Actual Evapotranspiration و Potential Evapotranspiration حيث قدرت كمية التراكم الخاصة بهما بـــ 149.4 مم و 248.2 مم على التوالي . تميزت هذه المرحلة بحدوث إجهاد مائي قدرة قيمته بـــ0.40 (الجدول15) .

5-6-2-4- المرحلة الرابعة (Heading - Maturity) :

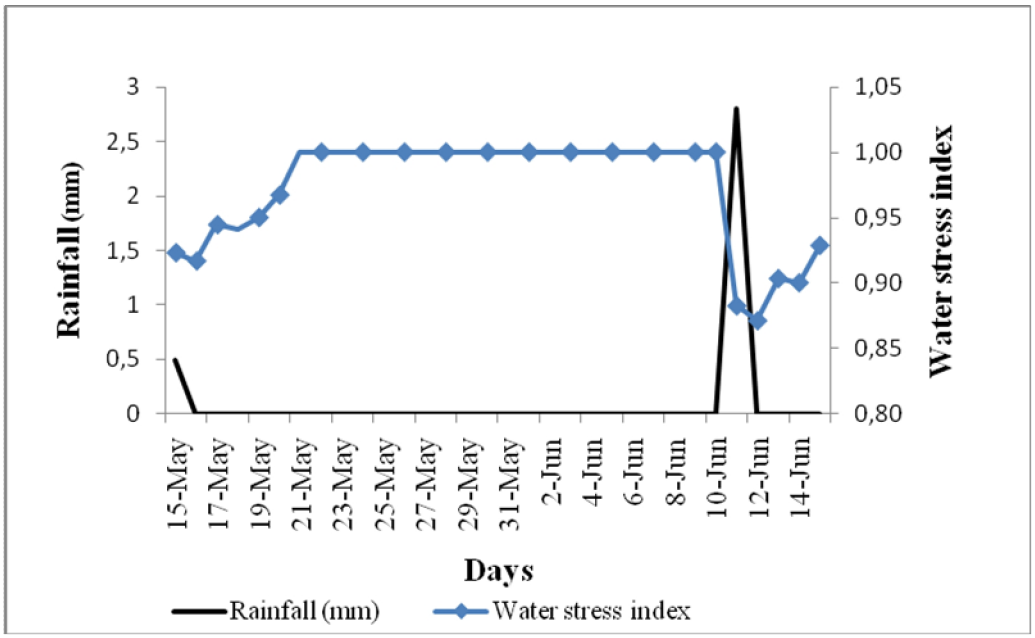
تميزت هذه المرحلة بتباين واضح في Actual Evapotranspiration و Potential Evapotranspiration حيث قدرت كمية تراكمهما بـــ 3.2 مم و 135.5 مم على التوالي ، ولقد سجلنا أيضا حدوث إجهاد مائي خلال هذه المرحلة قدرت قيمته بـــ 0.97 (الجدول15) .

الجدول 15 : الإجهاد المائي خلال المرحلة الثالثة والرابعة

Cumulation (mm)	Third Phase (Elongation – Heading)	Fourth phase (Heading - Maturity)
Actual evapotranspiration	149,4	3,2
Potential evapotranspiration	248,2	132,4
Relative evapotranspiration (ETa/ETp)	0,6	0,024
Water stress (1-(ETa/ETp))	0,4	0,97



الوثيقة 16 : التغيرات اليومية في التساقط والإجهاد المائي خلال المرحلة الثالثة (Elongation – Heading)



الوثيقة 17: التغيرات اليومية في التساقط والإجهاد المائي خلال المرحلة الرابعة (Heading - Maturity)

5-7- فعالية استغلال الماء (WUE) :

حسب Turner (1981) فعالية استغلال الماء تحسب من خلال النسبة مابين المردود الحبي أو الكتلة الحيوية و Actual Evapotranspiration . مقارنة متوسط فعالية استغلال الماء الخاصة بالمردود (**WUE $_{yield}$**) مابين الأنماط الوراثية المبكرة و المتأخرة لم يظهر اختلاف واضح بينهما حيث قدرت بـــ 9.89 كغ / مم / هـــ و 9.95 كغ / مم / هـــ على التوالي ، أقصى قيمة سجلت عند الصنف المحسن (المبكر) Méxicali وقدرت بـــ 11.61 كغ / مم / هـــ في حين الصنف المحلي (المتأخر) Polonicum سجل أدنى قيمة و قدرت بـــ 8.97 كغ / مم / هـــ . غير أن فعالية استغلال المـــاء المتعلقة بالكتلة الحيـــوية (**WUE $_{Biomass}$**) سجلت اختلاف واضح مابين الأصنـــاف المبكرة و المتأخرة و قدرت بـــ 26.89 كغ / مم / هـــ و 30.11 كغ / مم / هـــ على التوالي ، حيث أقصى قيمة سجلت عند الصنف المتأخر OuedZenati وأدنى قيمة سجلها الصنف المبكر Dukem وكانت على التوالي 33.01 و 22.67 كغ / مم / هـــ . أيضا قيم فعالية النتح (W) موضحة ضمن الجدول 16 .

الجدول 16 : قيم فعالية استغلال الماء (WUE) وفعالية النتح (W) عند الأصناف العشرة المدروسة

Genotype	GY (Kg/ha)	Bio (kg/ha)	WUE $_{yield}$	WUE $_{Biomass}$	W $_{yield}$	W $_{Biomass}$
OuedZenati	2550,00	9105,00	9,25	33,01	11,62	41,50
Altar	2931,25	7287,50	10,65	26,48	13,37	33,25
Sooty	2656,25	6912,50	9,65	25,12	12,12	31,54
Polonicum	2468,75	7862,50	8,97	28,57	11,26	35,87
Waha	2693,75	7759,40	9,79	28,20	12,29	35,40
Dukem	2200,00	6237,50	7,99	22,67	10,04	28,46
Mexicali	3193,75	8643,80	11,61	31,41	14,57	39,43
Kucuk	2650,00	7556,30	9,63	27,46	12,09	34,47
Hoggar	2968,75	7462,50	10,79	27,12	13,54	34,04
Bousselem	2981,25	8743,80	10,83	31,77	13,60	39,89

6- المنـــاقشة

6-1- المردود ومركباته:

6-1-1- علاقة المردود الحبي بالتبكير للتسبيل :

التبكير يؤثر و إلى حد بعيد في المردود ، حيث واستنادا إلى دراسة خصت 53 صنف من القمح و الشعير ، فإن يوم واحد أضافي من التبكير يساهم في رفع متوسط المردود الحبي بـــ 30 كغ /هـــ (Fischer et Maurer, 1978) . سجلت علاقة ارتباط معنوية وسلبية بين المردود الحبي و عدد الأيام حتى التسبيل (r = -0.75) الوثيقة 18 **(الملحق)** ، وهذا يوحي بأن الأصناف المبكرة تتميز بمردود حبي عالي لأن التبكير يعتبر من بين الميكانزمات الهامة لتجنب ضرر الجفاف المسجل خلال المراحل الأخيرة من دورة تطور المحصول (Ben Naceur *et al*., 1999) .

6-1-2- العلاقة مابين المردود الحبي ، طول النبات ، الكتلة الحيوية و مؤشر الحصاد :

أن تحليل تغير هذه المؤشرات أظهر وجود فروق معنوية مابين الأصناف ، و مقارنة المتوسطات مكنتنا من تقسيم الأصناف إلى مجموعات بالنسبة لكل مؤشر من المؤشرات المدروسة و الجدول 17 يوضح ذلك .

الجدول 17 : مقارنة متوسطات مؤشر الحصاد وبعض مركبات المردود حسب اختبار Newman et Keuls

Genotypes	Bio (Qx/ha)	HP (cm)	HI (%)	GY (Qx/ha)
OuedZenati	91,05(a)	102,13(b)	27,5(a)	25,50(bc)
Altar	72,87(bca)	70,68(d)	39,5(c)	29,31(ac)
Sooty	69,12(c)	73,28(cd)	38,3(c)	26,56(bc)
Polonicum	78,62(abc)	101,52(b)	31,3(ab)	24,68(bc)
Waha	77,59(abc)	70,98(d)	34,5(bc)	26,93(bc)
Dukem	62,37(c)	64,53(a)	34,8(bc)	22,00(b)
Mexicali	86,43(ab)	73,08(cd)	36,5(bc)	31,93(a)
Kucuk	75,56(abc)	71,33(d)	35(bc)	26,50(bc)
Hoggar	74,62(abc)	72,79(cd)	39,8(c)	29,68(ac)
Bousselem	87,43(ab)	76,25(c)	33,8(bc)	29,81(ac)

Mean within columns with different letters are significantly different at 5%

يعتبر طول النبات مؤشر هام جدا للانتخاب خاصة ضمن المناطق الجافة ، في دراسات سابقة وصفت علاقة ارتباط معنوية و إيجابية بين طول النبات و المردود الحبي (Mekliche-Hanifi, 1983) ، دراسة الارتبـــاط أظهـــرت وجود علاقة سلبية بين المـــردود الحبي و طول النبـــات (r = -0.22)

إلا أن هذه العلاقة لم تكن معنوية واتجاه العلاقة يوحي بأن المردود يتزايد مع قصر طول النبات وحسب Bouzerzour (1998) فإن أصناف القمح الصلب ذات القصب القصير و تحت ظروف الإجهاد الحاد مع نهاية دورة تطور المحصول تكون عالية التأقلم و الإنتاجية مقارنة بأصناف القمح طويلة القصب و المتأخرة .

متوسط مؤشر الحصاد عند الأصناف المحسنة تجاوز متوسط مؤشر الحصاد عند الأصناف المحلية ، دراسة الارتباط أظهرت وجود علاقة ايجابية بين المردود و مؤشر الحصاد (r = 0.45) لكن هذه العلاقة لم تكن معنوية ، Merah *et al.* (2001) في دراسة اهتمت بمقارنة أصناف محلية (سلالات البحر الأبيض المتوسط) مع أصناف محسنة أثبت من خلالها أن الأصناف المحلية تمتلك مؤشر حصاد منخفض بالمقارنة مع الأصناف المحسنة المتقزمة و تضمنت هذه الدراسة عدد كبير من الأصناف أو السلالات . دراسة الارتباطات سمحت أيضا بتسجيل علاقة بين المردود الحبي و الكتلة الحيوية (r = 0.47) رغم أن علاقة الارتباط هذه لم تكن معنوية إلا أنها تتوافق و التوصية التي تقدم بها Bouzerzour (1998) بأن أنتاج كتلة حيوية كافية ضروري لضمان مردود مقبول . كل من مؤشر الحصاد و طول النبات ارتبطا معنويا وسلبيا (r = -0.75) الوثيقة 18 (**الملحق**) ، حسب Hay (1995) مؤشر الحصاد هو عبارة عن النسبة بين المردود الحبي و الكتلة الحيوية الهوائية و ما يفسر علاقة الارتباط هذه هو النتائج المتحصل عليها حيث سجلت الأصناف المحلية OuedZenati و Polonicum الطويلة القصب (102.13 و 101.52 سم على التوالي) مقارنة بباقي الأصناف أدنى قيم لمؤشر الحصاد و قدرت بـــ 28 % و 31 % على التوالي . Waddington *et al.* (1987) و في دراسة تمت في مكسيكو استنتجوا أن مؤشر الحصاد يتناقص و الإنتاج العالي للكتلة الحيوية هذا ما يفسر علاقة الارتباط السلبية و غير المعنوية المسجلة بين مؤشر الحصاد و الكتلة الحيوية (r = -0.55) ، علاقة الارتباط الإيجابية و غير المعنوية المسجلة بين الكتلة الحيوية و طول النبات (r = 0.57) قد تم تسجيلها من قبل من طرف Amsal *et al.* (1995) ضمن دراسة خصت ستة أصناف من القمح الصلب تم تقييم سلوكها من حيث المردود و تغيراته و كذا الخصائص المرفولوجية و الفيزيولوجية و تغيراتها خلال الفترة الممتدة مابين 1967- 1992 بأثيوبيا .

6-1-3- الخصوبة أو عدد الحب في السنبلة (NG/S) :

في معظم الحالات وزن الحب يرتبط سلبا و عدد الحب في السنبلة (Fischer *et al.*,1977) توافق هذا ونتائج دراستنا حيث سجلنا علاقة ارتباط معنوية و سلبية بين عدد الحب و ووزن ألف حبة

(r = -0.82) الوثيقة 18 (**الملحق**) ، حسب Warrington *et al.* (1977) علاقة الارتباط العكسية بين عدد الحب و وزن الحب تزداد حدتها تحت ظروف الإجهاد المائي و الحراري . علاقة الارتبـــاط الضعيفة و السلبية بين المردود و عدد الحب في السنبلة (r = -0.004) تعتبر وحسب Fischer *et al.* (1977) من العوامل أو المؤشرات الدالة على محدودية المردود .

6-1-4- وزن ألف حبة (TKW) :

إن العلاقة غير المعنوية و الإيجابية المسجلة بين المردود الحبي و وزن ألف حبة (r = 0.07) قد سجلت من قبل في العديد من الدراسات و توافقت مع نتائج كل من Housley *et al.* (1982) و Bruckner et Forhberg (1987) ، مثل هذه العلاقة سجلت أيضا تحت الظروف البعليـــة و حالما يظهر الإجهاد المائـــي بعد الإزهار و بالضبط وقت حدوث عملية ملأ الحب (Elhani *et al.*, 2007) ، الوثيقة 19 التي توضح تغير كل من التساقط ، درجة الحرارة المتوسطة و الإجهاد المائي تؤكد ذلك . دراسة الارتباط أظهرت علاقة ارتباط معنويـــة و إيجابيـــة بين وزن ألف حبة و طـــول النبـــات (r = 0.87) الوثيقة 18 (**الملحق**) ، حسب Blum et Pnuel (1996) تحويل المواد الممثلة نحو الحب يعتمد على كمية المواد المخزنة في الساق من جهة ومن جهة أخرى على كمية المواد المنتجة بعد التزهير ، لكمية المواد الممثلة علاقة و عدد السيقان في المتر المربع ، النمط الوراثي ، الظروف البيئية السائدة خلال ذلك الموسم وكذا طول القصب .

6-1-5- عدد الحب في المتر المربع الواحد (NG/m^2) :

العديد من الدراسات أثبتت وجود علاقة ارتباط قوية بين المردود الحبي و عدد الحب في المتر المربع (Austin *et al.*, 1980) ، دراسة الارتباط أظهرت أن المردود الحبي و عدد الحب في المتر المربع كان بينهما علاقة ايجابية لكن غير معنوية (r = 0.24) . سجلنا أيضا علاقة ارتباط معنوية و ايجابية بين مؤشر الحصاد و عدد الحب في المتر المربع (r = 0.68) الوثيقة 18 (**الملحق**) مثل هذه العلاقة قد سجلت من قبل من طرف Waddington *et al.* (1987) ، حسب Wardlaw (2002) فإن أي انخفاض في عدد الحب في المتر المربع الواحد يعوض بالزيادة في وزن الحب و هذا ما يتوافق و نتائج الارتباط المسجلة بين عدد الحب في المتر المربع و وزن ألف حبة (r = - 0.90) ، سجلت أيضا خلال هذه الدراسة علاقتا ارتباط معنويتان و إيجابيتان مابين عدد الحب في المتر المربع و عدد السنابل و كذا عدد الحب في السنبلة وكان معاملا ارتباطهما على التوالي (r = 0.70) و (r = 0.75) الوثيقة 18 (**الملحق**) .

تغير المردود الحبي ضمن نفس الشروط البيئية أو ضمن بيئات مختلفة جد مرتبط و عدد الحب و ليس وزن الحب (Shanahan *et al*., 1984) .

6-1-6- عدد السنابل في المتر المربع (NS/m^2) :

Benbelkacem *et al*. (1984) أثبتوا أن أي زيادة في عدد الأشطاء الخضرية يحفز زيادة عدد الأشطاء الخصبة لكن مع نسبة موت عالية للأشطاء ، خلال هذه الدراسة سجلت علاقة ارتباط معنوية و إيجابية بين عدد السنابل في المتر المربع و عدد الإشطاء الخصبة ($r = 0.70$) الوثيقة 18 (**الملحق**) وهذا ما يوحي بأن تزايد عدد الأشطاء الخصبة يعني تزايد عدد السنابل في المتر المربع الواحد . سجلنا أيضا علاقة ارتباط معنوية و سلبية بين عدد السنابل في المتر المربع و طول النبات ($r = - 0.71$) ، حسب Slafer and Andrade (1990) تحسين المردود يكون من خلال التحسين في مؤشر الحصاد مع تغيير طفيف في الكتلة الحيوية . للإجهاد المائي تأثير واضح على عدد السنابل ضمن وحدة المساحة و كذا عدد الحب ضمن السنبلة (Simane *et al*.,1993) .

6-1-7- مدة و سرعة ملء الحب (D_{GF} ; V_{GF}) :

حسب Sofield *et al*. (1977) فإن المحدد الرئيسي لمدة ملء الحب هو درجة الحرارة . درجات الحرارة التي تتجاوز 31 °م بعد حدوث الإزهار توثر و بشكل حتمي في ملء الحب (Stone *et al*., 1995) . الإجهاد المائي الحاد خلال التزهير ومع بداية فترة ملء الحب يؤثر سلبا في وزن الحب و ذلك من خلال كبح عملية تحويل المواد الممثلة من الساق نحو الحب (Wang *et al*., 2005) . الجدول 29 يوضح تغير كل من سرعة ومدة ملء الحب عند الأصناف العشرة المدروسة .

الجدول 29 : مدة و سرعة ملء الحب ، المردود و وزن ألف حبة عند مختلف الأصناف المدروسة

Genotype	D_{GF} **(Days)**	V_{GF} **(mg/day)**	GY **(Qx/ha)**	TKW **(g)**
Oued Zenati	26	1,624	25,50	47,80
Altar	26	1,470	29,31	37,70
Sooty	24	1,474	26,56	30,20
Polonicum	28	1,644	24,69	41,90
Waha	20	1,989	26,94	28,90
Dukem	24	1,479	22,00	29,20
Mexicali	24	2,141	31,94	35,10
Kucuk	24	1,717	26,50	32,60
Hoggar	26	1,683	29,69	34,40
Bousselem	20	1,823	29,81	39,20

الوثيقة 20 (**الملحق**) توضح أيضا تغير السرعة الخطية لملء الحب (مغ / اليوم) عند الأصناف العشرة المدروسة تراوحت سرعة و مدة ملء الحب خلال هذا الموسم مابين 1.47- 2.14 مغ/اليوم و 20- 28 يوم على التوالي ؛ حسب Gebeyehou *et al.* (1982) وضمن دراسة دامت سنتين متعاقبتين و ضمت 11 نمط وراثي من القمح الصلب تراوحت مدة ملء الحب مابين 33 - 40.3 يوم ، في حين ضمن دراسة قام بها Bahlouli *et al.* (2007) تراوحت مدة ملء الحب مابين 19.4 – 28.2 يوم في حين سرعة ملء الحب تراوحت مابين 1.44 – 1.94 مغ/اليوم حيث دامت هذه الدراسة ثلاث مواسم زراعية متعاقبة . خلال هذه الدراسة سجلنا علاقة إيجابية بين المردود الحبي و سرعة ملء الحب إلا أنها لم تكن معنوية ($r = 0.56$) ، في حين مدة ملء الحب كان لها علاقة سلبية وغير معنوية أيضا مع المردود الحبي ($r = -0.22$) ، تعتبر سرعة ملء الحب العالية مؤشر دال عن تأثير إجهاد مائي و مدة ملء الحب الطويلة مؤشر دال عن استمرار أمثل لنشاطية التركيب الضوئي (Sofield *et al.*, 1977) ، إن اتجاه علاقة الارتباط المسجلة مابين مدة وسرعة ملء الحب و المردود تتوافق تماما و نتائج الارتباط التي سجلها Bahlouli *et al.* (2007) .

Gebeyehou *et al.* (1982) وجدوا أن مدة ملء الحب تساهم بقدر أكبر من سرعة ملء الحب في المردود غير أن Nass *et al.* (1975) وأيضا Triboi *et al.* (1985) أظهروا العكس أي أن سرعة ملء الحب تساهم بقدر أكبر من مدة ملء الحب في المردود وهذا يتوافق ونتائج دراستنا .

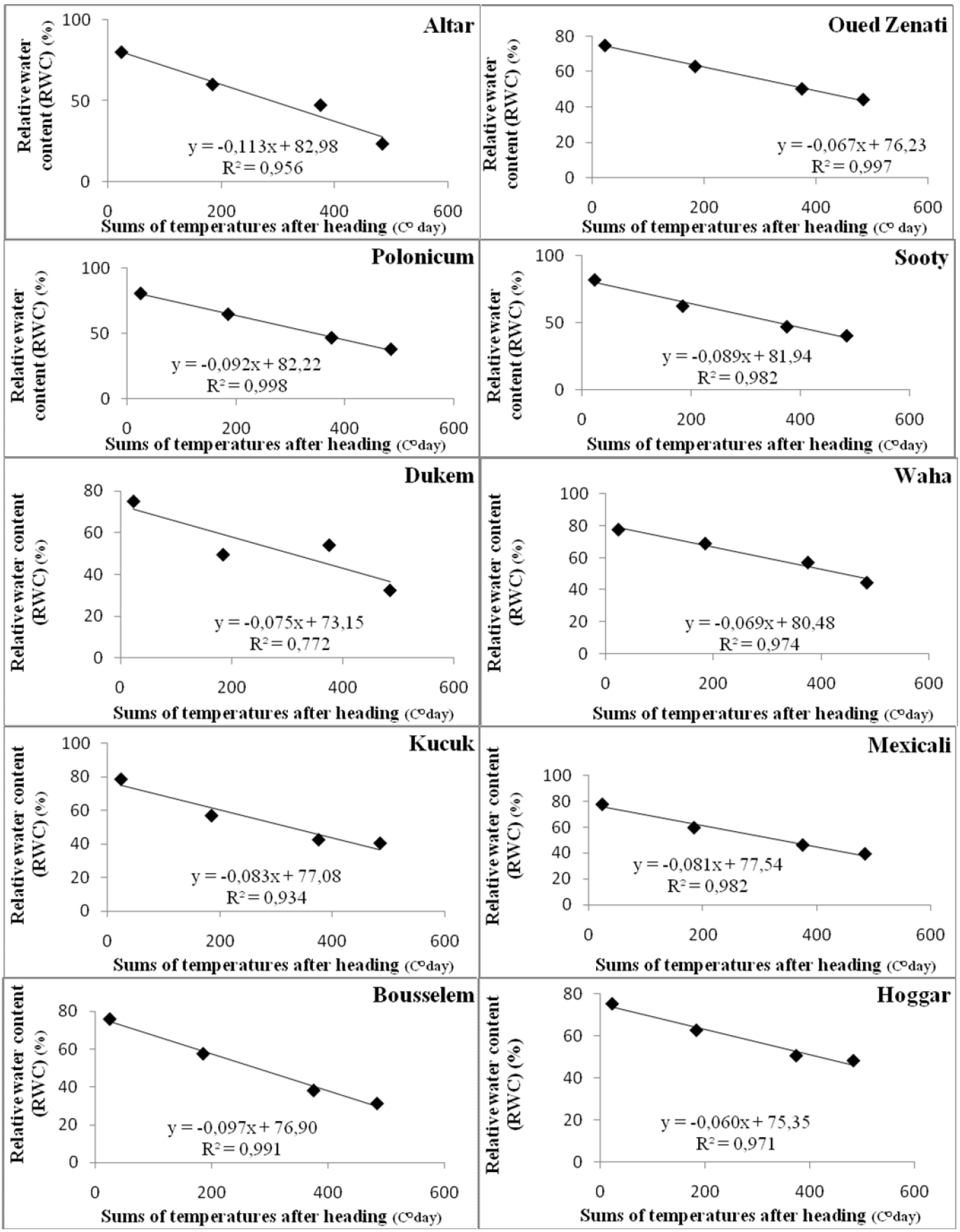
6-2- المحتوى المائي النسبي (RWC) :

الجدول 12 يوضح القيم المختلفة للمحتوى المائي النسبي باختلاف الأنماط الوراثية يعتبر المحتوى المائي النسبي (RWC) المؤشر الأكثر فعالية لقياس الإجهاد المائي مقارنة بمؤشر القدرة المائية (Water potential) (Passioura, 1988) ، و حسب Haung *et al.* (1998) فإن مستويات المحتوى المائي النسبي تتناقص و تزايد الإجهاد المائي ؛ ضمن العديد من الدراسات السابقة تم تسجيل قيم مختلفة للمحتوى المائي النسبي باختلاف الأنماط الوراثية و تحت ظروف الإجهاد المائي (Dedio, 1975 ; Schonfeld *et al.*, 1988) . لقد وصفت من قبل علاقة ارتباط معنوية و إيجابية بين المحتوى المائي النسبي و المردود الحبي (Clarke, 1983 ; McGaig and Ramagosa, 1989) ، إلا أنه ضمن دراستنا هذه سجلنا علاقة سلبية لكن ضعيفة جدا بين المحتوى المائي النسبي و المردود الحبي ($r = -0.08$) .

الجدول 12 : تغير المحتوى المائي النسبي (RWC) (%) بدلالة درجات الحرارة المتراكمة بعد التسبيل

Genotype	Sums of temperatures after heading				Mean
	23,95	184,7	375,1	484,4	
Oued Źenati	75,16	63,25	50,52	44,44	58,34
Altar	79,93	60	47,31	23,4	52,66
Sooty	81,95	62,5	47,1	40,42	57,99
Polonicum	80,48	64,59	46,62	37,93	57,4
Waha	77,48	68,86	57,14	44,64	62,03
Dukem	75,27	49,64	54,21	32,5	52,9
Mexicali	77,59	59,68	46,36	39,58	55,8
Kucuk	78,82	57,02	42,59	40,54	54,74
Hoggar	75,36	62,71	50,5	48,14	59,17
Bousselem	75,83	57,57	38,27	31,39	50,76

الوثيقة 21 توضح تغير سرعة تناقص المحتوى المائي النسبي بدلالة درجات الحرارة المتراكمة بعد التسبيل و تراوحت هذه السرعة مابين -0.06 إلى -0.113 حيث أقصى سرعة سجلت عند الصنف Altar في حين أدنى سرعة سجلها الصنف Hoggar وكانت سرعتهما على التوالي - 0.113 و - 0.06 ، إن دراسة الارتباط أظهرت وجود علاقة سلبية لكن غير معنوية بين سرعة تناقص المحتوى المائي النسبي و المحتوى اليخضوري (r = - 0.19) اتجاه هذه العلاقة يوحي بمدى تأثير تناقص المحتوى المائي في المحتوى اليخضوري و بالتالي تأثيره في نشاطية التركيب الضوئي أي أنه أي تناقص في المحتوى المائي النسبي يؤدي إلى تناقص نشاطية التركيب الضوئي والذي يؤثر سلبا في المردود .



الوثيقة 21 : سرعة تناقص المحتوى المائي النسبي بدلالة درجات الحرارة المتراكمة بعد التسبيل عند الأصناف العشرة المدروسة

3-6- فعالية استغلال الماء (WUE) :

فعالية استغلال الماء تعتبر مؤشر هام جدا لتحسين المردود ضمن الأوساط البيئية التي تعاني عجز مائي ، مردودية النبات تحت ظروف الإجهاد لا تعتمد فقط على فعالية استغلال الماء و لكن تعتمد أيضا على قدرة النبات على خفض معدل النتح (Blum, 1993) . سجلت خلال هذه الدراسة علاقة ارتبـــاط معنوية و إيجابية بين كل من المـــردود الحبي و WUE_{yield} ($r = 0.99$) و الكتلة الحيـــوية و WUE_{Bio} ($r = 0.99$) ، وصفت أيضا علاقة ارتبـــاط معنوية وإيجـــابية بين WUE_{Bio} و وزن ألف حبة **(TKW)** ($r = 0.71$) ، و حسب Siddique *et al.* (1989) فإن إنتاج كتلة حيوية عالية هو المحفز الرئيسي على إنتاج مردود حبي عالي ، أي أن فعالية استغلال الماء العالية في إنتاج الكتلة الحيوية من شأنها أن تؤثر إيجابيا في المردود الحبي أضف إلى ذلك فإن كل من Sinclair et Muchow (2001) سجلا علاقة ارتباط معنوية و إيجابية بين الكتلة الحيوية و WUE_{Bio} أيضا Condon *et al.* (2002) أكدوا مدى تأثير فعالية استغلال الماء في المردود . إن علاقة الارتباط المعنوية و الإيجابية المسجلة بين فعـــالية النتح **(W)** و فعالية استغلال الماء **(WUE)** ($r = 0.99$) تتوافق وما توصل إليه Richards *et al.* (2002) من حيث أن الرفع في فعالية النتح يعتبر عامل محفز على تحسين فعالية استغلال الماء .

معاملات الارتباط مابين الوسائط القياسية لكل من الشيخوخة الورقية و الانعكاس الضوئي و فعالية استغلال الماء و فعالية النتح موضحة ضمن الجدول 27 (**الملحق**) ، علاقة الارتباط المعنوية و السلبية المسجلة بين فعالية استغلال الماء و فعالية النتح الخاصة بالمردود و الوسيط القياسي **Ra** توحي بأن تزايد متوسط نسبة الانعكاس الضوئي يؤثر سلبا في كل من فعالية النتح و فعالية استغلال الماء ، في حين العلاقة السلبية وغير المعنوية المسجلة بين متوسط نسبة الشيخوخة **Sa** و فعـــالية استغلال الماء و فعالية النتح الخـــاصة بالمردود توحي أيضا بالتأثير السلبي لهذا الوسيط القياسي على WUE_{yield} و W_{yield} ، تأخر الشيخوخة من شأنه أن يؤثر ايجابيا في كل من فعالية النتح و فعالية استغلال الماء الخاصة بالمردود، رغم أن العلاقة المسجلة بين الوسيط القياسي $\Sigma 50_R$ وفعالية استغلال الماء و فعالية النتح غير معنوية إلا أن الاتجاه الايجابي لهذه العلاقة يبين أن التزايد البطيء في نسبة الانعكاس الضوئي الورقي يحفز على فعالية استغلال ماء و فعالية نتح عاليتين .

6-4- المحتوى اليخضوري الكلي (CHL) :

الإجهاد المائي يمكن أن يلاحظ في أي مرحلة من مراحل تطور المحصول (Benlaribi, 1990) . هناك العديد من الاستجابات الفيزيولوجية التي يبديها النبات اتجاه الإجهاد المائي ومن بين مكترمات تحمل الإجهاد المائي الحفاظ على محتوى مائي نسبي عالي (Clarke *et al*.,1982 ; Ritchie *et al*., 1990) الحفاظ على ثبات المحتوى اليخضوري (Sairam *et al*., 1990 ; Kraus *et al*., 1995) و كذا الحفاظ على ثبات أو سلامة الأغشية الخلوية (Kaur *et al*., 1988) . تغير المحتوى اليخضوري الكلي بدلالة درجات الحرارة المتراكمة بعد الإزهار عند الأصناف العشرة المدروسة موضح ضمن الجدول 18 ، حيث أن الاختلاف في كمية المحتوى اليخضوري فيما بين الأصناف يعبر عن الاختلاف الوراثي في قدرة تحمل الإجهاد المائي (Gummuluru et Hobbs, 1989) . سجلت العديد من علاقات الارتباط بين المحتوى اليخضوري الكلي و المؤشرات القياسية لكل من الشيخوخة و الانعكاس الضوئي و التي سوف توصف لاحقا .

الجدول 18 : تغير المحتوى اليخضوري الكلي (CHL) (SPAD Unit) بدلالة درجات الحرارة المتراكمة بعد الإزهار

Genotype	Sums of temperatures after flowering					Mean
	148,50	188,2	271	352,8	443,8	
Oued Zenati	47,20	44,13	38,70	7,67	5,17	28,57
Altar	50,97	45,87	37,23	6,13	5,57	29,15
Sooty	55,87	51,27	37,10	12,63	3,53	32,08
Polonicum	50,50	45,17	36,13	16,13	2,57	30,10
Waha	52,90	45,70	33,93	9,03	5,50	29,41
Dukem	53,60	49,63	33,33	17,80	2,50	31,37
Mexicali	53,80	51,73	45,67	6,83	4,80	32,57
Kucuk	47,63	45,10	35,47	12,63	4,90	29,15
Hoggar	52,83	49,30	33,20	23,73	1,83	32,18
Bousselem	47,43	45,03	42,23	14,93	1,70	30,27

6-5- الشيخوخة الورقية (S) :

6-5-1- تأثير الظروف المناخية في الشيخوخة الورقية :

يعتبر كل من الجفاف و درجات الحرارة المرتفعة من بين العوامل المسرعة للشيخوخة الورقية (Wolfe *et al*., 1988) ؛ نتائج شيخوخة الورقة العلم لم تبد تبكيرا كبيرا خلال هذا الموسم وما ساهم في ذلك درجات الحرارة المعتدلة نسبيا المسجلة خلال فترة ملء الحب إلا أنه و كما ذكر سابقا ليس

فقط درجات الحرارة العالية المؤثرة في تسريع الشيخوخة إنما للإجهاد المائي تأثير واضح في تسريع حركية الشيخوخة الورقية خاصة لدى القمح الصلب (Mi *et al.*, 1999) و استنادا إلى نتائج المحاكاة باستعمال البرنامج Budget و التي أظهرت وجود إجهاد مائي خلال فترة ملء الحب(الوثيقة 11) الذي من شأنه أن يؤثر في حركية الشيخوخة الورقية من خلال تسريعها وهذا ينعكس سلبا على نشاطية التركيب الضوئي ، حسب Wardlaw *et al.* (1980) فإن أي نقص في المساحة النشطة للتركيب الضوئي يسبب التقليل في إمداد الحب بنواتج التركيب الضوئي . أن نتائج تحليل التغير أظهرت وجود فروق معنوية في بعض الوسائط القياسية للشيخوخة و الجدول 19 **(الملحق)** يوضح مقارنة متوسطاتها .

6-5-2- العلاقة بين الوسائط القياسية للشيخوخة الورقية :

مصفوفة الارتباط مابين الوسائط القياسية للشيخوخة الورقية أظهرت وجود ارتباط معنوي واحد مابين الوسطين القياسيين **Σ50s** و **Sa %** في حين باقي الوسائط القياسية لم نسجل فيها ارتباطات معنوية (الجدول 20) .

الجدول 20 : **مصفوفة الارتباط مابين الوسائط القياسية للشيخوخة الورقية**

	Sa %	Σ50 s	Vs max	Vs a
Sa %	1			
Σ50 s	-0,79*	1		
Vs max	0,07ns	-0,04ns	1	
Vs a	-0,14ns	0,02ns	0,37ns	1

* Significant at 5 % ; ns = not significant

عدم ارتباط الوسيط القياسي Vs max معنويا مع باقي الوسائط القياسية قد تم تسجيله من قبل من طرف Hafsi *et al.* (2000) وحسب هذا الأخير فإن ذلك يوحي بأن مستويات الشيخوخة مع نهاية مرحلة ملء الحب تكون متماثلة عند مختلف الأصناف .

إن علاقة الارتباط المعنوية و السلبية المسجلة بين **Σ50s** و **Sa %** تعني أن تأخر الشيخوخة من شأنه أن يخفض النسبة الإجمالية للشيخوخة و بالتالي فإنه يحفز على استمرارية نشاطية التركيب الضوئي ، حيث أن الصنف Méxicali والذي سجل أدنى قيمة في الشيخوخة الورقية أعطى أكبر مردود ، أي أنه حافظ على إبقاء الثغور مفتوحة مما ساعده على الحفاظ على نشاطية التركيب الضوئي و استمرارية تصنيع المواد الممثلة لملء الحب (Morgan *et al.*, 1993) .

6-5-3- علاقة المردود ومركباته بالوسائط القياسية للشيخوخة الورقية :

مصفوفة الارتباط (الجدول 21) أظهرت علاقة ارتباط سلبية لكن غير معنوية بين المردود الحبي ومتوسط نسبة الشيخوخة الورقيـــة (**Sa %**) (r = -0.45) وعلاقة الارتباط هذه قد سجلت من قبل في العديـــد من الدراسات (Rawson *et al*., 1983 ; Mi *et al*., 1999 ; Hafsi *et al*., 2000) الاتجاه السلبي لعلاقة الارتباط هذه يوحي بأن نسب الشيخوخة المنخفضة مرتبطة والمردود العالي . الارتباط المعنوي و الإيجابي المسجل بين المردود الحبي والوسيط القياسي **Σ50s** (r = 0.65) يشير إلى أن تأخر الشيخوخة الورقية يحفز المردود العالي ، وحسب Pajevic *et al*. (1999) فإن الانخفاض السريع في التركيب الضوئي (قصر أمد المساحة النشطة للتركيب الضوئي) مرتبط والشيخوخة مما يؤدي وفي وجود إجهاد مائي متأخر إلى انخفاض في المردود الحبي .

الجدول 21 : مصفوفة الارتباط بين مركبات المردود و الوسائط القياسية للشيخوخة الورقية

	Sa %	Σ50 s	Vs max	Vsa
GY	-0,457ns	0,636*	-0,02ns	0,02ns
TKW	0,24ns	0,271ns	0,153ns	-0,036ns
Bio	0,243ns	0,205ns	0,151ns	-0,165ns
V_{GF}	-0,086ns	0,067ns	-0,121ns	-0,124ns

*Significant at 5 % ; ns = not significant

إن علاقات الارتباط الضعيفة و السلبية المسجلة بين سرعة ملء الحب **(V_{GF})** والوسائط القياسية **Vs max** ، **Sa %** و **Vsa** توحي وحسب ما تقدم به Hanft et Wych (1982) بأن شيخوخة الورقة العلم تحدد فترة انتهاء ملء الحب .

6-5-4- علاقة الوسائط القياسية للشيخوخة الورقية مع RWC و CHL :

الشيخوخة الورقية تعرف على أنها أخر مرحلة من مراحل نمو الورقة و تتميز باصفرار تدريجي للأوراق ، وتعرف أيضا على أنها سلسلة من التغيرات البيوكيميائية و الفيزيولوجية التي تؤدي في النهاية إلى موت الخلايا (Smart, 1994) . لقد سجلت علاقة ارتباط معنوية و سلبية بين المحتوى اليخضوري **(CHL)** ومتوسط نسبة الشيخوخة الورقية (**Sa %**) (r = -0.68) أن علاقة الارتباط هذه توحي بأن تناقص المحتوى اليخضوري يتزايد و نسب الشيخوخة العالية ، حيث الصنف OuedZenati سجل أقصى قيمة من حيث متوسط نسبة الشيخوخة الورقية (49.30 %) بالمقابل سجل هذا الصنف أدنى قيمة من حيث المحتوى اليخضوري الكلي (28.57) و ما يؤكد علاقة الارتباط هذه النتائج التي

خلص لها Vierstra (1996) حيث أنه ومن بين أهم التغيرات الملاحظة خلال الشيخوخة الورقية هو تخرب وتلف الصبغات اليخضورية و أكدت نفس الملاحظة من طرف Takamiya *et al.* (2000) .

إن علاقة الارتباط السلبية وغير المعنوية المسجلة بين المحتوى المائي النسبي **(RWC)** و الوسيط القياسي **Σ50s** (r = -0.58) توحي بأن تأخر الشيخوخة يؤثر سلبا في المحتوى المائي النسبي ، إن تأخر الشيخوخة يعني تزايد تراكم المجموع الحراري المقترن و تزايد درجات الحرارة الفصلية وبالتالي تزايد تأثير الإجهاد المائي و الذي وحسب Houng *et al.* (1998) فإن أي تزايد في مستويات الإجهاد المائي من شأنه أن يخفض المحتوى المائي النسبي و الوثيقة 19 توضح تزايد حدة الإجهاد المائي مع تزايد درجات الحرارة المتوسطة و تناقص التساقط .

الجدول 27 : مصفوفة الارتباط مابين الوسائط القياسية للشيخوخة الورقية و RWC و CHL

	Sa %	Σ50 **S**	Vsmax	Vsa
RWC	0,47ns	-0,59ns	0,35ns	0,23ns
CHL	-0,69*	0,42ns	0,42ns	0,45ns

*Significant at 5 % ; ns = not significant

6-6- الانعكاس الضوئي الورقي (R) :

لدراسة الانعكاس الضوئي الورقي اعتمدنا على مجموعة من الوسائط القياسية و هي كمايلي :

- متوسط نسبة الانعكاس الضوئي **(Ra %)** يحسب انطلاقا من متوسط الانعكاس الضوئي من t_1 إلى t_8 .
- سرعة الانعكاس الضوئي الخطية **(V_{RL})** تستخرج انطلاقا من معادلة الانحدار الخطي مابين نسبة الانعكاس الضوئي ودرجات الحرارة المتراكمة بعد التزهير .
- متوسط سرعة الانعكاس الضوئي **(V_{Ra})** و سرعة الانعكاس الضوئي القصوى **($V_{R\ max}$)** تحسب بعد حساب السرعات اليومية وفق العلاقة التالية : $(R_{i+1} - R_i) / (t_{i+1} - t_i)$.
- مجموع درجات الحرارة الموافقة لـــ 50 % من الانعكاس الضوئي**($\Sigma 50_R$)** تستخرج انطلاقا من المنحنى البياني $R = f(\Sigma t)$ و الذي يعبر عن تغير الانعكاس الضوئي الورقي بدلالة درجات الحرارة المتراكمة بعد التزهير .

6-6-1- العلاقة بين الوسائط القياسية للانعكاس الضوئي الورقي :

تحليل التغير أظهر وجود اختلافات معنـــوية في بعض الوسائط القيـــاسية و غيابها في وسائط أخرى و الجدول 22 (**الملحق**) يوضح مقارنة المتوسطات الخاصة بتلك الوسائط .

مصفوفة الارتباطات أظهرت ارتباطا معنويا و سلبيا بين الوسيطين القاسيين **$\Sigma 50_R$** و **Ra %** وهذا الارتباط يوحي بأن تأخر تطور أو تزايد الانعكاس الضوئي يؤثر سلبا في نسبة الانعكاس الضوئي الإجمالية (**Ra %**) ، في حين علاقة الارتباط المعنوية و الايجابية المسجلة بين **$V_{R\ max}$** و **V_{Ra}** توحي بأن كلا الوسيطين القياسيين يتأثران و بنفس الصورة بالإجهاد المائي عند مختلف الأصناف (الجدول 23) .

الجدول 23 : مصفوفة الارتباط مابين المؤشرات القياسية للانعكاس الضوئي الورقي

	$\Sigma 50_R$	$V_{R\ linear}$	Ra %	$V_{R\ max}$
$\Sigma 50_R$	1			
$V_{R\ linear}$	-0,3ns	1		
Ra %	-0,87*	0,35ns	1	
$V_{R\ max}$	-0,21ns	-0,28ns	0,09ns	1
V_{Ra}	-0,07ns	0,01ns	0,12ns	0,8*

* Significant at 5 % ; ns = not significant

6-6-2- العلاقة بين الوسائط القياسية للانعكاس الضوئي و الوسائط القياسية للشيخوخة الورقية :

مصفوفة الارتباط بين الوسائط القياسية للانعكاس الضوئي الورقي و الوسائط القياسية للشيخوخة الورقية أظهرت علاقة ارتباط معنوية و إيجابية بين الوسيطين القياسيين **Ra %** و **Sa %** (الجدول 24) ، توحي علاقة الارتباط هذه بأن الإجهاد المائي يؤثر في كلا الوسيطين القياسيين بنفس الصورة عند مختلف الأنماط الوراثية . سجلت أيضا علاقة ارتباط معنوية و سلبية بين الوسيط القياسي **Ra %** و **$\Sigma 50$ s** و تشير علاقة الارتباط هذه بأن تأخر الشيخوخة الورقية من شأنه أن يخفض متوسط نسبة الانعكاس الضوئي ، الصنف Méxicali يعتبر صنف متأخر الشيخوخة حيث سجل أقصى قيمة بالنسبة للوسيط القياسي **$\Sigma 50$ s** (338.85 °م) وتوافقت هذه القيمة وأدنى قيمة بالنسبة للوسيط القياسي **Ra %** (35.89%) بالمقارنة مع جميع الأصناف المدروسة وهذا التناسب بين كلا الوسيـــطين حفز على مردود حبي عال عند الصنف Méxicali (31.94 ق/هـــ) يمكن تفسير ذلك على أنه و نتيجة لتأخر الشيخوخة الورقية فإن نسبة الانعكاس الضوئي تتناقص و بالتالي فإن النبات يستغل أكبر كمية ممكنة من الأشعة الساقطة في عملية التركيب الضوئي أي نشاطية تركيب ضوئي عالية وبالتالي مردود حبي أفضل ،

حسب Brisson et Casals (2005) إن توقف نمو الورقة وتسارع الشيخوخة الورقية تحت ظروف الإجهاد المائي يؤدي إلى تناقص كمية الأشعة الممتصة من طرف المجموع الخضري بمعنى أخر تزايد نسبة الأشعة الضوئية المنعكسة ؛ أي انخفاض في نشاطية التركيب الضوئي الذي يؤثر سلبا في المردود الحبي . إن إجهاد الجفاف يخفض فعالية استغلال الأشعة (RUE) (Foulkes *et al.*,2001) وعلى الأرجح فإن الوجه الأخر لانخفاض فعالية استغلال الأشعة هو تزايد نسبة الانعكاس الضوئي الورقي .

الجدول 24 : مصفوفة الارتباط بين الوسائط القياسية للانعكاس الضوئي و الشيخوخة الورقية

	Sa %	$\Sigma 50_S$	Vs max	Vsa
$\Sigma 50_R$	-0,5ns	0,56ns	0,32ns	0,32ns
$V_{R\ linear}$	-0,08ns	-0,11ns	-0,05ns	-0,21ns
Ra %	0,72*	-0,66*	-0,5ns	-0,51ns
$V_{R\ max}$	0,09ns	0,34ns	0,25ns	-0,07ns
V_{Ra}	-0,01ns	0,48ns	0,18ns	-0,41ns

* Significant at 5 % ; ns = not significant

6-6-3- علاقة الوسائط القياسية للانعكاس الضوئي بالمردود و مركباته :

دراسة الارتباط أظهرت علاقة ارتباط معنوية و إيجابية بين سرعة الانعكاس الضوئي الخطية **$V_{R\ linear}$** و المردود الحبي ، كما وصفت أيضا علاقة ارتباط معنوية و سلبية بين متوسط نسبة الانعكاس الضوئي **Ra %** و المردود الحبي (الجدول 25) إن اتجاه علاقة الارتباط هذه يوحي بأن تزايد الانعكاس الضوئي يؤثر سلبا في المردود الحبي ، توحي علاقة الارتباط هذه بأن تزايد نسبة الانعكاس الضوئي تعني تناقص فعالية استغلال الأشعة و بالتالي تناقص نشاطية التركيب الضوئي الذي يعتبر وحسب Mi *et al.* (1999) المحدد الرئيسي للمردود خلال مرحلة ملء الحب .

تعتبر عملية التركيب الضوئي عملية هامة جدا في النبات ، حيث يقوم النبات من خلالها بامتصاص الأشعة الضوئية و تحويلها إلى روابط كيميائية لبناء مواد كربوهدراتية انطلاقا من الماء و CO_2 و هذه المواد الناتجة توجه لملء الحب ، تناقص عملية التركيب الضوئي الذي يسببه تطور الشيخوخة مع نهاية مرحلة ملء الحب يعتبر المحدد الرئيسي لملء الحب ونضج المحصول النهائي (Pajevic *et al.*, 1999) ، أن علاقة الارتباط المعنوية و الإيجابية بين كل من نسبة الشيخوخة الورقية **Sa %** و نسبة الانعكاس الضوئي الورقي **Ra %** توحي بأن تأثير كلا الوسيطين القياسيين على عملية التركيب الضوئي خلال مرحلة ملء الحب متماثل . سجلت أيضا علاقة ارتباط معنوية و إيجابية بين **$V_{R\ max}$** و **V_{Ra}** مع وزن

ألف حبة **(TKW)** يمكن أن تفسر علاقة الارتباط هذه بأنه وكما للشيخوخة تأثير في إعادة نقل المواد الممثلة (Remobilization) (Yang *et al*., 2001) و في بعض الحالات لها تأثير كبير في الحفاظ على المردود (Gebbing and Schnyder, 1999) فإن للانعكاس الضوئي الورقي نفس التأثير في عملية إعادة نقل المواد الممثلة و المخزنة من الساق ونحو الحب .

الجدول 25 : مصفوفة الارتباط مابين الوسائط القياسية للانعكاس الضوئي والمردود و مركباته

	GY	TKW	BIO	V_{GF}
$\Sigma 50_R$	0,55ns	-0,01ns	0,01ns	0,14ns
$V_{R\ linear}$	-0,71*	-0,07ns	-0,43ns	-0,49ns
Ra %	-0,66*	0,17ns	-0,04	-0,30ns
$V_{R\ max}$	0,34ns	0,68*	0,75*	0,19ns
V_{Ra}	0,22ns	0,76*	0,60ns	-0,11ns

* Significant at 5 % ; ns = not significant

6-6-4- علاقة الوسائط القياسية للانعكاس الضوئي مع RWC و CHL :

الشيخوخة تعتبر وكما ذكر سابقا أخر مرحلة من مراحل تطور الورقة تتميز هذه المرحلة باصفرار تدريجي للأوراق ينتج عن التحطم التدريجي لليخضور- تحول لون الورقة من الأخضر إلى الأصفر- يرتبط لون الورقة و نسبة اليخضور (أ) إلى اليخضور (ب) وكذا إلى وجود أو غياب الصبغات المرافقة مثل الكاروتين مثل هذه التغيرات اللونيـــة في الورقة من شأنـــها أن تؤثر في نسبة الانعكاس الضوئـــي الورقـــي (Monneveux et Belhassen, 1996) .

دراسة الارتباط أظهرت وجود علاقة ارتباط معنوية و سلبية بين المحتوى اليخضوري الكلي **CHL** و متوسط نسبة الانعكاس الضوئي الورقي **Ra %** (الجدول 26) يمكن آن تفسر علاقة الارتباط هذه على أن التغير اللوني التدريجي للأوراق الناتج عن التحطم التدريجي لليخضور ينتج عنه تناقص المساحة النشطة للتركيب الضوئي و بالتالي تناقص فعالية استغلال الأشعة أي بمعنى أخر تزايد نسبة الانعكاس الضوئي وكل ذلك يؤثر سلبا في المردود الحبي . العلاقات السلبية وغير المعنوية المسجلة بين سرعات تطور الانعكاس الضوئي الورقي($\mathbf{V_{R\ linear}}$, $\mathbf{V_{R\ max}}$, $\mathbf{V_{Ra}}$) والمحتوى المائي النسبي **RWC** توحي بتناقص المحتوى المائي النسبي مع تزايد سرعات تطور الانعكاس الضوئي ، حسب Smart (1994) بالإضافة إلى التحطم التدريجي لليخضور هناك العديد من التغيرات البيوكيميائية و الفيزيولوجية الملاحظة خلال المراحل الأخيرة من تطور الورقة من بين هذه التغيرات التحطم الفيزيولوجي للخلايا و الذي يحفز تزايد الفقد في المحتوى المائي النسبي .

الجدول 26 : مصفوفة الارتباط بين الوسائط القياسية للانعكاس الضوئي و RWC و CHL

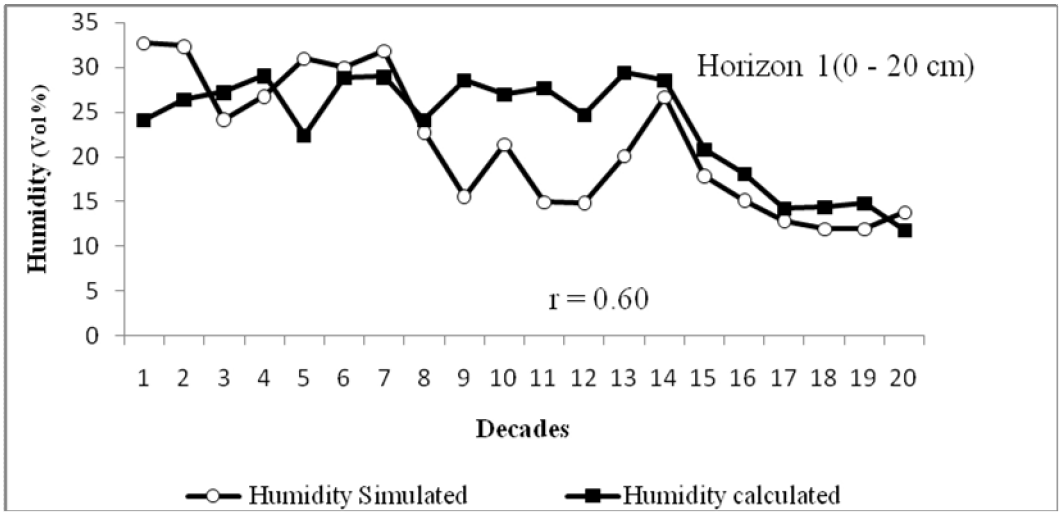
	$\Sigma 50_R$	$V_{R\ linear}$	Ra %	$V_{R\ max}$	V_{Ra}
RWC	0,26ns	-0,43ns	0,10ns	-0,33ns	-0,45ns
CHL	0,67*	-0,03ns	-0,69*	-0,26ns	-0,33ns

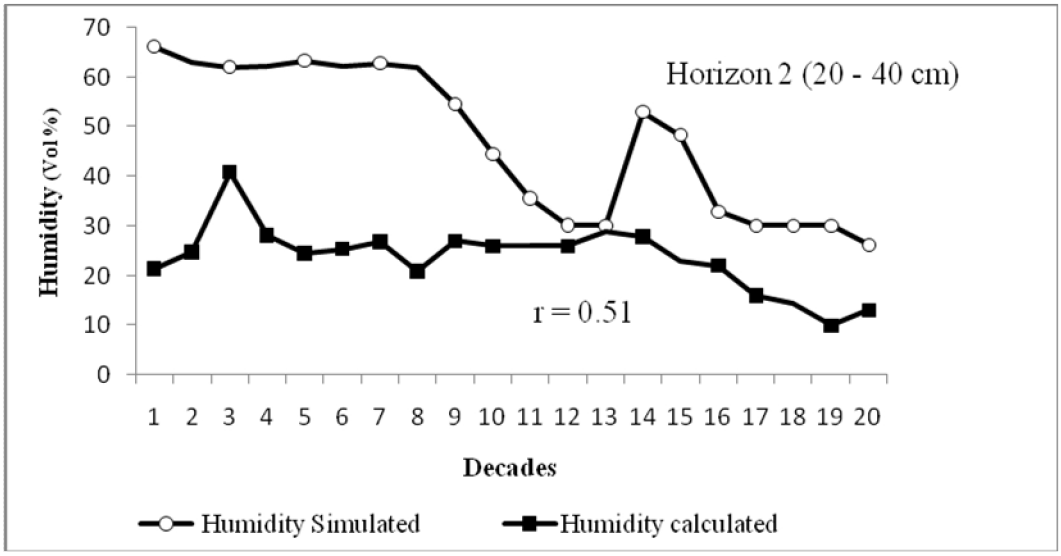
* Significant at 5 % ; ns = not significant

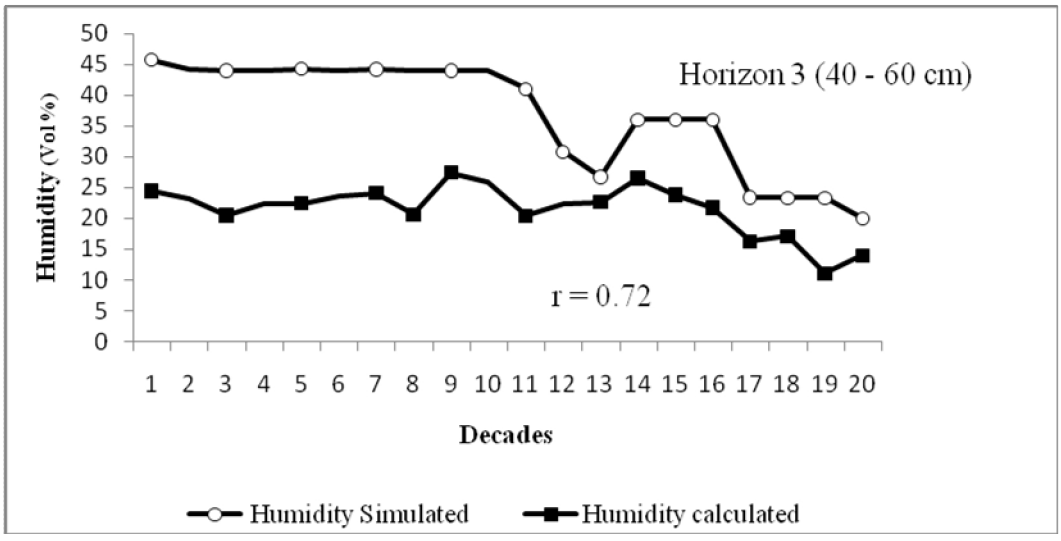
6-7- المحاكاة باستعمال البرنامج Budget :

6-7-1- مقارنة تغير رطوبة التربة المحسوبة و المحاكاة :

الوثيقة 21 تظهر تغير رطوبة التربة المحسوبة و المحاكاة ضمن كل أفق من الأفق الثلاثة ، دراسة الارتباط بين رطوبة التربة المحسوبة والمحاكاة أظهرت وجود ارتباطات معنوية فيما بينها وهذا يوحي بتماثل تغير رطوبة التربة المحسوبة و المحاكاة باستعمال البرنامج Budget . تتبع تغير المحتوى المائي للتربة باستعمال برنامج المحاكاة خلال مراحل تطور المحصول يمكننا من التنبؤ بفترات الإجهاد المائي .



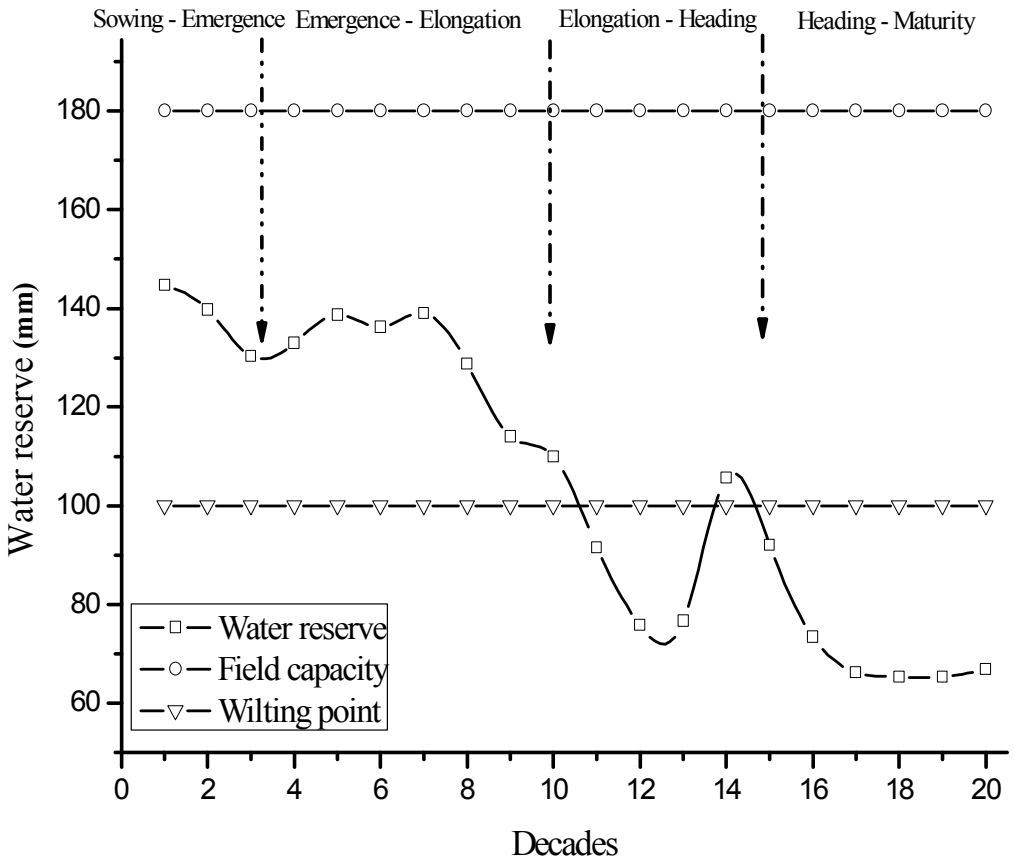




الوثيقة 09 : تغير رطوبة التربة المحسوبة والمحاكاة ضمن الأفق الثلاثة

6-7-2- فترات الإجهاد المائي :

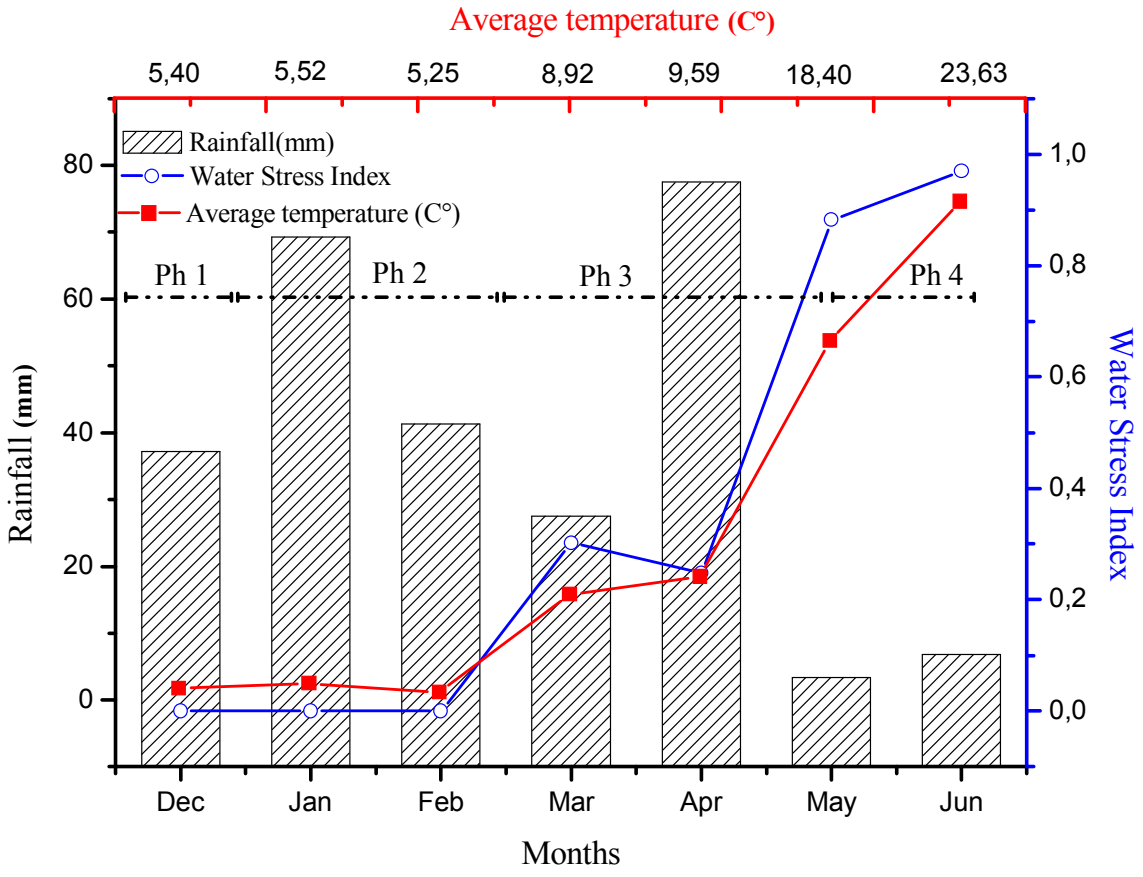
يعتبر الإجهاد المائي (العجز المائي) واحد من بين الإجهادات البيئية المؤثرة في الإنتاج الزراعي العالمي (Boyer, 1982) . إن تتبع تغير المحتوى المائي للتربة يمكننا و بشكل واضح من التنبؤ بفترات الإجهاد المائي حيث يوافق ذلك تناقص المحتوى المائي للتربة إلى ما دون نقطة الذبول الدائم ، استنادا إلى نتائج برنامج المحاكاة Budget ومن بين المراحل الأربعة لتطور المحصول سجل إجهاد مائي خلال المرحلتين الأخيرتين فقط (الوثيقة 11) .



الوثيقة 11 : تغير المحتوى المائي للتربة (0- 60 سم) خلال الموسم الزراعي 2008 / 2009

توضح الوثيـــقة 19 تغير كل من التساقط ، درجات الحرارة المتوسطة و الإجهاد المائي ، استنادا إلى نتائج برنامج المحاكاة Budget قدر متوسط الإجهاد المائي خلال المرحلة (Elongation - Heading) 0.4 ، في حين المرحلة (Heading - Maturity) سجلت متوسط قدره 0.97 . للتساقط و درجات الحرارة المتوسطة تأثير واضح في تغير مستويات الإجهاد المائي ، دراسة الارتباط أظهرت وجود علاقة ارتباط

معنوية و ايجابية بين درجات الحرارة المتوسطة و الإجهاد المائي (r = 0.98) ، في حين سجلنا علاقة ارتباط معنوية و سلبية بين التساقط ومؤشر الإجهاد المائي (r = - 0.74) إن تزايد درجات الحرارة المتوسطة و تناقص التساقط من شأنهما أن يرفعا مستويات الإجهاد المائي .



Ph 1 : Sowing - Emergence ; Ph 2 : Emergence – Elongation ; Ph 3 : Elongation – Heading ; Ph 4 : Heading - Maturity

الوثيقة 19 : التغيرات الشهرية للتساقط ، درجات الحرارة المتوسطة و مؤشر الإجهاد المائي خلال مراحل تطور المحصول

6-7-3- تأثير الإجهاد المائي في المردود و مركباته :

الإجهاد المائي واحد من بين أكبر العوامل المحددة للمردود ضمن مناطق البحر الأبيض المتوسط (Bennet *et al.*, 1998) . مناطق البحر الأبيض المتوسط تتعرض للكثير من فترات الإجهاد المائي و ذلك خلال المرحلة الخضرية و التكاثرية من تطور المحصول (Elhani *et al.*, 2007) ، إن الإجهاد المائي المبكر يؤثر وبشكل متوازي في نمو كل من الجذور و الجزء الهوائي بما في ذلك تطور الأوراق و أعضاء التكاثر (Debaeke *et al.*, 1996) . ضمن مناطق البحر الأبيض المتوسط الإجهاد المائي يسبب خسارة في

المردود تتراوح مابين 10 – 80 % حسب الموسم الزراعي (Nachit *et al*., 1998) ظهور العجز المائي بعد مرحلة التزهير يؤثر سلبا في وزن الحب (Ceccarelli *et al*., 1987) ويتوافق هذا وعلاقة الارتباط المعنوية و السلبية المسجلة بين مؤشر الإجهاد المائي و وزن ألف حبة **(TKW)** (r = - 0.70) ، إن انعدام علاقة ارتبـــاط معنوية بين المردود الحبي و وزن ألف حبة خـــلال هذه الـــدراسة يـــرجع وحسب Elhani *et al.* (2007) إلى ظهور الإجهاد المائي بعد التزهير وبشكل خاص خلال مرحلة ملء الحب و الوثيقة 19 توضح التزايد الحاد في مستويات الإجهاد المائي خلال هذه المرحلة ، أيضا علاقة الارتباط السلبية وغير المعنوية بين الكتلة الحيوية و مؤشر الإجهاد المائي (r = - 0.53) تتوافق و ما توصل إليه Clark *et al*. (1991) بأن إنتاجية النبات للكتلة الحيوية تبلغ أقصاها عند ظروف سقي ملائمة ، في حين تحت ظروف الإجهاد المائي نسجل تناقص معتبر في إنتاجية النبات للكتلة الحيوية .

الخـــاتمة :

يتحكم في الإنتاج الزراعي ضمن المناطق شبه الجافة مجموعة من الإجهادات اللاحيوية و التي على رأسها الجفاف (العجز المائي المقترن و درجات الحرارة العالية) . العديد من التجارب التي تمت من أجل التحسين الوراثي لتحمل الجفاف بينت صعوبة الانتقاء من أجل المردود ، وهذا ما أدى بالباحثين إلى تطوير العديد من الطرق الأكثر تحليلا و تفسيرا حيث تعتمد هذه الطرق على مبدأ استعمال الخصائص المرفولوجية و الفيزيولوجية لدى الأصناف المنتجة كمؤشرات غير مباشرة للانتقاء ضمن برامج التحسين الوراثي . ضمن دراستنا هذه ركزنا على بعض المؤشرات الفيزيولوجية مثل المحتوى المائي النسبي **(RWC)** و المحتوى اليخضوري **(CHL)** ، حيث أستعمل هاذيـــن المؤشريـــن من طرف العديد من الباحثين مثل Sibel Tas and Birol Tas (2007) من أجل تقييم تأثير إجهاد الجفاف على النبات بالإضافة إلى هذين المؤشرين قمنا أيضا بدراسة مؤشر الشيخوخة الورقية و الذي أثبت فعالية عالية في انتخاب أصناف متحملة للجفاف ، حيث وحسب Thomas and Smart (1993) الأصناف متأخرة الشيخوخة تعتبر جد مستحسنة ضمن برامج تحسين النبات لأنها تظهر تحملا اتجـــاه الأمراض و الجفاف أيضا .

تتبع حركية الشيخوخة يأخذ نفس الشكل (Sigmoid) عند جميع الأصناف المدروسة لكن نسجل اختلاف فيما بينها من حيث مجموع درجات الحرارة الموافقة لـــ 50 % من الشيخوخة **(Σ50s)** ، حيث أن الصنف Méxicali سجل أقصى قيمة بالنسبة لهذا الوسيط القياسي هذا من جهة ومن جهة أخرى كان له أدنى قيمة بالنسبة للوسيط القياسي **(Sa%)** (متوسط نسبة الشيخوخة الورقية) و هذا توافـــق و إنتاج هذا الصنف لأكبر مردود حبي مقارنة بباقي الأصناف ، يوحي هذا بأن الأصناف متأخرة الشيخوخة وذات نسب شيخوخة منخفضة تعتبر جد هامة بالنسبة لبرامج التحسين الوراثي لإنتاجها مردود حبي عال تحت ظروف الإجهاد المائي .

علاقة الارتباط المعنوية و السلبية المسجلة بين المحتوى اليخضوري الكلي **(CHL)** و متوسط نسبة الشيخوخة الورقية **(Sa%)** توحي بأن تزايد نسب الشيخوخة يؤثر سلبا في المحتوى اليخضوري و بمعنى أخر تناقص نشاطية التركيب الضوئي ؛ تحت ظروف الإجهاد ، نشاطية و استمرارية التركيب الضوئي يتحكم فيـــها كل من الحركة الثغريـــة (Morgan *et al*. 1993) و الشيخـــوخة الـــورقية (Pajević *et al*. 1999) .

تقنية الصور الرقمية التي استعملت في تتبع حركية الشيخوخة الورقية وظفت أيضا لدراسة تغير الانعكاس الضوئي الورقي ، لقد أظهر هذا الأخير عدة ارتباطات معنوية و من بينها الارتباط المعنوي و السلبي مابين المردود الحجي ومتوسط نسبة الانعكاس الضوئي الورقي(**Ra%**) هذا الارتباط يشير إلى أن المردود الحجي يتناقص و تزايد نسبة الانعكاس الضوئي حيث أن الصنف Méxicali و الذي سجل أعلى مردود كانت له أدنى نسبة انعكاس ضوئي ، إن انتخاب أصناف ذات نسب انعكاس ضوئي منخفضة تحت ظروف الجفاف يعتبر ذو أهمية عالية من أجل المردود الحجي العالي . علاقتا الارتباط المعنويتين و الإيجابيتين المسجلتين بين سرعتي تزايد نسبة الانعكاس الضوئي (V_{Ra} ،$V_{R\ max}$) و وزن ألف حبة (**TKW**) توحي بأن التزايد السريع في نسب الانعكاس الضوئي من شأنه أن يحفز إعادة تعبئة الحب (Remobilization) انطلاقا من المواد الممثلة و المخزنة على مستوى الساق . علاقة الارتبـــاط المعنوية و الإيجابية المسجلة بين متوسط نسبة الشيخوخة الورقية (**Sa%**) و متوسط نسبة الانعكاس الضوئي (**Ra%**) تظهر أن الجفاف يؤثر في كلا المؤشرين بنفس الصورة و بالتالي فإن كلا المؤشرين يؤثران و بنفس الحدة في المردود الحجي . علاقة الارتباط المعنوية والسلبية المسجلة بين المحتوى اليخضوري الكلي (**CHL**) و متوسط نسبة الانعكاس الضوئي الورقي (**Ra%**) تشير إلى أن تناقص المحتوى اليخضوري الكلي يعني تزايد نسبة الانعكاس الضوئي الورقي و بالتالي تناقص فعالية استغلال الأشعة (**RUE**) الذي يؤثر سلبا في نشاطية التركيب الضوئي . علاقة الارتباط المسجلة سابقا بين **CHL** و **Ra%** تدعم فعالية المبدأ المعتمد عليه في تتبع تغير نسبة الانعكاس الضوئي الورقي و هو التغير اللوني للورقة و الذي أستعمل من قبل و من طرف العديد من الباحثين من أجل دراسة تأثير بعض الإجهادات اللاحيوية مثل الإجهاد المائي و الآزوتي (Ahmed and Reid, 1996) درجات الحرارة المنخفضة (Bacci *et al*., 1998) .

فعالية استغلال الماء (**WUE**) و فعالية النتح (**W**) سجلت عدة ارتباطات معنوية سواءا مع بعض الوسائط القياسية للشيخوخة الورقية أو الوسائط القياسية للانعكاس الضوئي الورقي أو مع بعض المؤشرات الزراعية . فعالية استغلال الماء (**WUE**) كمؤشر لانتخاب أصناف عالية المردود تحت ظروف العجز المائي يعتبر محل شك ، وذلك لأن مردودية النبات تحت ظروف الجفاف ليست مرتبطة فقط وفعـــالية استغلال الماء أنما جد مرتبطة وقدرة الأنمـــاط الوراثية على تعديل النتح (تخفيضه) . (Blum, 1993)

Whan *et al.* (1991) أكدوا أن الحيوية المبكرة من شأنها أن ترفع المردود الحبي ، ضمن دراسة خصت عدد كبير من الأنماط الوراثية وضمن مناطق مختلفة . الحيوية المبكرة من شأنها أن ترفع فعالية استغلال الماء من خلال خفض كمية الماء المفقود عن طريق التبخر و ترفع أيضا في فعالية النتح ، توجد عدة طرق وراثية لرفع فعالية النتح ، فعلى سبيل المثال رفع عاكسية السطح من أجل خفض درجة حرارة الأنسجة المساهمة في عملية التركيب الضوئي من شأنها أن ترفع فعالية النتح كما أن الانتقاء من أجل رفع نسبة البياض و/أو الزغب تعتبر طريقتين فعالتين للحصول على فعالية نتح محسنة في نباتات المحاصيل (Richards *et al.*, 1986) ، إلا أن هذا لم يتوافق و علاقة الارتباط المعنوية و السلبية المسجلة بين **WUE** $_{yield}$ و **W** $_{yield}$ و الوسيط القياسي **(Ra %)** و يمكن أن تفسر علاقة الارتباط هذه من خلال تناقص المردود الحبي كنتيجة لتزايد نسبة الانعكاس الضوئي **(Ra %)** و بالتالي تناقص فعالية استغلال الماء و فعالية النتح . برنامج المحاكاة Budget يمكننا من تقدير العديد من المؤشرات البيئية مثل : كمية الماء المفقود عن طريق النتح و التبخر أو كلاهما معا (Evapotranspiration) ، أضف إلى ذلك فإن هذا البرنامج يمكننا من التنبؤ بفترات الإجهاد المائي و كذا حساب معاملات الإجهاد المائي حيث خلال هدا الموسم الزراعي سجلت حالتي إجهـــاد مائي وخلال المرحلتين الأخـــيرتين من تطور المحصـــول و يمكننا أيضا هذا البرنامج من تتبع تغيرات المحتوى المائي للتربة خلال المراحل الفينولوجية المختلفة حيث مطابقة نتائج تغير المحتوى المائي للتربة المحسوب و المحاكى يظهر أنهما متطابقين . كما أن حساب معاملات الإجهاد المسجل خلال المرحلتين الأخيرتين يؤكد التأثير الحاد للإجهاد المتأخر على الأنماط الوراثية .

يعتبر استعمـــال تقنية الصور الرقمية التي تعتمد على التحليـــل الرقمي للصور باستعمال البرنامج IPP (Image Pro Plus) في الميدان الزراعي وضمن مناطقنا بمثابة قفزة نوعية نحو استعمال التقنيات الرقمية الحديثة غير المكلفة من أجل انتخاب أصناف متحملة للإجهادات البيئية السائدة ضمن مناطقنا وعلى رأسها الإجهاد المائي (الجفاف) .

المـــراجع

Acevedo, E., Hsiao, T.C. and Henderson, D.W., 1971 : Immediate and subsequent growth responses of maize leaves to changes in water status. *Plant Physiol*., 48: 631-636**.**

Acevedo, E., Harris, H. and Cooper, P.J. M., 1991 : Crop architecture and water use efficiency in Mediterranean environments. *In* H. Harris, P.J.M. Cooper and M. Pala, eds. *Soil and Crop Management for Improved Water Use Efficiency in Rainfed Areas*, ICARDA , pp :106-118**.**

Acevedo, E, 1993 : Potential of carbon isotope discrimination as a selection criterion in barley breeding pp : 399-417 **.** In J.R. Fhleringer et al., (ed) Stable isotopes and plant carbon – water relations . Academic Press. San Diego, CA **.**

Acevedo, E., Silva, H. and Silva, P., 1998 : Tendencias actuales de la investigación de la resistencia al estrés hídrico de las plantas cultivadas. Boletín Técnico Estación Experimental Agronómica, 49 (1-2): 1-28**.**

Adam, Z and Clarke, A.K , 2002 : Cutting edge of chloroplast proteolysis. Trends Plant Sci. **7**: 451-456**.**

Adamsen, F.J., Pinter, Jr., P.J., Barnes E.M. [et al.]. 1999 : Measuring wheat senescence with a digital camera. Crop Science. 39(3): 719-724**.**

Ahmad, I.S and Reid, J.F, 1996 : Evaluation of colour representations for maize images. Journal of Agricultural Engineering Research. 63(3): 185-196**.**

Ahlrichs, J.S. and Bauer, M.E, 1982 : Relation of agronomic and multispectral reflectance characteristics of spring wheat canopies. Purdue University, Lafayette, IN. LARS Technical Report 121082:26p**.**

Aharoni, N and Lieberman, M, 1979 : Patterns of ethylene production in senescing leaves. Plant Physiol. 64:796-800**.**

Aleyar , A.A ; Park ,T.S ; Vergara ,B.S and Visperas ,R.M , 1995 : The effect of source sink imbalance in rice leaf senescence and yield . In P.Mathis (ed) .Photosynthesis from light to biosphere . Kluver academic press .Vol v , pp : 723-726**.**

Allison, J.C.S. & Daynard, T.B., 1976 : Effect of photoperiod on development and number of spikelets of a temperature and some low-latitude wheats. *Ann. Appl. Biol.*, 83: 93-102**.**

Al-Abbas, A. H., Barr, R., Hall, J. D., Crâne, F. L. and Baumgardner, M. F. 1974 : Spectra of normal and nutrient-deficient maize leaves, *Agron. J.* 66:16-20**.**

Al Khatib, K, and Paulsen, G.M , 1985 : Use of growth regulators to control senescence of wheat at different temperatures during grain development . J. Agri. and Food Chem . 33:866-870**.**

Amsal Tarekegne, D. G. Tanner, Tesfaye Tesemma and Getinet Gebeyehu, 1995 : Improvement of durum wheat yield and associated effects on morpho-physiological characters. African Crop Science Joumal.Vol. 3. No.4, pp. 433-442**.**

Angus, J.F., Cunningham, R.B., Moncur, M.W. and Mackenzie, D.H., 1981 : Phasic development in field crops. I. Thermal response in the seedling phase. *Field Crops Research*, 3: 365-378**.**

Aparicio, N., D. Villegas, J. Casadesus, J.L. Araus, and C. Royo, 2000 : Spectral vegetation indices as nondestructive tools for determining durum wheat yield. Agron. J. 92:83–91**.**

Araus, J.L., T. Amaro, J. Casadesus, A. Asbati, and M.M. Nachit, 1998 : Relationships between ash content, carbon isotope discrimination and yield in durum wheat . Aust. J. Plant Physiol. 25:835–842**.**

Araus, J.L., J. Casadesus, and J. Bort, 2001 : Recent tools for the screening of physiological traits determining yield. p. 59–77. In M.P. Reynolds, J.I. Ortiz-Monasterio, and A. Mcnab (ed.) Application of physiology in wheat breeding. CIMMYT, Mexico, D.F **.**

Araus, J.L., D. Villegas, N. Aparicio, L.F. Garcia del Morel, S. El Hani, Y. Rharrabti, J.P. Ferrio, and C. Royo, 2003: Environmental factors determining carbon isotope discrimination and yield in durum wheat under Mediterranean conditions. Crop Sci.43:170–180.

Ashraf, M. and O'Leary, J.W , 1996 : Responses of some newly develop salt-tolerant genotypes of spring wheat to salt stress: II. Water relation and photosynthetic capacity. *Acta Bot. Neerlandica*, 45: 29-39.

Ashraf M. and Bashir, A, 2003 : Relationship of photosynthetic capacity at the vegetative stage and during grain yield of two hexaploid wheat (Triticum aestivum L.) cultivars differing in yield. European Journal of Agronomy, 19 : 277–287.

Austin, R.B.; Morgan, C.L.; Ford, M.A and Blackwell, R.D, 1980 : Contributions to grain yield from pre-anthesis assimilation in tall and dwarf barley phenotypes in two contrasting seasons. Ann. Bot.,45: 309-319.

Ayers, A.D., Brown, J.W. and Wadleigh, L , 1952 : Salt tolerance on barley and wheat in soil plots receiving several salinization regimes. *Agron. J.*, 44: 307-310.

Ayers, R. and Wescot, D , 1976 : Water quality for agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 97p .

Bacci, L., De Vincenzi, M., Rapi, B. [et al.]. 1998 : Two methods for the analysis of colorimetric components applied to plant stress monitoring. Computers and Electronics in Agriculture. 19(2): 167-186.

Bahlouli, F; Bouzerzour, H et Benmahammed, A, 2007 : Effets de la vitesse et de la durée du remplissage du grain ainsi que de l'accumulation des assimilats de la tige dans l'élaboration du rendement du blé dur (*Triticum durum* Desf.) dans les conditions de culture des hautes plaines orientales d'Algérie *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* **12**(1), 31-39.

Baker, C.K. and Gallagher, J.N., 1983a : The development of winter wheat in the field. Relation between apical development and plant morphology within and between seasons. *J. Agric. Sci*. Cambridge, 10: 327-335.

Baker, C.K. and Gallagher, J.N , 1983b : The development of winter wheat in the field. The control of primordium initiation rate by temperature and photoperiod. *J. Agric. Sci.* Cambridge, 101: 337-344.

Bate, N.J, Rothstein, S.J and Thompson, J.E, 1991 : Expression of nuclear and chloroplast photosynthesis-spesific genes during leaf senecence. J Exp Bot. 42:801-811.

Benziger, M ; Edmeades, G.O and Lafitte, H.R , 1999 : selection for drought tolerance increases maize yields across a range of nitrogen levels . Crop Sci .39 : 1035-1040.

Benbella, M. and Paulsen, G.M., 1998 : Efficacy of treatment for delaying senescence of wheat leaves: II Senescence and grain yield under field conditions. Agron. J., 90: 332-338.

Benlaribi, M, 1990 : Adaptation au déficit hydrique chez le blé dur (Triticum durum DEesf.), étude des caractères morphologiques et physiologiques. Thèse de Doctorat. Univ. Constantine. 164 p.

Ben Naceur, M., Gharbi, M.S et Paul, R. 1999 : L'amélioration variétale et les autres actions contribuant à la sécurité alimentaire en Tunisie en matière de céréales. Sécheresse ; 10 : 27-33.

Benbelkacem, A., Mekni, M.S. and Rasmusson, D.C, 1984 : Breeding for high tiller number and yield in barley. Crop Sci., 24 : 968-972.

Bennet, S.J., Saidi, N and Enneking, D, 1998 : Modelling climatic similarities in Mediterranean areas: a potential tool for plant genetic resources and breeding programmes. Agric. Ecosyst. Environ. 70, 129–143.

Berry, J.A. & Rawson, J.K. 1981 : Response of macrophytes to temperature. *In* O.L. Lange, P.S. Nobel, C.B. Osmond, and H. Ziegler, eds. *Physiological Plant Ecology. I. Responses to Physical Environment*. Springer-Verlag, Berlin. 278 p.

Bidinger, F.R., Musgrave, R.B. and Fischer, R.A , 1977 : Contribution of stored preanthesis assimilates to grain yield in wheat and barley. *Nature*, 270: 431-433**.**
Blackburn, G.A, 1998 : Spectral indices for estimating photosynthetic pigment concentrations: A test using senescent tree leaves. Int. J. Remote Sens. 19:657–675**.**
Blank, A and McKeon, T.A, 1991 : Expression of three RNase activities during natural and darkinduced senescence of wheat leaves. Plant Physiol. 97:1409-1413**.**
Blum, A , 1986 : The effect of heat stress on wheat leaf and ear photosynthesis. *J. Exper. Bot*., 37: 111-118**.**
Blum, A, 1993 : Selection for sustained production in water-deficit environments. *International Crop Science,* 677: 343-347**.**
Blum , A and Pnuel ,Y, 1996 : Physiological attributes associated with drought resistance of wheat cultivars in a mediterranean environment. *Aust. J. Agric. Res.,* 41, 799-810**.**
Bolger ,T.P., Turner, N.C, 1998 : Transpiration efficiency of three Mediterranean annual pasture species and wheat. Oecologia, 115 : 32–38 **.**
Bongi, G. and Long, S.P., 1987 : Light-dependent damage to photosynthesis in olive leaves during chilling and high temperature stress. *Plant Cell Environ*., 10 : 241-249**.**
Borell, A.K and Douglas, A.C.L , 1996 : Maintaining green leaf area in grain sorghum increases yield in a water limited environment .Aias Occasional Puplication .93 : 315-322**.**
Bos, M.G, 1985 : Summary of ICID definitions on irrigation efficiencies. In : Les besoins en eau des cultures. Conférence internationale, Paris, 11-14 septembre 1984. Paris : Institut national de la recherche agronomique (Inra), 889-899**.**
Bouaziz, A. and Hicks, D.R., 1990 : Consumption of wheat seed reserves during early growth as affected by soil water potential. *Plant and Soil*,128: 161-165**.**
Boufenar –Zaghouane, F. et Zaghouane, O , 2006 : Guide des principales variétés de céréales a paille en Algérie (blé dur , blé tender , orge et avoine),ITGC El-Harrach, Alger pp : 54-60**.**
Bouzerzour, H. Zerargui, H. and Dekhili, M. 1994 : Relationships among duration of vegetative and grain filling periods, yield components and grain yield in durum wheat. *Awamia*, 75:15-23**.**
Bouzerzour, H , 1998 : Selection pour le rendement, la précocité à l'épiaison et la biomasse aérienne chez l'orge (Hordeum vulgare L.) en zone semis aride. Thèses Doctorat d'Etat, Univ constantine **.**
Boyer, J.R, 1982 : Plant productivity and environment . Science (Washington, DC) 218:443–448**.**
Brisson, N and Casals, M.L, 2005 : Leaf dynamics and crop water status throughout the growing cycle of durum wheat crops grown in two contrasted water budget conditions, Agron. Sustain. Dev. 25, 151–158**.**
Bruckner, P.L., Frohberg, R.C, 1987 : Rate and duration of grain fill in spring wheat. Crop Sci. 27, 451–455**.**
Cao, W. and Moss, D.N., 1994 : Sensitivity of winter wheat phyllochron to environmental changes. *Agron. Journal*, 86: 63-66**.**
Carter, G.A. and Knapp, A.K, 2001 : Leaf optical properties in higher plants: Linking spectral characteristics to stress and chlorophyll concentration. Amer. J. Bot. 88(4): 677-684**.**
Carter, G.A. and Spiering, B.A, 2002 : Optical properties of intact leaf for estimating chlorophyll concentration. J. Environ. Qual. 31:1424-1432**.**
Ceccarelli, S, 1987 : Yield potential and drought tolerance of segregating populations of barley in contrasting environments. Euphytica 36, 265–273**.**
Chappelle, E.W., M.S. Kim, and J.E. McMurtrey. 1992: Ratio analysis of reflectance spectra (RARS): An algorithm for the remote estimation of the concentrations of chlorophyll A, chlorophyll B, and carotenoids in soybean leaves. Remote Sens. Environ. 39:239–247**.**
Clarke, J.M and T.N. McCaig, 1982 : Evaluation of techniques for screening for drought résistance in wheat. Crop Sci., 22: 503-506**.**

Clarke, J.M. 1983 : Differential excised-leaf water rétention capabilities of *Triticum* cultivars grown in field and controlled environments. Can. J. Plant Sci. 63:539-541.
Clarke, JM, Richards, RA and Condon, AL, 1991 : Effect of drrought stress on residual transpiration and its relationship with water use of wheat. Can J Plant Sci 71:695–699.
Clouse, S.D, Sasse and J.M, 1998 : Brassinostreroids: essential regulators of plant growth and development. Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol. 49:427-451.
Condon, A.G, Richards, R.A. and Farquhar, G.D, 1987 : Carbon isotope discrimination is positively correlated with grain yield and dry matter production in field-grown wheat. Crop Science 27: 996–1001.
Condon, A.G., Farquhar, G.D. and Richards, R.A, 1990 : Genotypic variation in carbon isotope discrimination and transpiration efficiency in wheat. Leaf gas exchange and whole plant studies. Australian Journal of Plant Physiology 17 : 9–22.
Condon, A.G. and Richards, R.A, 1993 : Exploiting genetic variation in transpiration efficiency in wheat: an agronomic view. In: Ehleringer JR, Hall AE, Farquhar GD, eds. Stable isotopes and plant carbon-water relations. San Diego, CA: Academic Press,pp : 435–450.
Condon, A.G., Richards, R.A., Farquhar, G.D, 1993 : Relationships between carbon isotope discrimination, water-use efficiency and transpiration efficiency for dryland wheat. Australian Journal of Agricultural Research 4 : 1693–1711.
Condon, A.G., Richards, R.A., Rebetzke, G.J. and Farquhar ,G.D, 2002 : Improving intrinsic water-use efficiency and crop yield. Crop Science, 42 :122–131.
Creelman, R.A and Mullet, J.E, 1997 : Biosynthesis and action of jasmonates in plants. Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol. 48:355-381.
Croston, RP. and JT, Williams , 1981 : A world survey of wheat genetic ressourcesIBRGR. Bulletin , 37p.
Curran, P.J, 1989 : Remote sensing of foliar chemistry. Remote Sens. Environ. 30:271-278.
Dawson, T.P. and Curran, P.J, 1998 : A new technique for interpolating the reflectance red edge position. Int. J. Remote Sens. 19:2133-2139.
Debaeke, P., Cabelguenne, M., Casals, M.L et Puech, J, 1996 : Élaboration du rendement du blé d'hiver en conditions de déficit hydrique. II. Mise au point et test d'un modèle de simulation de la culture de blé d'hiver en conditions d'alimentation hydrique et azotée variées : Epicphase-blé. Agronomie ; 16 : 25-46.
Dedio, W. 1975 : Water relations in wheat leaves as screening tests for drought résistance. Can. J. Plant Sci. 55:369-378.
Desimone, M, Wagner, E and Johanningmeier, U, 1998 : Degradation of active-oxygen-modified ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase by chloroplastic proteases requires ATPhydrolysis. Planta. 205:459-466.
Demetriades-Shah, T.H., Steven, M.D. and Clark, J.A, 1990 : High resolution derivative spectra in remote sensing. Remote Sens. Environ. 33:55-64.
Distefano, S, Palma, J.M, McCarthy, I and del Río L.A , 1999 : Proteolytic cleavage of plant proteins by peroxisomal endoproteases from senescent pea leaves. Planta. 209:308-313.
Dixon, P., Weinig, C. and Schmitt, J, 2001 : Susceptibility to UV damage in *Impatiens capensis* (Balsaminaceae): testing for opportunity costs to shade-avoidance and population differentiation. American Journal of Botany. 88(8): 1401-1408.
Dodge, J.D, 1970 : Changes in chloroplast fine stucture during the autumnal senescence of *Betula* leaves. Ann Bot. 34:817-824.
Donalds,C.M and Hambling, J, 1976 : The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. Advaces in Agronomy,28, 361-411.
Doorenbos, J. and Kassam, A.H., 1979 : Yield response to water. FAOIrrigation andDrainage Paper No. 33. Rome, Italy.
Ehdaie, B., A.E. Hall, G.D. Farquhar, H.T. Nguyen, and J.G.Waines, 1991: Water-use efficiency and carbon isotope discrimination in wheat. Crop Sci. 31:1282–1288.
EL Madidi, S. and Zivy, M., 1993 : Variabilité génétique des protéines de choc thermique

et thermo-tolérance chez le blé. Le progrès génétique passe-t-il par le repérage et l'inventaire des gènes.. *In* H. Chlyah and Y. Demarly, eds. Actualités Scientifiques. pp :173-181.
Elvridge, C.D. and Z. Chen, 1995 : Comparison of broadband and narrow band red and near infrared vegetation indices. Remote Sens. Environ. 54:38-48.
Elliott, G.A. and K.L. Regan. 1993 : Use of reflectance measurements to estimate early cereal biomass production on sand plain soils. Aust. J. Exp. Agric. 33:179–183.
Elhani ,S.; V. Martos; Y. Rharrabti; C. Royo and L.F. Garcıa del Moral, 2007 : Contribution of main stem and tillers to durum wheat (Triticum turgidum L. var. durum) grain yield and its components grown in Mediterranean environments ; Field Crops Research 103, 25–35.
Evans, L.T ; Wardllaw, I.F and Fischer, R.A , 1969 : Wheat . In . Evans L.T (ed). Crop Physiology: same case histories.Cambridge University Press . New York .USA. pp : 101-109 .
Evans, L.T., Wardlaw, I.F. and Fischer, R.A ., 1975 : Wheat . *In* L.T. Evans, Eds, *Crop Physiology*, Cambridge University Press , USA , pp : 101-149.
Evans, L.T, 1993 : Crop Evolution, Adaptation and yield. Cambridge University Press.Cambridge, UK. ISBN. 22:521–571.
Faiss, M, Zalubìlová, J, Strnad, M, Schmülling, T, 1997 : Conditional transgenic expression of the *ipt* gene indicates a function for cytokinins in paracrine signaling in whole tobacco plants. Plant J. 12:401-415.
FAO, 2005 : APERÇU MONDIAL ET RÉGIONAL : Faits et chiffres; deuxième partie .
Farquhar, G.D and R.A. Richards, 1984 : Isotopic composition of plant carbon correlates with water-use efficiency of wheat genotypes. Aust. J. Plant Physiol. 11: 539–552.
Feldman, M ., 1976 : Wheats , Evolution of Crop Plants , dans N.W. Simmonds, dir, Pub, Longman, Londres et New York , pp : 120-128.
Feller, U and Fischer, A, 1994 : Nitrogen metabolism in senescing leaves. Critic Rev Plant Sci. 13:241-273.
Fillela, I. , L. Serrano , J. Serra, and J. Penuelas, 1995 : Evaluating wheat nitrogen status with canopy reflectance indices and discriminant analysis. Crop Sci. 35:1400-1405.
Fischer,R.A. , Aguilar, I and D.R. Laing, 1977 : Post-anthesis sink size in a high-yielding dwarf wheat: yield response to grain number. Aust. J. Agric. Res. 28:165-175.
Fischer, R. A. and Maurer, R., 1978 : Drought resistance in spring wheat cultivars , I.grain yield responses. Aust. J. Agric. Res., 29: 897-912.
Fischer, R.A., 1985 : Physiological limitation to producing wheat in semitropical and tropical environments and possible selection criteria. In *Proceeding of the International Symposium Wheats for More Tropical Environments*, México. D.F.: CIMMYT. pp : 209-230.
Foulkes M.J., Scott R.K and Sylvester-Bradley R, 2001 : The ability of wheat cultivars to withstand drought in UK conditions: formation of grain yield, J. Agr. Sci. 38, 153–169.
Francois, L.E., Maas, E.V., Donovan, T. J. and Youngs, V.L., 1986 : Effect of salinity on grain yield and quality, vegetative growth, and germination of semi-dwarf and durum wheat. *Agron. J.*, 78: 1053-1058.
Gallagher, J.N. and Biscoe, P.V., 1978 : A physiological analysis of cereal yield. II. Partitioning of dry matter. *Agric. Prog.*, 53: 51-70.
Gardner, F.P., Pearce, R.B. and Michell, R.L, 1985 : Physiology of crop plants. Ames (Iowa, États- Unis) : Iowa State University Press, ; 336 p.
Gates, D. M. and Tantraporn, W, 1952 : The reflectivity of deciduous trees and herbaceous plants in the infrared to 25 microns, *Science* 115:613-616.
Gausman, H.W., Allen, W.A., Marcia Schupp , Wiegand, C.L., Escobar, D.E and Rodriguez, R.R, 1970 : Reflectance, transmittance, and absorptance of light of leaves for 11 plant genera with different leaf mesophyll arrangement. Technical Monogram 7 September 1970. Texas A&M University.

Gebeyehou, G., Knott, D.R and Baker, R.J, 1982 : Relationships among duration of vegetative and grain filling phases, yield components, and grain yield in durum wheat cultivars. Crop Sci. 22, 287-290**.**
Gebbing, T and H. Schnyder, 1999 : Pre-anthesis reserve utilization for protein and carbohydrates synthesis in grains wheat. Plant Physiol. 121:871–878**.**
Greer, D.H., Berry, J.A. and Björkman, O. 1986 : Photoinhibition of photosynthesis in intact bean leaves. *Planta*, 168: 253-260**.**
Grbic, V, Bleecker, A.B, 1995 **:** Ethylene regulates the timing of leaf senescence in *Arabidopsis*. Plant J. 8:595-602**.**
Grieve, C.M., Francois, L.E. and Maas, E.V., 1994 : Salinity affects the timing of phasic development in spring wheat. *Crop Sci*., 34: 1544-1549**.**
Guiamét, J.J, Pichersky, E, Noodén, L.D, 1999 : Mass exodus from senescing soybean leaves. Plant Cell Physiol. 40:986-992**.**
Gummuluru, S and Hobbs, S.LA., 1989 : Génotype variability in physiological characters an dits relationship to drought tolérance in durum wheat. Can. J. Plant. Sci., 69, 703 -711**.**
Guo, T.C, Wang, C.Y, Zhu, Y.J, Wang, H.C, Li, J.X and Zhou, J.Z, 1998 : Effects of high temperature on the senescence of roots and tops of wheat plants in the later stage. Acta Agron. Sinica 24:957–962**.**
Habjorg, A, 1972 : Effects of light quality, light intensity and night temperature on growth and development of three latitudinal populations of *Betula pubescens* Ehrh. Meld Nor Landbrukshögsk. 51 (26): 1-17**.**
Hadjchristodoulou, A, 1987 : The effetcs of optimum heading date and its stabillity on yield and consistency of performance barley and durum wheat in dry areas. J.Agri.,Sci. Camb. 108 :599-608**.**
Hafsi, M, Mechmeche, W, Bouamama, L, Djekoune, A, Zaharieva, M and Monneveux, P, 2000 : Flag leaf senescence, as evaluated by numerical image analysis, and its relationship with yield under drought in durum wheat. J. Agronomy and Crop Sci. 185:275–280**.**
Hafsi, M., Pfeiffer, W.H and Monneveux, P. 2003 : Flag leaf senescence, carbon isotope discrimination in durum wheat under semi-arid conditions. Cereal Res. Comm. **31**:161–168**.**
Hall, A.E. ; R.G. Mutters; K.T. Hubick and G.D. Farquhar, 1990 : Genotypic differences in carbon isotope discrimination by cowpea under wet and dry field conditions. Crop Sci., 30 : 300-305**.**
Hanft, J.M. and Wych, R.D., 1982 : Visual indicators of physiological maturity of red spring wheat, *Crop Sci*., 22: 584-587**.**
Hampton, J.G., 1981 : The extent and significance of seed size variation in New Zealand wheats (*Triticum aestivum* L.). *N.Z.L. Experimental Agricultural,* 9: 179-184**.**
Harlan, J.F. and D, Zohary, 1966 : Distribution of wild wheats and barley, Science, vol, 153, pp **:** 1074-1080**.**
Harlan, J.R, 1975 : Crops and man , eds John wiley and sons . NY. 350 p**.**
Harding, S.A., Guikema, J.A. and Paulsen, G.M., 1990 : Photosynthetic decline from high temperature stress during maturation of wheat. I. Interaction with senescence processes. *Plant Physiol*., 92: 648-653**.**
Harrel, D.M, Wilhelm, W.W and McMaster, G.S, 1993 : SCALES: A computer program to convert among three developmental stage scales for wheat. *Agron. J*., 85: 758-763**.**
Haun, J.R., 1973 : Visual quantification of wheat development. *Agron. J*., 65: 116-117**.**
Haung, B., J.D. Fry and B. Wang, 1998 : Water relations and canopy characteristic of Tall fescue cultivars during and after drought stress. Hortic. Sci., 33: 837-840**.**
Hay, R.K.M. and Kirby, E.J.M., 1991 : Convergence and synchrony-A review of the coordination of development in wheat. *Aust. J. Agric. Res*., 42: 661-700**.**
Hay, R.K.M, 1995 : Harvest index—a review of its use in plant-breeding bnd crop physiology. Ann Appl Biol **126** 197–216**.**
Hochman, Z.V.I., 1982 : Effect of water stress with phasic development on yield of wheat

grown in a semi-arid environment. *Field Crop Res*. 5: 55-67.
Hodges, D.M and Forney, C.F, 2000 : The effects of ethylene, depressed oxygen and elevated carbon dioxide on antioxidant profiles of senescing spinach leaves. J Exp Bot. 51:645-655.
Hoffer, R. M., and Johannsen, C. J, 1969 : Ecological potentials in spectral signature analysis, in *Remote Sensing in Ecology* (P. L. Johnson, Ed.), University of Georgia Press, Athens, GA.
Horler, D.N.H., Dockray, M. and Barber, J, 1983a : The red edge of plant Leaf reflectance. Int. J. Remote Sens. 4:273-288.
Horler, D.N.H., Dockray, M. and Barber, J. 1983b : Red edge measurements for remotely sensing plant chlorophyll content. Adv Space Res. 3:273-277.
Housley, T.L., Kirleis, A.W., Ohm, H.W and Patterson, F.L, 1982 : Dry matter accumulation in soft red winter wheat seeds. Crop Sci. 22, 290–294.
Huete, A.R., Post, D.F., and Jackson, R.D, 1984 : Soil spectral effects on 4- space vegetation discrimination. Remote Sens. Environment. 15:155-165.
Huffaker, R.C, 1990 : Proteolytic activity during senescence of plants. New Phytol. 116:199-231.
ICARDA., 1987 : Cereal Improvement Program Annual Report .
Idso, S.B, Reginate, R.J, Hatfield, J.I and Pinter, P.J. Jr, 1984 : Measuring yield reducing plant water potential depression in wheat by infrared thermometry. *Irrigation Sc*., 2: 205-212.
Inada, N, Sakai, A, Kuroiwa, H and Kuroiwa, T, 1998 : Three-dimensional analysis of the senescence program in rice (*Oryza sativa* L.) coleoptiles. Planta. 205:153-164.
Innes, J.L., Ghosh, S., Schwyzer, A, 1996 : A method for the identification of trees with unusually color foliage. Canadian Journal of Forest Research. 26(9): 1548-1555.
Ismail, A.M and A.E. Hall, 1992 : Correlation between water-use efficiency and carbon isotope discrimination is diverse cowpea genotypes and isogenic lines. Crop Sci., 32 : 7-12.
John, I, Drake, R, Farrel, A, Cooper, W, Lee, P, Horton, P and Grierson, D, 1995 : Delayed leaf senescence in ethylene-deficient ACC-oxidase antisense tomato plants: molecular and physiological analysis. Plant J. 7:483-490.
Jones, R.A. and Qualset, C.O., 1984 : Breeding crops for environmental stress tolerance. *In* G.B. Collins and J.G. Petolino, eds. *Application of Genetic Engineering to Crop Improvement.* Nijhoff/Junk, Dordrecht. pp :305-340.
Jones, R .J., Roessler, J. and Quattar, S., 1985 : Thermal environment during endosperm cell division in maize :Effects on number of endosperm cells and starch granules. *Crop Sci*., 25: 830-834.
Jones, R. and Gorham, J., 1991 : Physiological effects of salinity: scope for genetic improvement. *In* E. Acevedo, E. Fereres, C. Giménez and J.P. Srivastava, eds. *Improvement and management of winter cereals under temperature, drought and salinity stresses. Proceeding of the International Symposium* October, 1987. ICARDA-INIA. Córdoba Spain pp :177-201.
Johnson, D. A., Richards, R. A., and Turner, N. C, 1983 : Yield, water relations, gas exchange, and surface réflectances of near isogenic wheat lines differing in glaucousness, *Crop Sci.* 23:318-325.
Johnson, R.C, 1993 : Carbon isotope discrimination, water relations, and photosynthesis in tall fescue. Crop Science, 33 : 169–174.
Kalanakavar, R.M, Shashidhara, S.D and Kulkarni, G.N, 1989 : Effect of grading on quality of wheat seeds. *Seed Res*., 17(2): 182-185.
Kanemasu, E.T and C.B. Tanner, 1969 : Stomatal diminution resistance of snap beans. 1. influence of leaf-water potential. Plant Physiol., 44 : 1547- 1552.
Kaur, J., I.S. Sheoran and H.S. Nainawatee, 1988 : Effect of heat stress on photosynthesis and respiration in a wheat mutant. In: Singhal, G.S. (Ed.). Photosyn. Mol. Biol. Bioenergitics, pp: 297-303.

Kiniry, J.R, 1993 : Nonstructural carbohydrate utilisation by wheat shaded during grain growth. *Agron. J*., 85: 844-849**.**

Kirst, G.O., 1989 : Salinity tolerance of eukariotic marine algae. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol*., 40: 21-53**.**

Kirby, E.J.M and M. Appleyard , 1984 : Cereal development guide. Arable Unit, National Agriculture Centre, Stoneleigh, Kenilworth. England. 95p**.**

Kirby, E.J.M, and Appleyard, M, 1987 : Development and structure of the wheat plant. *In* F.G.H. Lupton, ed. *Wheat Breeding*, Chapman & Hall, London, pp: 287-311**.**

Kirby, E.J.M , 1988 : Analysis of leaf stem and ear growth in wheat from terminal spikelet stage to anthesis. *Field Crop Res*., 18: 127-140**.**

Kirby, E.J.M , 1993 : Effect of sowing depth on seedling emergence, growth and development in barley and wheat. *Field Crops Res*., 35: 101-111**.**

Knipling, E. B, 1967 : Physical and physiological basis for différences in réflectance of healthy and diseased plants, Workshop on Infrared Color Photography in the Plant Sciences, Winter Haven, FL, March**.**

Knipling, E. B, 1970 : Physical and physio-logical basis for the réflectance of visible and near-infrared radiation from végétation, *Remote Sens. Environ.* 1:155-159**.**

Kobata, T, Palta, J.A and Turner, N.C, 1992 : Rate of development of post anthesis water deficits and grain filling of spring wheat. *Crop Sci*., 32: 1238-1242**.**

Koski, V and Selkäinaho, J, 1982 : Experiments on the joint effect of heat sum and photoperiod on seedlings of *Betula pendula*. Commun. Inst. For. Fenn. 105 p**.**

Koster, K.L and Lynch, D.V, 1992 : Solute accumulation and compartmentation during the cold acclimation of Puma rye. *Plant Physiol*., 98: 108-113**.**

Kraus, T.E., B.D. McKersie and R.A. Fletcher, 1995 : Paclobutrazol induced tolérance of wheat leaves to paraquat may involve increased antioxidant enzyme activity. J. Plant Physiol, 45: 570-576**.**

Krenzer, E.G , Nipp, T.L and McNew, R.W, 1991 : Winter wheat mainstem leaf appearance and tiller formation vs. moisture treatment. *Agron. J*., 83: 663-667**.**

Krumm, M, Moazami, V and Martin, P, 1990 : Influence of potassium nutrition on concentrations of water soluble carbohydrates, potassium, calcium, and magnesium and the osmotic potential in sap extracted from wheat (*Triticum aestivum*) ears during preanthesis development. *Plant Soil*, 124: 281-285**.**

Landolt R, Matile P, 1990 : Glyoxisome-like microbodies in senescent spinach leaves. Plant Sci. **72**:159-163**.**

Large, E.C, 1954 : Growth stages in cereals. Illustration of the "Feekes" Scale. *Plant Pathol*., 3: 128-129**.**

Leegood, M.C. and Edwards, G.E., 1996 : Carbon metabolism and photorespiration : Temperature dependence in relation to other environmental factors. *In* N.R. Baker, ed**.** *Photosynthesis and the Environment. Advances in photosynthesis.* Vol 5. Kluwer Academic Publ**.**

Leopold, A.C, 1980 : Aging and senescence in plant development. *In* Thimann KV, ed, Senescence in plants. CRC Press, Boca Raton, pp : 1-12 **.**

Lohman K, Gan S, John MC, Amasino RM, 1994 : Molecular analysis of natural leaf senescence in *Arabidopsis thaliana*. Physiol Plant. **92**:322-328**.**

Long, S.P, Humphries, S. and Falkowski, P.G , 1994 : Photo inhibition of photosynthesis in nature. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol*., 45: 633-664**.**

Longnecker, N, Kirby, E.J.M and Robson, A, 1993 : Leaf emergence, tiller growth, and apical development of nitrogen-deficient spring wheat. *Crop Sci*., 33: 154-160**.**

Loomis, R.S and Amthor, J.S , 1996 : Limits of yield revisited. In M.P. Reynolds, S. and A. McNab, eds. *Increasing Yield Potential in Wheat: Breaking the Barriers*, México, D. F.: CIMMYT. pp : 76-89**.**

López-Castañeda, C., Richards, R.A,1994 : Variation in temperate cereals in rainfed environments II. Phasic development and growth. Field Crops Res. 37 : 63–75**.**

Loss, S.P., and K.H.M. Siddique, 1994 : Morphological and physiological traits associated with wheat yield increases in mediterranean environments. Adv. Agron. 52:229–276**.**
Ludewig, F and Sonnewald, U, 2000 : High CO_2-mediated down-regulation of photosynthetic gene transcripts is caused by accelerated leaf senescence rather than sugar accumulation. FEBS Lett. 479:19-24**.**
Lutts, S ; J. M. Kinet and J. Bouharmont , 1996 : NaCl-induced Senescence in Leaves of Rice (*Oryza sativa* L.) Cultivars Differing in Salinity Resistance . *Annals of Botany* 78: 389-398**.**
Lyons , J.M , 1973 : Chilling injury in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol*., 24: 445-451**.**
Maas, E. and Grieve, C., 1986 : Salt tolerance of plants. *Applied Agricultural Research*, 1(1): 12-26**.**
Macleod, L.C. and Duffus, C.M. 1988 : Reduced starch content and sucrose syntheses activity in developing endosperm of barley plants grown at elevated temperature. *Aust. J. Plant. Phy*., 15 : 367-75**.**
Mae, T, Thomas, H, Gay, A.P, Makino, A and Hidema, J, 1993 : Leaf development in *Lolium temulentum*: photosynthesis and photosynthetic protein in leaves senescing under different irradiances. Plant Cell Physiol. 34:391-399**.**
Makino, A and Osmond, B, 1991 : Effects of nitrogen nutrition on nitrogen partitioning between chloroplasts and mitochondria in pea and wheat. Plant Physiol. 96:355-362**.**
Marschner, H , 1986 : Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London, 674 p**.**
Martin, J.H., Leonard, W.H. and Stamp, D.L., 1976 : Principles of field crop production. Macmillan, New York. pp :11-18**.**
Martin, D.P. and Rybicki, E.P, 1998 : Microcomputer-based quantification of maize streak virus symptoms in *Zea mays*. Phytopathology. 88(5): 422-427**.**
Masclaux, C, Valadier, M.H, Brugière, N, Morot-Gaudry, J.F and Hirel, B, 2000 : Characterization of the sink/source transition in tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) shoots in relation to nitrogen management and leaf senescence. Planta. 211:510-518**.**
Mekaliche-Hanifi.L , 1983 : Etude agronamique . analyse dialléle et cytogénétique de quatre variétes de blé tendre cultivées en Algérie .Thèse de Magistère INA. El-Harrach 150p**.**
Merah, O.; Dele´ens, E and Monneveux, P, 2001 : Relationships between carbon isotope discrimination, dry matter production, and harvest index in durum wheat. J. Plant Physiol. 158, 723–729**.**
Merzlyak, M.N. and Chivkunova, O.B, 2000 : Light-stress-induced pigment changes and evidence for anthocyanin photoprotection in apples. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology. 55(2/3): 155-163**.**
McCaig, T.N and I. Romagosa, 1989 : Measurement and use of excised-leaf water status in wheat. Crop Sci. 29:1140-1145**.**
Mi, G.H, Tang, L and Zhang, F.S , 1999 : Nitrogen uptake and translocation during grain formation of two wheat cultivars with contrasting maturity appearance .J. China Agric.Univ.4 : 53-57**.**
Mian, M.A.R and Nafziger, E.D , 1994 : Seed size and water potential effects on germination and seedling growth of winter wheat. *Crop Sci*., 34: 169-171**.**
Midmore, D.J , Cartwright, P.M and Fischer, R.A , 1984 : Wheat in tropical Environments, II. Crop growth and grain yield. *Field Crops Res*., 8: 207-227**.**
Miller, A , Tsai, C.H , Hemphill, D , Endres, M , Rodermel, S, Spalding, M , 1997 : Elevated CO_2 effects during leaf ontogeny. A new perspective on acclimation.115:1195-1200**.**
Mogensen,V.O ; Mortensen, G and Jensen, C.R , 1994 : Photosynthesis of flag leaves and ears of field grown barley during drought .Eur .J.Agron .3 : 111-116**.**
Morris, K, Mackerness, S, Page, T, John, C.F, Murphy, A.M, Carr, J.P and Buchanan-Wollaston, V, 2000 : Salicylic acid has role in regulating gene expression during leaf senescence. Plant J. 23:677-685**.**
Monneveux, P and Belhassen, E, 1996 : The diversity of drought adaptation in the wide. Plant Growth Régulation 20, 85 – 92**.**

Morgan, J.A. and D.R LeCain, 1991 : Leaf gas Exchange and related leaf traits among 15 winter wheat genotypes. Crop Sci., 31 : 443–448**.**
Morgan, J.A., LeCain, D.R., McCaig, T.N. and Quick J.S, 1993 : Gas exchange, carbon isotope discrimination and productivity in winter wheat. Crop Sci. 33 : 178-186**.**
Moustafa, M.A , Boersma, L and Kronstad, W.E , 1996 : Response of four spring wheat cultivars to drought stress. *Crop Sci*., 36: 982-986**.**
Nachit, M.M., Picard, E., Monneveux, P., Labhilili, M., Baum, M., Rivoal, R. 1998 : Présentation d'un programme international d'amélioration du blé dur pour le bassin méditerranéen. Cahiers Agric., 7 : 510-515**.**
Nass, H.G and Resier, B, 1975 : Grain filling period and grain yield relationships in spring wheat. *Can. J. Plant Sci.,* 55, 673-678**.**
Nicholas, M.E. and Turner, N.C., 1993 : Use of chemical desiccants and senescin agents to select wheat lines maintaining stable grain size during postanthesis drought Field Crop Res., 31: 155-171**.**
Nobel, P.S , 1991 : Physicochemical and environmental plant physiology, Academic Press, hc., New York, NY **.** pp:109-183**.**
Noodén, L.D, 1988 : Abscisic acid, auxin, and other regulators of senescence. *In* Noodén L, Leopold A, eds, Senescence and aging in plants. Academic Press, San Diego, pp : 329-368 **.**
Noodén, L.D, Guiamét, J.J and John, I , 1997 : Senescence mechanisms. Physiol Plant. 101:746-753**.**
O'Brien, I.E, Murray, B.G, Baguley, B.C, Morris, B.A and Ferguson, I.B, 1998 : Major changes in chromatin condensation suggest the presence of an apoptotic pathway in plant cells. Exp Cell Res. 241:46-54**.**
Oleksyn J, Zytkowiak R, Reich PB, Tjoelker MG, Karolewski P, 2000 : Ontogenetic patterns of leaf CO_2 exchange, morphology and chemistry in *Betula pendula* trees. Trees. **14**:271-281**.**
Ommen, O.E., Donnelly, A., Vanhoutvin, S. [et al.]. 1999 : Chlorophyll content of spring wheat flag leaves grown under elevated CO2 concentrations and other environmental stresses within the 'ESPACE-wheat' project. European Journal of Agronomy. 10(3/4): 197-203**.**
Oosterhuis, D.M. and Cartwright, P.M., 1983 : Spike Differentiation and floret survival in semidwarf spring wheat as affected by water stress and photoperiod. *Crop Sci*., 23: 711-716**.**
Osorio, J. and J.S. Pereira, 1994 : Genotypic differences in water-use efficiency and ^{13}C discrimination in Eucalpius globulus. Tree Physiol., 14 : 871-881**.**
O'Toole, J.C. & Stockle, C.D., 1991 : The role of conceptual and simulation modelling in plants breeding. *In* E. Acevedo, E. Fereres, C. Gimenez and J.P. Srivastava, eds. *Improvement and Management of winter Cereals under Temperature, Drought and Salinity Stresses. National Institute for Agricultural Research*, (INIA), Madrid, Spain **.**
Owen, P.C., 1971 : Responses of a semi-dwarf wheat to temperatures representing a tropical dry season. II. Extreme temperatures. *Exp. Agric*., 7: 43-47**.**
Pääkkönen, E, Holopainen, T, Kärenlampi, L, 1997 : Variation in ozone sensitivity among clones of *Betula pendula* and *Betula pubescens*. Environ Pollut. 95:37- 44**.**
Palta, J.A., Kobata, T., Turner, N.C. and Fillery, I.R., 1994 : Remobilization of carbo and nitrogen in wheat as influenced by postanthesis water deficits. *Crop Sci*., 34: 118-124**.**
Pan,Q.M, Yu,Z.W, Tian,Q.Z,Wang,Y.F,Liu,W.X, and Wang,R.Y, 1998 : Effects of nitrogen top gressing stage on the senescence of flag leaves and roots in winter wheat under super high yielding level .Acta Agronomica sinica .24: 924-929**.**
Pajević, S, Krstih, B, Stankovih, Z, Plešnicar, M and Dencih, S, 1999 : Photosynthesis of flag leaf and second wheat leaves during senescence. Cereal Res. Comm**.** 27:155–162**.**
Pate, J.S, 2001 : Carbon isotope discrimination and plant water-use efficiency. In Stable Isotope Techniques in the Study of Biological Process and Functioning of Ecosystems,

pp : 19–36. Eds M.J. Unkovich, J.S. Pate, A. McNeill and J. Gibbs. the netherlands: Kluwer Academic Publishers.
Patterson, T.G and Moss, D.N , 1979 : Senescence in field –grown wheat . Crop Sci . 19 : 635-640.
Passioura, J., 1977 : Grain yield, harvest index and water use of wheat. J. Aust. Inst. Agric. Sci. 43, 117–120.
Passioura, J.B, 1988 : Root signais control leaf expansion in wheat seedlings growing in dry soil. Aust. J. Plant Physiol. 15:687-693.
Pastori GM, Del Río LA, 1994 : An activated-oxygen-mediated role for peroxisomes in the mechanism of senescence of *Pisum sativum* L. leaves. Planta. **193**:385-391.
Paul ,M.J and Driscoll, S.P, 1997 : Sugar repression of phosynthesis: the role of carbohydrates in signalling nitrogen deficiency through source:sink imbalance. Plant Cell Environ. 20:110-116.
Payne, A.W.; M.C. Drew; L.R. Hosser; R.I. Lascano; A.B. Onken and C.W. Wendt, 1992 : Crop ecology, production and management; Soil phosphorus availability and pearl millet water-use efficiency. Crop Sci. 32 : 1010-1015.
Pell, E.J, Sinn, J.P , Brendley, B.W, Samuleson, L, Vinten-Johansen, C Tien, M and Skillman, J, 1999 : Differential response of four tree species to ozone-induced acceleration of foliar senescence. Plant Cell Environ. 22:779-790 .
Penuelas, J., I. Filella, C. Biel, L. Serrano, and R. Save, 1993 : The reflectance at the 950–970 nm region as an indicator of plant water status. Int. J. Remote Sens. 14:1887–1905.
Peterson, R.F , 1965 : Wheat: Botany, cultivation and utilisation. Leonard Hill, London , 448 p.
Peterson, C.M., Klepper, B., Pumphrey, F.B.and Rickman, R.W., 1984 : Restricted rooting decreases tillering and growth of winter wheat. *Agron. J.*, 76: 861-863.
Perez, A.J., Lopez, F., Benlloch, J.V., Christensen, S, 2000 : Colour and shape analysis techniques for weed detection in cereal fields. Computers and Electronics in Agriculture. 25(3): 197-212.
Pietrini, F., Iannelli, M.A. and Massacci, A, 2002 : Anthocyanin accumulation in the illuminated surface of maize leaves enhances protection from photo-inhibitory risks at low temperature, without further limitation to photosynthesis. Plant, Cell and Environment. 25(10): 1251-1259.
Pollock, C.J., Lloyd, E.J., Stodart, J.and Thomas, H., 1983 : Growth, photosynthesis, and assimilates partitioning in *Lolium tremulentum* L. exposed to chilling temperatures. *Plant Physiol.*, 59: 257-262.
Pollock, C.J., 1984 : Sucrose accumulation and the initiation of fructan biosynthesis in *Lolium tremulentum* L. *New Phytologist*, 96: 527-534.
Polley, W.H , 2002 : Implications of atmospheric and climatic change for crop yield and water use efficiency. Crop Science, 42 : 131–140.
Powles, S., Berry, B. and Björkman, O. 1983 : Interaction between light and chilling temperature on the inhibition of photosynthesis in chilling- sensitive plant. *Plant Cell Environ.*, 6: 117-123.
Price, T.V., Gross, R., Ho Wey, J., Osborne, C.F, 1993 : A comparison of visual and digital image-processing methods in quantifying the severity of coffee leaf rust (*Hemileia vastatrix*). Australian Journal of Experimental Agriculture. 33(1): 97-101.
Raes, D, **2004 :** BUDGET—a soil water and salt balance model. Reference Manual, Version 6.0 (http:// www.iupware.be and select downloads and next software, last update June 2004).
Rahman, M.S , Wilson , J.H and Aitken, V, 1977 : Determination of spikelet number in wheat II. Effect of varying light level on ear development. *Aust. J. Agric. res.*,26: 575-581.
Rahman, H.M. and Wilson, J.H., 1978 : Determination of spikelet number in wheat III . Effect of varying temperature on ear development. *Aust. J. Agric. Res.*, 28: 575-581 .
Raun, W.R., J.B. Solie, G.V. Johnson, M.L. Stone, E.V. Lukina, W.E. Thomson, and J.S.
Rawson, H.M., 1971 : An upper limit for spikelet number per ear in wheat as

controlled by photoperiod. *Aust. J. Agric. Res*. 22: 537-546.
Rawson, H.M., J.H. Hindmarsh, R.A. Fisher and Y.M. Stockman, 1983 : Changes in leaf photosynthesis with plant ontogeny and relationships with yield per ear in wheat cultivars and 120 progeny. Aust. J. Plant Physiol. 10:503–514.
Ries, S.K and Everson, E.H , 1973 : Protein content and seed size relationships with seedlings vigor of wheat cultivars. *Agron. J*., 65: 884-886.
Richards, R.A., H.M. Rawson, and D.A. Johnson, 1986 : Glaucousness in wheat: Its development and effect on water-use efficiency gas exchange and photosynthetic tissue temperatures. Aust. J. Plant Physiol. 13:465–473.
Richards, R.A, 1991 : Crop improvement for temperate Australia: future opportunities. Field Crops Res , 26: 141-169.
Richards, R.A , Rebetzke, G.J, Condon, A.G and Van Herwaarden A.F, 2002 : Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. Crop Sci ; 42 : 111-121.
Richmond, A.R and Lang, A, 1957 : Effect of kinetin on protein content and survival of detached Xanthium leaves. Science. 125:650-651.
Rickman, R.W , Klepper, B.L and Peterson, C.M , 1983 : Time distribution for describing appearance of specific culms of winter wheat. *Agron. J*., 75: 551-556.
Ritchie, S.W., H.T. Nguyen and A.S. Holaday, 1990 : Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat génotypes differing in drought résistance. Crop. Sci., 30: 105-111.
Salama, S , Trivedi, S , Busheva, M., Arafa, A.A , Garab, G and Erdei, L , 1994 : Effects of NaCl salinity on growth, cation accumulation, chloropolast structure and function in wheat cultivars differing in salt tolerance. *J. Plant Physiol*., 144: 241-247.
Saini, H.S and Aspinall, D , 1982 : Abnormal sporogenesis in wheat (*Triticum aestivum* L.) induced by short periods of high temperature. *Ann. Bot*., 49: 835-846.
Sairam,RK.,P.S.Deshmukh,D.S. ShuklaandS.Ram, 1990 : Metabolic activity and grain yield under moisture stress in wheat génotypes. Ind. J. Plant Physiol., 33: 226-231.
Schrevens, E. and Raeymaeckers, L, 1992 : Colour characterization of golden delicious apples using digital image processing. Acta Horticulturae. 304: 159-166.
Schonfeld, M.A., Johnson, R.C., Carver, B.F. and D.W. Mornhinweg, 1988 : Water relations in winter wheat as drought résistance indicators. Crop Sci. 28:526-531.
Schepers, 2001 : In-season prediction of potential grain yield in winter wheat using canopy reflectance. Agron. J. 93: 131–138.
Scott, N.S and Possigham, J.V, 1983 : Changes in chloplast DNA levels during growth of spinach leaves. J Exp Bot. 34:1756-1767.
Seaton, G.R. & Walker, D.A, 1990 : Chlorophyll fluorescence as a measure of photosynthetic carbon assimilation. *Proc. Roy. Soc. Lond*. B., 242: 29-35.
Seigel,Robert. and Howell,John, 2002 : Thermal Radiation Heat Transfer, 4th Ed. Taylor and Francis, New York, NY.
Shanahan, J.F., Smith, D.H and Welsh, J.R, 1984 : An analysis of post-anthesis sink-limited winter wheat grain yields under various environments. Agron. J., 76: 611-615.
Shannon, M.C , 1997 : Adaptation of plants to salinity. *Adv. Agron*., 60: 75-120.
Shpiler, L. and Blum, A, 1986 : Differential reaction of wheat cultivars to hot environments. *Euphytica*, 35: 483-492.
Sibeî Tas and Birol Tas , 2007 : Some Physiological Responses of Drougt Stress in Wheat Génotypes with Différent Ploidity in Turkiye , World Journal of Agncultural Sciences 3 (2): 178-183.
Sibley, J.L., Eakes, D.J., Gilliam, C.H. [et al.], 1995 : Growth and fall color of red maple selections in the southeastern United States. Journal of Environmental Horticulture, 13(1): 51-53.
Siddique, K.H.M., Kirby, E.J.M. and Perry, M.W., 1989 : Ear stem ratio in old and modern wheat varieties : Relationship with improvement in number of grains per ear and yield. *Field Crops Res*., 21: 59-78.

Simane, B , Peacock, J.M and Struik, P.C , 1993 : Differences in development and growth rate among drought- resistant and susceptible cultivars of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum). *Plant and Soil*, 157: 155-166.
Simane, B., Struik, P.C., Nachit, M and Peacock, J.M, 1993 : Ontogenic analysis of yield components and yield stability of durum wheat in water-limited environments. Euphytica 71, 211–219.
Simmons, S.R and Crookston, R.K , 1979 : Rate and duration of growth of kernels formed at specific florets in spikelets of spring wheat. *Crop Sci*., 19: 690-693.
Sims, D.A. and Gamon, J.A, 2002 : Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. Remote Sens.Environ. 81: 337-354.
Sinclair, T. R., Hoffer, R. M., and Screiber, M. M, 1971 : Réflectance and internai structure of leaves from several crops during a growing season, *Agron. J.* 63:864-868.
Sinclair T.R and Muchow, R.C, 2001 : Systems analysis of plant traits to increase grain yield on limited water supplies. Agronomy Journal 93, 263–270.
Singh, B.P , 1970 : Influence of seed size on field germination and seedling growth and yield of dwarf wheat. *Madras Agric. J*., 57(8): 449-452.
Singh, B.K. and Jenner, C.F, 1982 : Association between concentration of organic nutrient in the grain, endosperm cell number and grain dry weight with the ear of wheat. *Aus. J. Plant Phy*., 10 : 227-236.
Singh, S, Letham, D.S, Palni, L.M.S, 1992a : Cytokinin biochemistry in relation to leaf senescence. VII. Endogenous cytokinin levels and exogenous applications of cytokinins in relation to sequential leaf senescence of tobacco. Physiol Plant. 86:388-397.
Singh, S, Letham, D.S, Palni, L.M.S, 1992b : Cytokinin biochemistry in relation to leaf senescence. VIII. Translocation, metabolism and biosynthesis of cytokinins in relation to sequential leaf senescence of tobacco. Physiol Plant. 86:398-406.
Slafer , G.H and Andrade , F.H , 1990 : Genetic improvement on pre-anthesis phenological attributes related to wheat grain yield . FCR , 23 : 255-263.
Smart, C.M, 1994 : Gene expression during leaf senescence . New Phytol. 126 : 419-448.
Smart, C.M, Hosken, S.E, Thomas, H, Greaves, J.A, Blair, B.G and Schuch, W, 1995 : The timing of maize leaf senescence and characterisation of senescence-related DNAs. Physiol Plant. 93:673-682.
Sofield, I , Wardlaw , I.F , Evans, L.T and Lee, S.Y , 1977 : Nitrogen, phosphorus, and water contents during grain development and maturation in wheat. *Aust. J. Plant Physiol.,*. 4: 799-810.
Sojka, R.E., Stolzy, L.H. & Fischer, R.A, 1981 : Seasonal response of selected wheat cultivars. *Agron. J*., 73: 838-844.
Solomos T,1988 : Respiration in senescing plant organs: its nature, regulation, and physiological significance. *In* Noodén LD, Leopold AC, eds, Senescence and aging in plants. Academic Press, San Diego, pp 112-146.
Spiertz, J.H.B ; Tan Hag, B.A and Kupers, L.J.P , 1971 : Relatioinship between leaf area duration and grain yield in some varietes of spring wheat . Neth . J .Agric Sci. 19 : 211-222.
Spilde, L.A , 1989 : Influence of seed size and test weight on several agronomic traits of barley and hard red spring wheat. *J. Prod. Agric*., 2: 169-172.
Stone, P.J.; Savin, R.; Wardlaw, I.F and Nicolas, M.E, 1995 : The influence of recovery temperature on the effects of a brief heat shock on wheat I. Grain growth. Australian Journal of Plant Physiology 22: 945-954.
Taiz, L. and E. Zeiger, 2002 : Plant physiology. 2nd Ed. Sinauer Associates, Sutherland,MA
Takamiya, K.I, Tsuchiya, T and Ohta, H, 2000 : Degradation pathway(s) of chlorophyll: what has gene cloning revealed? Trends Plant Sci. 5:426-431.
Tambussi, E.A., Bort, J. and Araus, J.L, 2007 : Water use efficiency in C3 cereals under Mediterranean conditions:a review of physiological aspects, Ann Appl Biol 150, pp: 307–321.
Tanner, C.B. and Sinclair, T.R , 1983 : Efficient water use in crop production: Research

In “Limitation to efficient water use in crop production” (H.M.Taylor.W.R,Jordan and T.R,Sinclair,eds).
Thomas, H, Stoddart, J.L, 1980 : Leaf senescence. Annu Rev Plant Physiol. 31: 83-111.
Thomas H, Smart CM, 1993 : Crops that stay green. Annals of Appl Biol 123: 193–201.
Thompson, J.E, Froese, C.D, Madey. E, Smith, M.D and Hong, Y, 1998 : Lipid metabolism during plant senescence. Prog Lipid Res. 37:119-141.
Townsend, A.M. and McIntosh, M.S, 1993 : Variation among full-sib progenies of red maple in growth, autumn leaf color, and leafhopper injury. Journal of Environmental Horticulture. 11(2): 72-75.
Triboi, E ; Planchon, J and Magne, J, 1985 : Déterminisme du poids moyen du grain chez le blé. Effet sur la variation du rendement. *C. R. Acad. Agric. Fr.,* 71, 871-886.
Triboi, E, 1990 : Modelé d’élaboration du poids du grain chez le blé tendre (*Triticum aestivum*) en thell. *Agronomie,* 1 : 191-200.
Turner N.C, 1981 : Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. Plant Soil, *58*: 339–366.
Van den Boogaard, R., Alewijnse, D., Veneklaas, E.J. and Lambers, H, 1997 : Growth and water use efficiency of 10 Triticum aestivum cultivars at different water availability in relation to allocation of biomass. Plant Cell and Environment, 20 : 200–210.
Van Staden, J, Cook, E.L, Noodén, L.D, 1988 : Cytokinins and senescence. *In* Noodén L, Leopold A, eds, Senescence and aging in plants. Academic Press, San Diego, pp : 281-328.
Vieira Santos, C.L, Campos, A, Acevedo, H, Caldeira, G, 2001 : *In situ* and *in vitro* senescence induced by KCl stress: nutritional imbalance, lipid peroxidation and antioxidant metabolism. J Exp Bot. 52:351-360.
Vierstra, R.D,1996 : Proteolysis in plants: mechanisms and functions. Plant Mol Biol. 32:275-302.
Voltas, J , Romagosa, I , Lafarga, A , Armesto, A.P , Sombrero , A and Araus J.L , 1999 : Genotype by environment interaction for grain yield and carbon isotope discrimination of barley in Mediterranean Spain.Australian Journal of Agricultural Research,50 :1263–1271.
Waddington, S.R.; Osmanzia, M.; Yoshida, M and Ranson, J.K, 1987 : The yield of durum wheats released in Mexico between 1960 and 1984. Journal of Agricultural Science, v.108, p.469-477.
Wang, Z.; Li, S.; Vera, C.L and Malhi, S.S, 2005 : Effects of water deficit and supplemental irrigation on winter wheat growth, grain yield and quality, nutrient uptake, and residual mineral nitrogen in soil. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 36, 1405–1419.
Wardlaw, I.F , Sofield, I and Cartwright, P.M , 1980 : Factors limiting the rate of dry matter accumulation in the grain of wheat grown at high temperature. *Aust. J. Plant Physiol.*, 7: 87- 400 .
Wardlaw, I.F 1990 : The control of carbon partitioning in plants .New Phytol. 116:341-381.
Wardlaw I.F, 2002 : Interaction between drought and chronic high temperature during kernel filling in wheat in a controlled environment. *Ann. Bot.,* 90, 469-476.
Warrington, I.J., Dunstone, R.L and L.M. Green, 1977 : Température effects at three developmental stages on the yield of the wheat ear. Aust. J. Agric. Res. 28:11-27.
Weidner, V.R and Hsia, H.H, 1981 : Reflectance properties of pressed polytetrafluoroethylene powder. J. Optical Soc. Am. 71:856-861.
Whan, B.R., Carlton, G.P. and Anderson, W.K ,1991 : Potential for increasing early vigor and total biomass in spring wheat. I. Identification of genetic improvements. *Aust. J. Agric. Res.,* 42: 347-361.
Wiegand, C.L. & Cuellar, J.A. 1981 : Duration of grain filling and kernel weight of wheat as affected by temperature. *Crop Sci.*, 21: 95-101.
Wingler, A, von Schaewen, A, Leegood, R.C, Lea, P.J, Quick, W.P, 1998 : Regulation of leaf senescnce by cytokinin, sugars, and light. Effects on NADH-dependent hydroxypyruvate reductase. Plant Physiol. 116:329-335.
Woebbecke, D.M., Meyer, G.E., Von Bargen, K., Mortensen, D.A, 1995 : Color indices for

weed identification under various soil, residue, and lighting conditions. Transactions of the ASAE. 38(1): 259-269.

Wolfe, D.W, Henderson, D.W, Hsiao, T.C, and Alavino, A , 1988 : Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize : leaf area duration ,nitrogen distribution and yield Agro.J.80 :859-864.

Woolhouse, H.W, 1984 : The biochemistry and regulation of senescence in chloroplasts. Can J Bot. 62:2934-2942.

Wuest , S.B. and Cassman, K.G, 1992 : Fertiliser – nitrogen use efficiency of irrigated wheat: I. Uptake efficiency of preplant versus late-season application. *Agron. J*., 84: 682-688.

Wyn Jones, R. & Gorham, J. 1991 : Physiological effects of salinity: scope for genetic improvement. *In* E. Acevedo, E. Fereres, C. Giménez and J.P. Srivastava, eds. *Improvement and management of winter cereals under temperature, drought and salinity stresses. Proceeding of the International Symposium,* p. 177-201. October, 1987. ICARDA-INIA. Córdoba Spain.

Yang, J., Z. Wang, Q. Zhu and L. Liu, 2001 : Water deficit induced senescence and its relationship to remobilization of pre-stored carbon in wheat during grain filling. Agron. J. 93:196–206.

Yen, C.H and Yang ,C.H, 1998 : Evidence for programmed cell death during leaf sensecence in plants. Plant Cell Physiol. 39:922-927.

Zadoks, J.C., Chang, T.T. & Konzak, C.F, 1974 : A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res*., 14: 415-421.

Zavalet-Mancera, H.A, Thomas, B.J, Thomas, H, Scott, I.M, 1999 : Regreening of senescent *Nicotina* leaves. II. Redifferentiation of plastids. J Exp Bot. 50:1683-1689.

الجدول 1 : الأنواع المختلفة للأقماح البرية ، الأقماح المزروعة قديما (الأصلية) و الأقماح المزروعة حديثا

Wild Wheat	Primitive cultivated wheats	Modern cultivated wheats
T. monococcum var . boeoticum diploid (AA)	*T. monococcum* var . monococcum , Einkorn (dressed) diploïde (AA)	*T. turgidum* var . durum , durum wheat (nu) tetraploid (AABB)
T. tauschii diploïde (DD)	*T. turgidum* var . dicoccum , Emmer (dressed)	*T. aestivum* var . spelta , épeature (nu)
T. turgidum var . dicoccoides tetraploid (AABB)	var . durum (nu) tetraploid (AABB)	var . compactum , var . aestivum , Spring wheat (nu) hexaploid (AABBDD)
T. timopheevii tetraploid (AADD)	*T. aestivum* var . spelta (dressed) var . compactum (nu)	
T. aestivum hexaploid (AABBDD)	var . aestivum (nu) hexaploid (AABBDD)	

Source : Feldmane (1976)

الجدول 2 : تأثير كثافة الزرع على بعض مركبات المردود

Component	**Seeding density (kg/ha)**			
	50.0	**100.0**	**200.0**	**300.0**
Plant number m^{-2}	120.0	200.0	350.0	480.0
Spikes / plant	7.60	5.40	3.60	3.00
Spikes N° m^{-2}	403.00	440.00	465.00	458.00
Spikelets / spike	19.60	19.10	17.80	17.10
Grains / Spikelet	2.17	2.03	2.04	2.08
Grain dry wt g m^{-2}	706.00	708.00	704.00	692.00

Source : Fischer *et al*.(1976)

الجدول 3 : ملخص مراحل تطور القمح حسب مقياس Zadoks

Zadoks Code DC	CEREAL GROWTH STAGES	Important notes on herbicide application and crop development
00 03 05 07 10	**SOWING** Germination, seed swollen Radicle emerged from seed Coleoptile emerged from seed **EMERGENCE**	Knockdown herbicides such as glyphosate, paraquat and Spray.seed can be used up until this crop growth stage.
 11 12 13 14 15 16 17 18	**LEAVES ON MAIN SHOOT** 1st leaf more than half visible 2nd leaf more than half visible 3rd leaf more than half visible 4th leaf more than half visible 5th leaf more than half visible 6th leaf more than half visible 7th leaf more than half visible 8 or more leaves visible and stem not elongating.	1st leaf on all cereals has a rounded tip – find this before starting to count leaves. Most post-emergent herbicides need at least 2 leaves fully expanded on the crop before application. This could be dependent on herbicide rate. Higher rates should be used at later crop development stages. Some herbicides need 5 leaves (DC15) on the crop, (not counting tiller leaves) before application.
 21 22 23 24 25 26 27 28 29	**TILLERING** Main shoot and 1 tiller Main shoot and 2 tillers Main shoot and 3 tillers Main shoot and 4 tillers Main shoot and 5 tillers Main shoot and 6 tillers Main shoot and 7 tillers Main shoot and 8 tillers Main shoot and 9 or more tillers	Crop tiller number is affected by plant density, time of sowing and or environmental conditions - and variety. Tiller number should only be used as an indicator of how "well" the crop is performing. It should not be used to determine herbicide timing. What is the secondary root development like? In a dry season this can be poor, leading to a crop unable to recover from a herbicide application.
 30 31 32 33 34	**STEM ELONGATION** Stem starts to elongate 1st node detectable 2nd node detectable 3rd node detectable 4th node detectable	This is when the crop switches from growing leaves (vegetative) to producing grain (reproductive). Most Group I herbicides should not be applied until now. Growing point is above ground level 2-3 cm. Use a sharp knife to split the main stem, starting at the base. A small head should be visible above the air space.

	BOOTING STAGES	STOP SPRAYING NOW!!!!!! Wheat
37	Flag leaf visible	now very sensitive to stress. Flag leaf
39	Flag leaf collar just visible	(last leaf) sheath extending Boot
41	Early-boot stage	opposite collar of second last leaf Boot
43	Mid-boot stage	above collar of second last leaf
45	Late-boot stage	
47	Flag leaf sheath opening	
49	First awns visible	
	HEADING STAGES	
50	First spikelet of spike just visible	
52	20% of spike visible, early heading	
55	50% of spike visible, mid heading	
58	80% of spike visible, late heading	
60	Full heading but not flowering	
	FLOWERING	early flowering
62	20% of spikes are flowering	mid flowering
65	50% of spikes are flowering	late flowering
68	80% of spikes are flowering	
	KERNEL EXTENDING	
70.2	kernels near middle of spike extended 20%	
70.5	kernels extended 50% kernels watery ripe,	
71	clear liquid	
	MILK DEVELOPMENT	
73	early milk, liquid off-white mid milk,	
75	increase in solids late milk, increase	
77	in solids very late milk, half	
79	solid/half liquid	
	DOUGH DEVELOPMENT	
81	Very early dough - mostly solids when	
83	kernels crushed, doughy	
85	Early dough - kernels soft and almost dry	
87	Soft dough - kernels firm but finger nail	
	impression not held	
	Hard dough - finger nail impression held	
	RIPENING	
90	kernels hard - difficult to divide by thumb nail harvest	
92	ripe - can no longer be dented by thumb nail kernels	
93	loosening in daytime over-ripe - straw dead and	
94	collapsing	

Source : Zadoks *et al*. (1974)

الجدول 4 : تأثير الإجهاد المائي على مؤشر المساحة الورقية ، مركبات المردود و فعالية استغلال الماء في القمح عند مراحل نمو مختلفة

	Stress period		
Parameters	Pre – anthesis	Anthesis	Grain filling
LAI at booting	3.30	5.00	5.00
Fertile tillers m^2	685.00	434.00	485.00
Grains per spike	13.00	27.10	31.40
1000 grain weight (g)	55.20	53.70	49.20
Grain yield (g/m^2)	559.00	498.00	658.00
Harvest index	0.52	0.53	0.53
WUE (kg grain ha^{-1} mm ET^{-1})	16.80	12.40	15.20

Source : Hochman (1982)

الجدول 5 : اختلاف قيم بعض مركبات المردود ومدة المرحلة GS2 مع اختلاف درجة حرارة النمو الفصلية

Mean seasonal Temperature (°c)	Duration of GS2 (days)	Kernel number (grain m^{-2}) x 10^2	Spike m^{-2}
12.2	73.8	91.0a	349.2a
20.7	48.9	55.1b	292.9b
23.9	32.4	37.6c	163.2c
27.5	38.5	35.0c	145.6c

Number followed by a different letter in a given column differ at 5 % **Source :** Acevedo *et al*. (1991)

الجدول 6 : التغيرات الملاحظة على المستوى الخلوي أثناء الشيخوخة الورقية

Location	Change	Reference
Nucleus	- Chromatin condensation	O'Brien *et al*., 1998
	- DNA fragmentation	Yen and Yang, 1998
Chloroplasts	- DNA and RNA degradation	Inada *et al*.,1998 ; Bate *et al*.,1991
	- Degradation of thylakoid membranes	Dodge ,1970 Takamiya *et al*., 2000
	- Pigment degradation	Viestra, 1996
	- Protein degradation	Dodge, 1970
	- Number and size of plastoglobuli increase	
Mitochondria	- The number of mitochondria increases	Pastori and del Río, 1994 Solomos, 1988 ; Oleksyn *et al*., 2000
	- Respiration increases	
Peroxisome	- The number of peroxisomes Increases	Pastori and del Río, 1994
	- Some peroxisomes are converted to glyoxysomes	Landolt and Matile ,1990
	- Protein degradation	Distefano *et al*., 1999
Vacuole	- Degradation of proteins, Pigments	Viersta, 1996 ; Takamiya *et al*., 2000
Cytosol	- Amount of RNA decreases	Lohman *et al*., 1994

الجدول 7 : نوع التربة و الخصائص العامة لأفق تربة الحقل التجريبي

الأفــق	نسبة الرمل (%)	نسبة الطين (%)	نوع التربة	الكثافة الظاهرية غ / سم^3	نقطة الذبول الدائم (%) WP	السعة الحقلية (%) FC
الأفق الأول 0 – 20 سم	< 70 %	> 24 %	طينية رملية	1.32	8	16
الأفق الثاني 20 – 40 سم	< 70 %	> 30 %	طينية	1.17	15	31
الأفق الثالث 40 – 60 سم	<80%	> 19 %	رملية طينية جدا	1.25	10	22

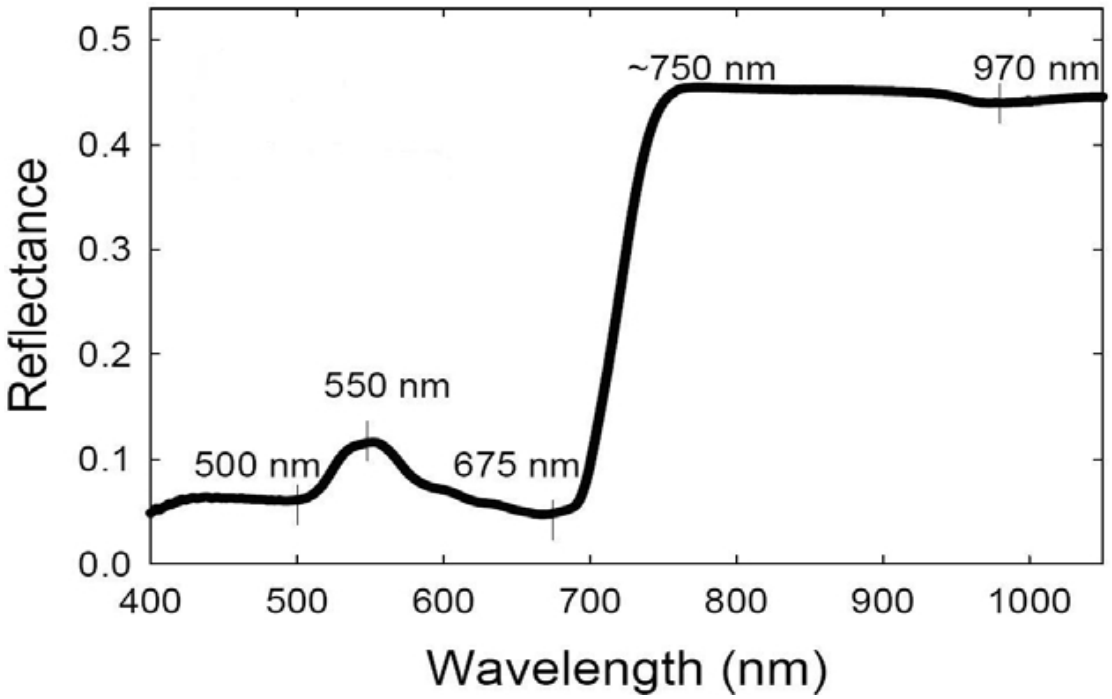
الجدول 8 : بعض مؤشرات طيف الانعكاس الأكثر استعمالا و علاقاتها الحسابية

Spectral reflectance indices	Formula †	Function	References
Normalized difference vegetation index (NDVI)	(R780 2 R670)/ (R780 1 R670)	Estimation of canopy photosynthetic area	Raun *et al.*, 2001
Simple ratio (SR)	R900/R680	Estimation of canopy photosynthetic area	Aparicio *et al.*, 2000
Water index (WI)	R970/R900	Canopy water status	Penuelas *et al.*, 1993
Ratio analysis of reflectance spectra (RARSa)	R675/R700	Estimation of chlorophyll-a	Chappelle *et al.*, 1992
Ratio analysis of reflectance spectra (RARSb)	R675/(R650R700)	Estimation of chlorophyll-b	Chappelle *et al.*, 1992
Ratio analysis of reflectance spectra (RARSc)	R760/R500	Estimation of carotenoids	Chappelle *et al.*, 1992
Pigment specific simple ratio (PSSRa)	R800/R680	Chlorophyll-a	Blackburn, 1998

† R is the subindex indicate the reflectance of light at that specific wavelength (in nm).

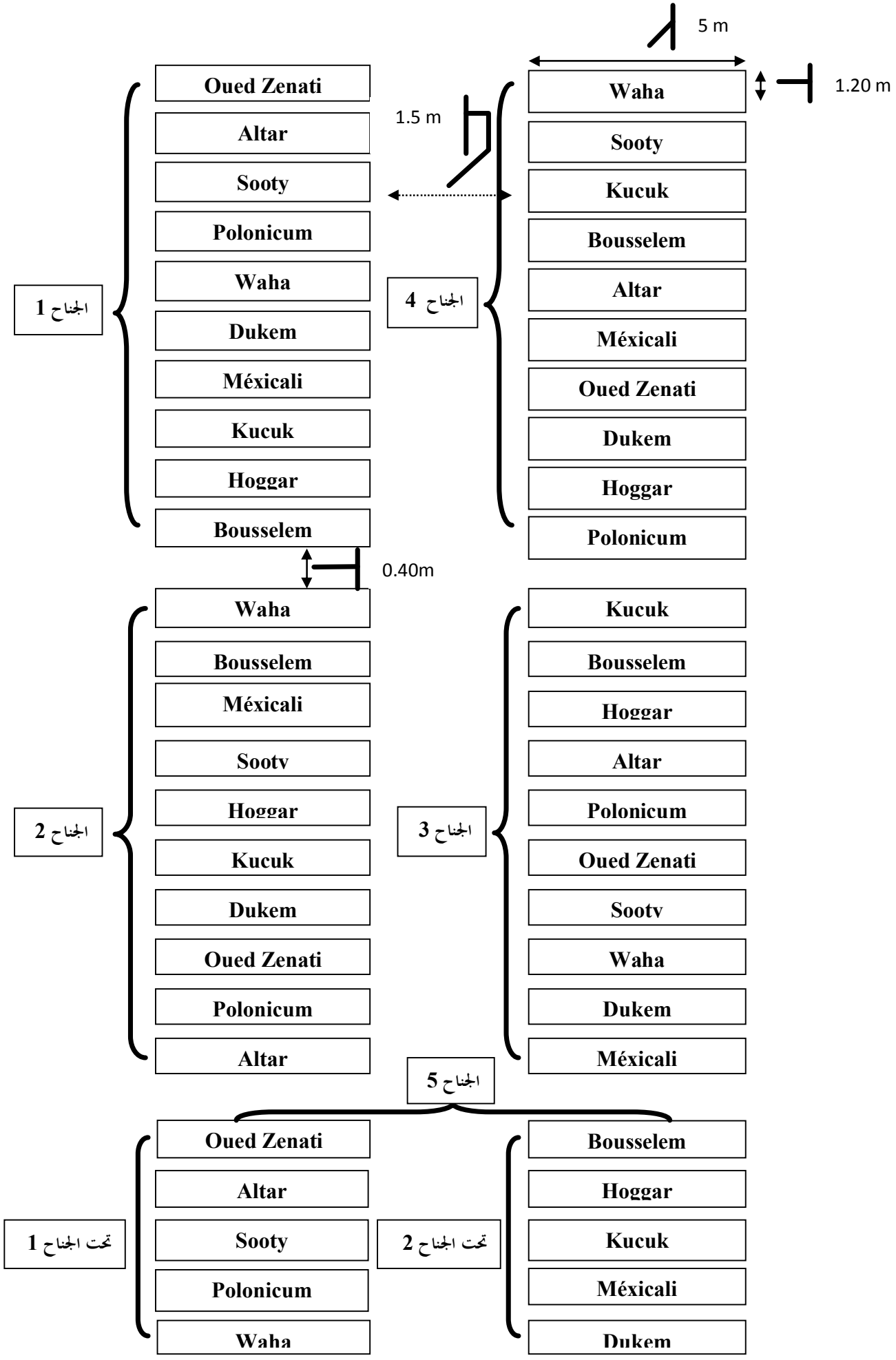
الجدول 9 : الأصناف العشرة المنتقاة و المزروعة خلال الموسم الزراعي 2008 / 2009

الصنف	الأصل
Oued Zenati	صنف محلي
Altar	صنف CIMMYT
Sooty	صنف CIMMYT
Polonicum	صنف محلي
Waha	صنف منتخب محليا ، انطلاقا من مادة وراثية نباتية مصدرها ICARDA
Dukem	صنف CIMMYT
Méxicali	صنف CIMMYT
Kucuk	صنف CIMMYT
Hoggar	صنف من جنوب إسبانيا ، أنتخب و عمم انطلاقا من ITGC ولاية تيارت
Bousselem	صنف منتخب محليا ، انطلاقا من مادة وراثية نباتية مصدرها CIMMYT / ICARDA



Source : Horler (1983a)

الوثيقة 1 : اختلاف طيف الانعكاس الورقي مابين 400 – 1000 نانومتر بدلالة طول الموجة



الوثيقة 2 : التصميم التجريبي وفق نمط التوزيع العشوائي بالأجنحة (كما هو في الحقل)

الجدول 19 : مقارنة متوسطات الوسائط القياسية للشيخوخة الورقية وفق اختبار

Newman et Keuls

Genptype	**Sa %**	Σ50 **s**	Vsmax	Vsa
Oued Zenati	49,30(a)	290,9(d)	1,212(ab)	0,380(a)
Altar	38,96(e)	333,54(a)	0,751(c)	0,333(a)
Sooty	42,57(cd)	305,17(c)	1,269(a)	0,380(a)
Polonicum	43,24(c)	312,82(b)	0,875(abc)	0,390(a)
Waha	48,07(a)	269,77(e)	0,802(bc)	0,325(a)
Dukem	40,31(e)	298,59(c)	0,916(abc)	0,386(a)
Mexicali	35,31(f)	338,85(a)	1,065(abc)	0,382(a)
Kucuk	45,19(b)	286,63(d)	0,875(abc)	0,415(a)
Hoggar	40,95(de)	316,92(b)	1,048(abc)	0,502(a)
Bousselem	42,8(cd)	334,46(a)	0,849(abc)	0,342(a)

Mean within columns with different letters are significantly different at 5%

الجدول 22 : مقارنة متوسطات الوسائط القياسية للانعكاس الضوئي وفق اختبار

Newman et Keuls

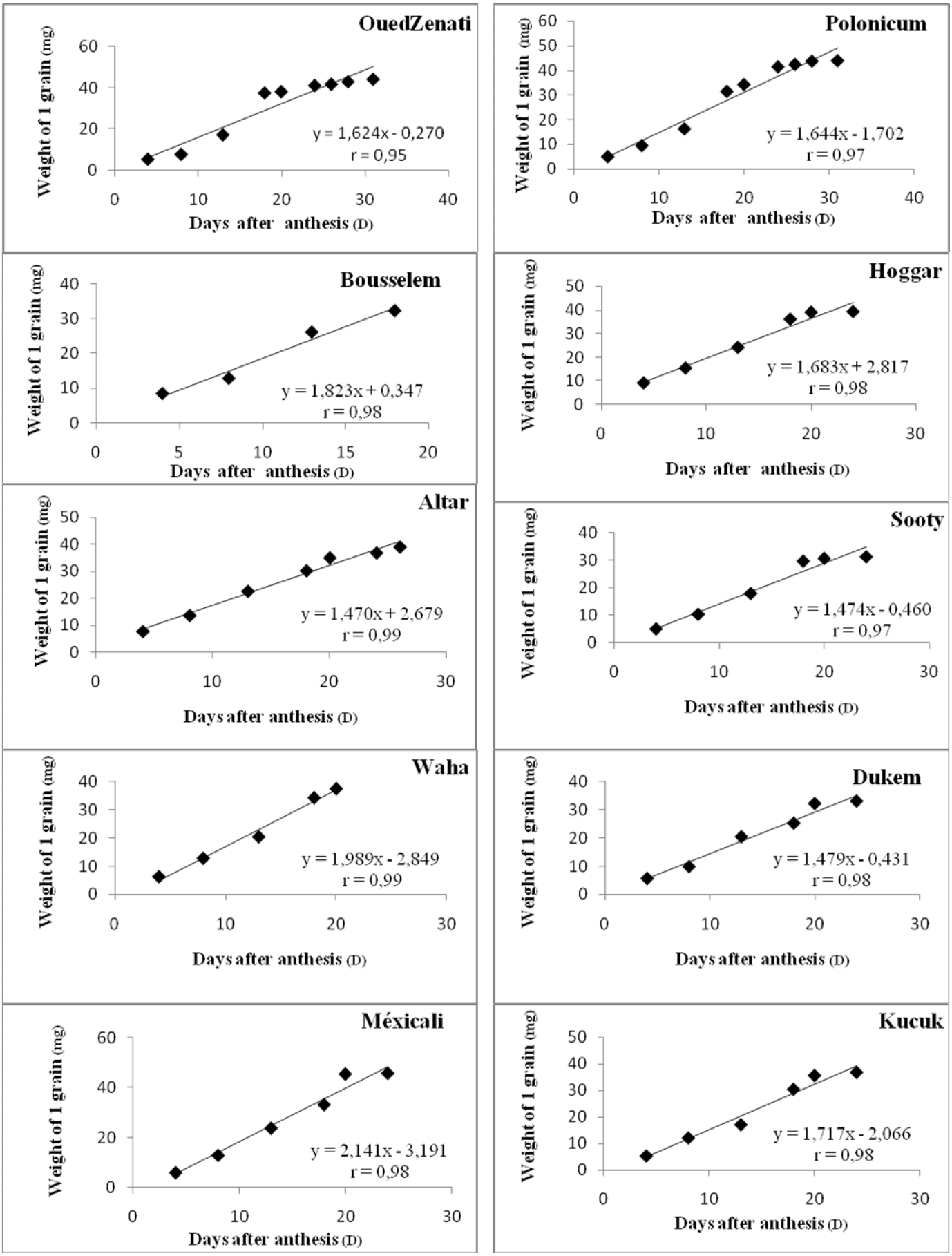
Genptype	Σ 50 R	Ra %	VR linear	VRmax	VRa
Oued Zenati	264,50(ab)	49,28(a)	0,356(a)	1,607(a)	0,540(a)
Altar	287,50(ab)	45,61(ab)	0,342(a)	1,187(a)	0,512(a)
Sooty	286,25(ab)	44,37(ab)	0,328(a)	1,207(a)	0,467(a)
Polonucum	274,50(ab)	53,26(a)	0,336(a)	1,282(a)	0,475(a)
Waha	266,50(ab)	49,64(a)	0,310(a)	0,840(a)	0,377(a)
Dukem	261,25(ab)	50,61(a)	0,454(a)	0,822(a)	0,400(a)
Mexicali	306,25(a)	35,89(b)	0,316(a)	1,452(a)	0,482(a)
Kucuk	233,00(b)	52,48(a)	0,314(a)	1,497(a)	0,440(a)
Hoggar	312,00(a)	38,62(ab)	0,291(a)	1,017(a)	0,380(a)
Bousselem	260,00(ab)	52,39(a)	0,330(a)	1,582(a)	0,520(a)

Mean within columns with different letters are significantly different at 5%

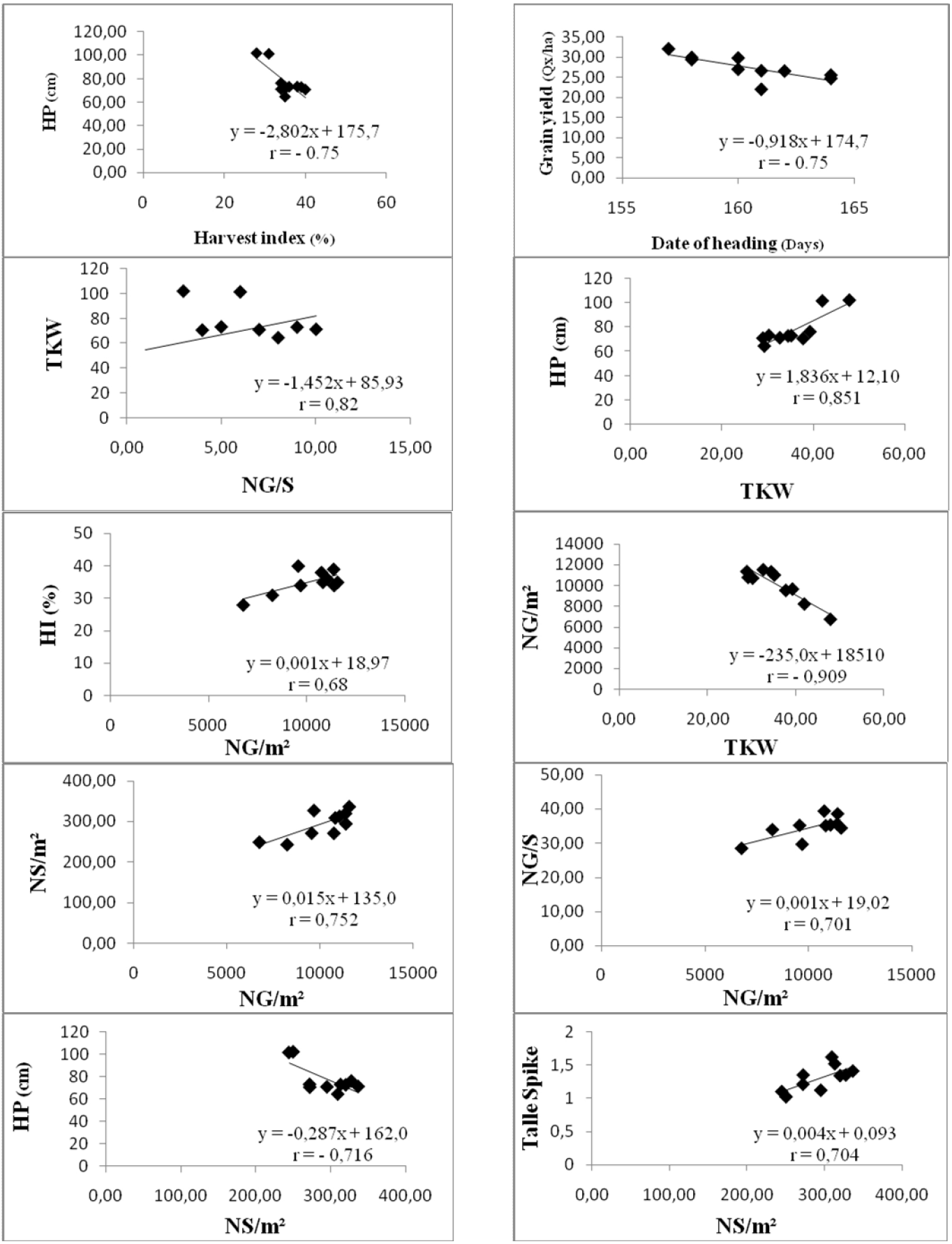
الجدول 30 : مصفوفة الارتباط مابين الوسائط القياسية لكل من الشيخوخة و الانعكاس الضوئي و فعالية استغلال الماء (WUE) و فعالية النتح (W)

	$V_{R\ linear}$	Ra %	$V_{R\ max}$	V_{Ra}	$\Sigma 50_{R}$	Sa %	$\Sigma 50_{S}$	Vs max	Vsa
WUE_{yield}	-0,71*	-0,66*	0,34ns	0,22ns	0,55ns	-0,46ns	0,64*	-0,03ns	0,03ns
WUE_{Bio}	-0,44ns	-0,04ns	0,75*	0,60ns	0,01ns	0,24ns	0,21ns	0,15ns	-0,17ns
W_{yield}	-0,71*	-0,66*	0,34ns	0,22ns	0,55ns	-0,46ns	0,64*	-0,02ns	0,03ns
W_{Bio}	-0,44ns	-0,04	0,75*	0,60ns	0,01ns	0,24ns	0,21ns	0,15ns	-0,17ns

* Significant at 5 % ; ns = not significant



الوثيقة 20 : تغير سرعة ملء الحب عند الأصناف العشرة المدروسة من القمح الصلب



الوثيقة 18 : علاقات الارتباط بين المردود و مركبات المردود

- تحليل تغير المردود و مركباته :

NG/Spike

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Bloc	3	20,552	6,851	2,259	0,104
Genotype	9	425,278	47,253	15,581	<0,001*
Residual	27	81,884	3,033		
Total	39	527,714	13,531		

NS/m²

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Bloc	3	5086,406	1695,469	1,473	0,244
Genotype	9	38307,656	4256,406	3,698	0,004*
Residual	27	31080,781	1151,14		
Total	39	74474,844	1909,611		

NG/m²

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Bloc	9	2299403,66	766467,887	0,52	0,672
Genotype	3	88530901,6	9836766,85	6,677	<0,001*
Residual	27	39779384,4	1473310,53		
Total	39	130609690	3348966,4		

*Significant at 5 % ; ns = not significant

TKW

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Bloc	3	10,704	3,568	0,376	0,771
Genotype	9	1326	147,333	15,528	<0,001*
Residual	27	256,176	9,488		
Total	39	1592,88	40,843		

Grain Yield

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Bloc	3	1282440,48	427480,159	7,227	0,001
Genotype	9	3004618,19	333846,466	5,644	<0,001*
Residual	27	1597090,77	59151,51		
Total	39	5961109,38	152848,958		

Biomass

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Bloc	3	89903,605	29967,868	5,241	0,006
Genotype	9	278310,5	30923,389	5,409	<0,001*
Residual	27	154372,76	5717,509		
Total	39	522586,86	13399,663		

HI

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Bloc	3	0,00581	0,00194	2,256	0,105
Genotype	9	0,0511	0,00568	6,617	<0,001*
Residual	27	0,0232	0,000858		
Total	39	0,0801	0,00205		

HP

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Bloc	3	94,296	31,432	5,765	0,004
Genotype	9	6159,442	684,382	125,529	<0,001*
Residual	27	147,204	5,452		
Total	39	6400,942	164,127		

*Significant at 5 % ; ns = not significant

- تحليل تغير الوسائط القياسية للشيخوخة الورقية :

	Σ 50 t			
Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Genotype	9	14123,707	1569,301	82,372	<0,001*
Residual	20	381,027	19,051		
Total	29	14504,733			

	Vs max			
Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Genotype	9	0,823	0,0915	3,465	0,01*
Residual	20	0,528	0,0264		
Total	29	1,351			

	Sa			
Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Genotype	9	468,752	52,084	52,492	<0,001*
Residual	20	19,844	0,992		
Total	29	488,596			

	Vsa			
Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Genotype	9	0,0687	0,00764	1,746	$0,143^{ns}$
Residual	20	0,0874	0,00437		
Total	29	0,156			

*Significant at 5 % ; ns = not significant

ـ تحليل تغير الوسائط القياسية للانعكاس الضوئي الورقي :

Σ 50 t

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Genotype	9	19955,525	2217,281	2,922	0,013*
Residual	30	22762,25	758,742		
Total	39	42717,775			

Ra

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Genotype	9	1302,241	144,693	3,756	0,003*
Residual	30	1155,563	38,519		
Total	39	2457,804			

$V_{R\ linear}$

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Genotype	9	0,0719	0,00799	1,746	0,122 ns
Residual	30	0,137	0,00458		
Total	39	0,209			

$V_{R\ max}$

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Genotype	9	3,009	0,334	1,988	0,077 ns
Residual	30	5,045	0,168		
Total	39	8,054			

V_{Ra}

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Genotype	9	0,123	0,0137	1,223	0,318 ns
Residual	30	0,335	0,0112		
Total	39	0,458			

* Significant at 5 % ; ns = not significant

الجدول 31 : قيم المؤشرات البيئية للموسم الزراعي 2008 / 2009

Day	Rain(mm)	T° min	T° max	T° ave
1-Oct.	0	11,9	16,2	14,05
2-Oct.	0	8,9	19,5	14,2
3-Oct.	0	10,7	22,7	16,7
4-Oct.	0	10,9	17,4	14,15
5-Oct.	0	7,9	20	13,95
6-Oct.	0	10,9	24,8	17,85
7-Oct.	0	12,7	25,4	19,05
8-Oct.	4,4	13	22,9	17,95
9-Oct.	0,4	11,8	19,6	15,7
10-Oct.	0	13,4	19,7	16,55
11-Oct.	0	13,7	23,5	18,6
12-Oct.	0	13,6	25,8	19,7
13-Oct.	5,4	16	23,2	19,6
14-Oct.	2,4	13,8	23,7	18,75
15-Oct.	0,4	14,1	19,6	16,85
16-Oct.	0	13,2	19,7	16,45
17-Oct.	0	9,9	18,9	14,4
18-Oct.	0	9,9	20,9	15,4
19-Oct.	0	11,4	22,2	16,8
20-Oct.	0	12,8	21,1	16,95
21-Oct.	3,4	12,4	21,8	17,1
22-Oct.	0	12,2	18,7	15,45
23-Oct.	0	9,4	20,2	14,8
24-Oct.	7,8	11,8	18,8	15,3
25-Oct.	0	11,9	19,8	15,85
26-Oct.	0	12,9	21,3	17,1
27-Oct.	0,8	13,9	21,4	17,65
28-Oct.	3,8	10,6	19	14,8
29-Oct.	4,2	7,6	11,5	9,55
30-Oct.	0	1,9	10,8	6,35
31-Oct.	9,4	4,9	11	7,95

Day	Rain(mm)	T° min	T° max	T°ave
1-nov.	0	6,7	14,4	10,55
2-nov.	0	8,9	16,5	12,7
3-nov.	0	9,3	17	13,15
4-nov.	0	7,1	11,8	9,45
5-nov.	1,8	4,3	8,8	6,55
6-nov.	0	4,3	11,4	7,85
7-nov.	0	3,8	14	8,9
8-nov.	0	4,8	15,5	10,15
9-nov.	0	4,6	15,5	10,05
10-nov.	0	4,5	15,3	9,9
11-nov.	0	5,4	15,8	10,6
12-nov.	1,2	6,5	15,8	11,15
13-nov.	0,2	5,3	9,8	7,55
14-nov.	6,4	1,9	9,3	5,6
15-nov.	4,8	3,8	8,9	6,35
16-nov.	2,8	6	11,5	8,75
17-nov.	5	7,2	10,8	9
18-nov.	0,2	6	9,4	7,7
19-nov.	0	3,8	12,3	8,05
20-nov.	0	4,3	12,5	8,4
21-nov.	0	4,1	13,2	8,65
22-nov.	0	4,4	14,5	9,45
23-nov.	0	3	14	8,5
24-nov.	0	5,4	11,5	8,45
25-nov.	3,2	4,3	10	7,15
26-nov.	0,2	1,9	8,2	5,05
27-nov.	0	4	14,6	9,3
28-nov.	0,4	3,5	7,4	5,45
29-nov.	0	2,6	10,9	6,75
30-nov.	0,8	4,3	11	7,65

T° max **:** maximal temperature **(C°)**

T° min **:** minimale temperature **(C°)**

T° ave **:** average temperature **(C°)**

تـــابع

Day	Rain(mm)	T° min	T° max	T° ave
1-dec.	4	0,5	7,8	4,15
2-dec.	1	0,6	6	3,3
3-dec.	0,8	0,4	5,2	2,8
4-dec.	0	0,7	6,8	3,75
5-dec.	0,4	0,7	7,5	4,1
6-dec.	0	5,8	13,3	9,55
7-dec.	0	4,5	12,8	8,65
8-dec.	0,2	5,8	12	8,9
9-dec.	0,2	6,5	11	8,75
10-dec.	12,4	5,8	10	7,9
11-dec.	0	-0,2	3,6	1,7
12-dec.	0	-0,4	7,1	3,35
13-dec.	0	-0,2	8,1	3,95
14-dec.	7,6	2	4	3
15-dec.	0,2	0,3	4,4	2,35
16-dec.	0,2	-2	3,6	0,8
17-dec.	5,6	0,1	2,8	1,45
18-dec.	0,4	0,5	8,8	4,65
19-dec.	3,2	2	7,6	4,8
20-dec.	0	5,1	9	7,05
21-dec.	0	2,8	11,8	7,3
22-dec.	0	1,6	11,4	6,5
23-dec.	0	2,1	11,8	6,95
24-dec.	0	1,1	11,9	6,5
25-dec.	0	-1,4	10,7	4,65
26-dec.	0,4	1,8	7,5	4,65
27-dec.	0	0,6	11,3	5,95
28-dec.	0,6	2,9	11,1	7
29-dec.	0	4,9	10,9	7,9
30-dec.	0	2,8	11,5	7,15
31-dec.	0	3,7	12,2	7,95

Day	Rain(mm)	T° min	T° max	T°ave
1-jan	0	2,8	10,7	6,75
2-jan	6	4,3	8,2	6,25
3-jan	3	5,2	10,3	7,75
4-jan	1,6	5,4	8,8	7,1
5-jan	0	2,3	5,8	4,05
6-jan	0,6	-2	7,4	2,55
7-jan	11	1,9	5,8	3,85
8-jan	0	0,4	7	3,7
9-jan	0	0,5	9,2	4,85
10-jan	0	0,1	8,9	4,5
11-jan	0,4	3	6,9	4,95
12-jan	14	3,8	7,2	5,5
13-jan	8,6	4,7	9,2	6,95
14-jan	0	0,2	6,6	3,4
15-jan	0	0,7	8,7	4,7
16-jan	0	-0	12	5,95
17-jan	0	3,1	11,8	7,45
18-jan	0	0,9	12,7	6,8
19-jan	0	1,7	12	6,85
20-jan	1,4	2	9,2	5,6
21-jan	6,6	1,4	3,3	2,35
22-jan	0,6	0,5	5,9	3,2
23-jan	0	3,4	13,2	8,3
24-jan	0	6,9	12,8	9,85
25-jan	1,8	1,6	10,3	5,95
26-jan	2,8	0,8	4,9	2,85
27-jan	6,3	-0	4,3	2,1
28-jan	0,4	-0	8,4	4,15
29-jan	3	4,7	7,8	6,25
30-jan	0	6,2	13,3	9,75
31-jan	1,2	5,1	12,8	8,95

تـــابع

Day	Rain(mm)	T° min	T° max	T°ave
1-feb.	0	0,5	7,6	4,05
2-feb.	0,8	4,6	9	6,8
3-feb.	9	3,6	8,6	6,1
4-feb.	0	2,3	12,1	7,2
5-feb.	3,4	6,1	13,3	9,7
6-feb.	9,4	3,5	10,3	6,9
7-feb.	2	0,8	5,1	2,95
8-feb.	2,5	-1,4	3,2	0,9
9-feb.	0	-0,6	11,5	5,45
10-feb.	1,2	5,5	13,9	9,7
11-feb.	0,4	4	8,8	6,4
12-feb.	2	1,5	9	5,25
13-feb.	0,2	-0,1	4,8	2,35
14-feb.	0,2	-2,6	9,7	3,55
15-feb.	0	0,2	8,4	4,3
16-feb.	0	-1,2	8	3,4
17-feb.	0	-0,4	6,6	3,1
18-feb.	0	-1,2	10	4,4
19-feb.	0	0	12,1	6,05
20-feb.	0	0,1	10,2	5,15
21-feb.	0	0	8,7	4,35
22-feb.	1	-0,1	5,3	2,6
23-feb.	0	0,3	11,4	5,85
24-feb.	0	3,1	7,1	5,1
25-feb.	0,2	1,7	8,1	4,9
26-feb.	0	-1,2	11	4,9
27-feb.	0	-0,2	16,2	8
28-feb.	9	2,4	13	7,7

Day	Rain(mm)	T° min	T° max	T°ave
1-mar.	0,4	3,7	12,4	8,05
2-mar.	1,6	3,6	14,7	9,15
3-mar.	0	7,6	13,5	10,55
4-mar.	5,6	5,9	10,9	8,4
5-mar.	11,1	1	7,2	4,1
6-mar.	1,6	-1	2,8	0,9
7-mar.	0	-0,3	7,1	3,4
8-mar.	0	0,1	13	6,55
9-mar.	0	4,5	17,3	10,9
10-mar.	0	5,2	16,7	10,95
11-mar.	0	4,5	16,3	10,4
12-mar.	0	2,6	14,9	8,75
13-mar.	0	4,3	17,4	10,85
14-mar.	0	6,5	20,5	13,5
15-mar.	0	7,1	18,7	12,9
16-mar.	0,2	3,9	12,3	8,1
17-mar.	0	3,9	9,4	6,65
18-mar.	0	5,3	12,4	8,85
19-mar.	0	3	14,4	8,7
20-mar.	0	3,7	15,4	9,55
21-mar.	0	1,2	8,7	4,95
22-mar.	0	-2,3	7,8	2,75
23-mar.	0	-2,9	11,9	4,5
24-mar.	0	1,2	16,8	9
25-mar.	0	2	15	8,5
26-mar.	0	6,3	20,1	13,2
27-mar.	0	10,8	22,4	16,6
28-mar.	3	13,2	17	15,1
29-mar.	2,4	8,8	16,3	12,55
30-mar.	1,6	7,5	14,3	10,9
31-mar.	0	2,3	12,1	7,2

تـــابع

Day	Rain(mm)	T° min	T° max	T°ave
1-apr.	0	2	11,4	6,7
2-apr.	0,4	1,9	12,8	7,35
3-apr.	1,6	3,4	12,2	7,8
4-apr.	0	5,1	11	8,05
5-apr.	0	3,7	14,6	9,15
6-apr.	0	5	17,7	11,35
7-apr.	11,6	9,1	18,4	13,75
8-apr.	0	5,3	13,7	9,5
9-apr.	0	3,3	11,7	7,5
10-apr.	17,4	2,8	18,3	10,55
11-apr.	23,5	0,6	4,6	2,6
12-apr.	0,9	-0,3	9	4,35
13-apr.	0,2	2,1	7,6	4,85
14-apr.	0	2,9	15,6	9,25
15-apr.	0	8	18,6	13,3
16-apr.	0	7,7	18	12,85
17-apr.	0	7,8	15,1	11,45
18-apr.	6,5	7,2	11,5	9,35
19-apr.	9,2	2,8	9	5,9
20-apr.	0	4,6	11,2	7,9
21-apr.	3,6	2,7	10,7	6,7
22-apr.	1	5,6	9,9	7,75
23-apr.	0	6,8	14,7	10,75
24-apr.	0	6,5	19,8	13,15
25-apr.	0	13	20,9	16,95
26-apr.	1,6	10,4	21,3	15,85
27-apr.	0	5,2	12,2	8,7
28-apr.	0	2,3	17,2	9,75
29-apr.	0	5,6	17,6	11,6
30-apr.	0	6,5	19,5	13

Day	Rain(mm)	T° min	T° max	T°ave
1-may.	2,8	7,3	15,1	11,2
2-may.	0	7,1	14,7	10,9
3-may.	0	4,1	18,7	11,4
4-may.	0	6,3	20,2	13,25
5-may.	0,1	7,3	16,4	11,85
6-may.	0	4,2	16,5	10,35
7-may.	0	5,8	22	13,9
8-may.	0	9,4	23,4	16,4
9-may.	0	11,4	25,3	18,35
10-may.	0	13,4	25,1	19,25
11-may.	0	14,2	26,7	20,45
12-may.	0	14,5	27,6	21,05
13-may.	0	14,5	27	20,75
14-may.	0	12,5	18,5	15,5
15-may.	0,5	9,2	14,2	11,7
16-may.	0	7	17,5	12,25
17-may.	0	6,8	26,9	16,85
18-may.	0	13,2	28,5	20,85
19-may.	0	16,3	30,9	23,6
20-may.	0	17,1	31,7	24,4
21-may.	0	18,2	32,2	25,2
22-may.	0	19,7	32,3	26
23-may.	0	18,8	28,9	23,85
24-may.	0	17,6	29,6	23,6
25-may.	0	18,8	31,7	25,25
26-may.	0	14,4	29,3	21,85
27-may.	0	12,2	23,6	17,9
28-may.	0	9,8	24,7	17,25
29-may.	0	12,1	28,2	20,15
30-may.	0	16,6	26,5	21,55
31-may.	0	17,1	30,3	23,7

تـــابع

Day	Rain(mm)	T° min	T° max	T°ave
1-jun.	0	12,2	26,1	19,15
2-jun.	0	12,6	29,2	20,9
3-jun.	0	12,2	27,2	19,7
4-jun.	0	13,5	30,4	21,95
5-jun.	0	18,8	30,5	24,65
6-jun.	0	13,7	30,5	22,1
7-jun.	0	12,9	28,3	20,6
8-jun.	0	14,3	32,9	23,6
9-jun.	0	14,8	31	22,9
10-jun.	0	13	32,7	22,85
11-jun.	2,8	19,9	34,5	27,2
12-jun.	0	18,6	32,4	25,5
13-jun.	0	15,7	33,4	24,55
14-jun.	0	19,7	33,8	26,75
15-jun.	0	20,6	35	27,8
16-jun.	0	21,2	33,2	27,2
17-jun.	0	19	34,8	26,9
18-jun.	0	16,6	33,9	25,25
19-jun.	0	19,1	34,4	26,75
20-jun.	0	20,5	32,2	26,35
21-jun.	0	16,7	26,7	21,7
22-jun.	0	11,7	26,4	19,05
23-jun.	0	12,6	28	20,3
24-jun.	0	14,5	32,2	23,35
25-jun.	4	18	29,4	23,7
26-jun.	0	15,8	28,4	22,1
27-jun.	0	13,7	28,2	20,95
28-jun.	0	16,2	32,4	24,3
29-jun.	0	18,4	33	25,7
30-jun.	0	18,1	32,2	25,15

الجدول 28 : مصفوفة الارتباط بين المؤشرات الزراعية و الفيزيولوجية المدروسة

	GY	NG/S	NS/m²	TKW	Bio	HP	NG/m²	HI	Sa	Σ50S	Vsmax	Vsa	Σ 50R	Ra	VR l	VRmax	VRa	RWC	CHL	DGF	VGF	WUE y	WUE B	W y	W B	DH
GY	1																									
NG/S	-0	1																								
NS/m²	0,34	0,06	1																							
TKW	0,077	**-0,82**	-0,52	1																						
Bio	0,47	**-0,66**	-0,09	**0,71**	1																					
HP	-0,22	-0,56	**-0,71**	**0,85**	0,57	1																				
NG/m²	0,24	**0,7**	**0,75**	**-0,9**	-0,5	**-0,87**	1																			
HI	0,45	0,62	0,39	-0,59	-0,55	**-0,77**	**0,68**	1																		
Sa %	-0,45	-0,24	-0,27	0,24	0,24	0,45	-0,36	**-0,64**	1																	
Σ50 **S**	**0,63**	-0,21	0,09	0,27	0,2	-0,06	-0,07	0,39	**-0,79**	1																
Vsmax	-0,02	-0,01	-0,25	0,15	0,15	0,27	-0,19	-0,14	0,07	-0,04	1															
Vsa	0,03	0,03	0,26	-0,04	-0,16	0,01	0,22	0,18	-0,14	0,02	0,37	1														
Σ 50 R	0,55	0,31	-0,14	-0,01	0,01	-0,07	0,11	0,48	-0,6	0,55	0,32	0,32	1													
Ra %	**-0,65**	-0,34	-0,15	0,17	-0,04	0,29	-0,34	-0,55	0,62	-0,45	-0,42	-0,38	**-0,87**	1												
VR l	**-0,7**	-0,16	-0,13	-0,06	-0,43	-0,07	**-0,2**	-0,2	-0,08	-0,1	-0,04	-0,2	-0,3	0,35	1											
VRmax	0,34	**-0,69**	-0,02	**0,68**	**0,75**	0,48	-0,47	-0,39	0,09	0,33	0,25	-0,06	-0,21	0,1	-0,28	1										
VRa	0,22	**-0,64**	-0,41	**0,76**	0,59	0,52	**-0,72**	-0,32	-0,01	0,47	0,17	-0,4	-0,07	0,12	0,01	**0,8**	1									
RWC	-0,08	0,41	-0,33	-0,1	0,06	0,26	0,04	-0,18	0,46	-0,58	0,34	0,22	0,25	-0,22	-0,42	-0,33	-0,44	1								
CHL	0,27	0,43	0,3	-0,44	-0,28	-0,39	0,5	0,48	**-0,68**	0,42	0,41	0,44	**0,66**	**-0,69**	-0,03	-0,26	-0,33	0,03	1							
DGF	-0,2	-0,09	-0,55	0,45	-0,11	0,5	-0,44	-0,04	-0,18	0,18	0,24	0,47	0,31	-0,16	0,08	0,08	0,18	0,08	0,02	1						
VGF	0,56	0,01	0,39	-0,07	0,58	-0,06	0,28	-0,15	-0,08	0,06	-0,12	-0,12	0,13	-0,3	-0,48	0,18	-0,1	0,23	0,15	-0,48	1					
WUE y	0,99	-0,01	0,35	0,07	0,47	-0,22	0,25	0,45	-0,45	**0,63**	-0,02	0,03	0,55	**-0,65**	**-0,7**	0,34	0,22	-0,1	0,27	-0,2	0,56	1				
WUE B	0,48	**-0,66**	-0,1	**0,71**	**0,99**	0,57	-0,5	-0,55	0,24	0,2	0,14	-0,16	0,01	-0,04	-0,43	**0,75**	0,59	0,06	0,28	-0,11	0,58	0,47	1			
W y	**0,99**	-0	0,35	0,07	0,47	-0,22	0,24	0,45	-0,45	**0,63**	-0,02	0,02	0,55	-0,65	**-0,7**	0,34	0,22	-0,1	0,27	-0,02	0,56	**0,99**	0,48	1		
W B	0,47	**-0,66**	-0,1	**0,71**	**0,99**	0,57	-0,5	-0,55	0,24	0,2	0,14	-0,16	0,01	-0,04	-0,43	**0,75**	0,59	0,06	-0,3	-0,01	0,58	0,47	**0,99**	0,5	1	
DH	**-0,75**	-0,2	-0,53	0,34	-0,03	**0,68**	-0,51	**-0,66**	**0,66**	0,61	0,27	0,24	-0,43	0,53	0,2	0,06	-0,002	0,37	-0,4	0,48	-0,5	**-0,76**	-0,04	**-0,8**	-0,04	1

Coarse values = Significant correlation at 5 %

صورة توضح جهاز Spectroradiometer الخاص بقياس الانعكاس الضوئي الورقي

صورة توضح جهاز SPAD الخاص بقياس المحتوى اليخضوري

الملخص :

أنجزت هذه الدراسة خلال الموسم الزراعي 2009/2008 على مستوى محطة الأبحاث الزراعية للمحاصيل الكبرى (ITGC) بسطيف ؛ تهدف هذه الدراسة إلى تأكيد فعالية استعمال الصور الرقمية في انتخاب أصناف متحملة للجفاف من خلال إبراز الدور الذي تلعبه بعض المؤشرات الفيزيولوجية مثل : الشيخوية الورقية (S) و الانعكاس الضوئي الورقي (R) كمؤشرات دالة عن تحمل الجفاف و ذلك من خلال دراسة العلاقة بين الوسائط القياسية لهذه المؤشرات و المردود من جهة و من جهة أخرى علاقتها و بعض المؤشرات الفيزيولوجية الأخرى مثل : المحتوى المائي النسبي (RWC) ، المحتوى اليخضوري (CHL) ، فعالية استغلال الماء (WUE) و فعالية النتح (W) ؛ لقد أثبت مؤشر الشيخوخة الورقية فعالية في انتخاب أصنـــاف متحملة للجفـــاف من قبل وسجلنا ذلك أيضا خلال هذه الدراسة حيث لاحظنا أن الأنماط الوراثية متأخرة الشيخوخة تكون عالية المردود ؛ أظهر مؤشر الانعكاس الضوئي الورقي نفس الفعالية و يتضح ذلك من خلال علاقات الارتباط المعنوية المسجلة بين بعض الوسائط القياسية للانعكاس الضوئي و المردود أو واحد من مركبات المردود ولقد أتضح أن الأنماط الوراثية ذات نسب انعكاس ضوئي منخفض تميزت بمردود حبي عالي ، ولقد سجل مؤشر الانعكاس الضوئي علاقات ارتباط معنوية أيضا مع بعض المؤشرات الفيزيولوجية الأخرى (WUE ,W , RWC , CHL) ؛بالإضافة إلى تقنية الصور الرقمية استعملنا أيضا خلال هذه الدراسة برنامج المحاكاة Budget الذي مكننا من تحيد قيم بعض المؤشرات البيئية مثل النتح ، التبخر وEvapotranspiration ، كما يسمح لنا هذا البرنامج بتتبع تغيرات المحتوى المائي للتربة خلال مراحل النمو المختلفة ، التنبؤ بفترات الإجهاد المائي و حساب معاملاتها .

الكلمات المفتاحية : القمح صلب (*Triticum durum* desf) ، الصور الرقمية ، الشيخوخة الورقية ، الانعكاس الضوئي ، فعالية استغلال الماء ، فعالية النتح ، المحتوى المائي النسبي ، المحتوى اليخضوري .

Abstract :

This study was conducted during the 2008/2009 agricultural season at ITGC station of Sétif; the objective of this study is to evaluate the advantages of using numerical analysis of image as a criterion for durum wheat selection under drought conditions through highlighting the role of some physiological parameters such as leaf senescence (S) and reflectance (R),based on the relationship between yield and relative water content (RWC), chlorophyll content, water use efficiency and transpiration efficiency, this study evidenced the interest of using image analysis ; indeed, varieties with slow senescence showed the highest grain yield, in parallel, the reflectance was related to grain yield and its components ; low reflectance is connected with high grain yield. More reflectance was linked significantly with chlorophyll content, transpiration efficiency, relative water content and water use efficiency, in addition to numerical analysis of image, a simulation model **(Budget)** was used which allowed to calculate some parameters such as transpiration and evaporation, This program has also monitor soil water status by stage of plant development.

Key words: durum Wheat (*Triticum durum* desf) , Digital image , Leaf senescence , Reflectance Water use efficiency , Transpiration efficiency , Relative water content , Chlorophyll content .