/أمين/ سامي/ د.سلام/ 1/ 2/ 3/ 4/ 5/ 6/ 7/ 8/ 9/ 11/ 15/ 16/ 17/ 18/ 19/ 21/ 22/ 24/ 25/ 26/ 27/ 36

يعد الإجهاد الجفافي واحداً من أهم الضغوط غير الحيوية في الزراعة في جميع أنحاء العالم (1) حمص

تعد الورقة العضو الأكثر تأثرا بالإجهاد المائي حيث يتوقف نمو النصل ثم تلتف الأوراق وبعد إزهار النباتات تشيخ الأوراق بسرعة ((1996 brisson كما يؤثر الإجهاد المائي على مختلف تفاعلات عملية التركيب الضوئي (, 1987Oosterhuis et Walker).(أمين).

وأظهرت بادرات القمح الربيعي المعرض المعرض لمستويات مختلفة من الإجهاد المائي تراجعا في عدد الجذور، وعدد الأوراق، وطول السويقة الجنينية، وطول الورقتين الأولى والثانية، ووزن المادة الجافة بالمقارنة مع الشاهد (1995, yamadaBoubaker and).(أمين).

وأوضحت نتائج دراسة أجريت على خمسة أصناف من القمح تحت تأثير الإجهاد الجفافي التأثير السلبي للجفاف في مراحل النمو الحرجة والتي تتمثل في تقليل امتصاص أصناف القمح للعناصر المغذية، وتخفيض صافي إنتاجية التمثيل الضوئي، ومعدل النتح لنبات القمح ( Raza et al, 2012).

وفي دراسة أجريت على القمح لتقييم تأثير الجفاف على نمو ومحتوى الأوراق من الكلوروفيل. حيث وضعت أربعة أنظمة للجفاف، 100٪ و 80٪ و 60٪ و 40٪ . أظهرت النتائج وجود فروق ضئيلة في بعض الصفات النباتية مع معاملات الإجهاد. وكان ارتفاع النبات الأقصى (16.5 سم) عند معامل 100٪ ري بينما كان الحد الأدنى (11.8cm) عند معامل 60٪ ري. وكان محتوى الكلوروفيل أعلى (32.9) في النباتات المروية بنسبة 60٪ مقارنة ب 80٪ من الري (28.8) (Al-Maskari et al, 2016). (أمين).

وفي تجربة نفذت في مخبر الأصول الوراثية، لاختبار مدى تحمل طرز من القمح للإجهاد الجفافي المحدث باستخدام بولي إيثيلين غليكول (PEG-6000) خلال مرحلة الإنبات خلال عام 2010 حيث استخدم مركب بولي ايتيلين غليكول (PEG-6000), بهدف إحداث عدة جهـود حلوليـة, أظهرت النتائج وجود تباين وراثي بين الطرز المدروسة في استجابتها لتغيرات الإجهاد الحلولي للوسط, فقد تراجعت نسبة الإنبات % مع تراجع الجهـد الحلولـي وحققت الأصناف شام-10، دوما-4، دوما-2, شام-3, أعلى معدلات في نسبة الإنبات عند جميع الجهود الحلولية, وكذلك في سرعة الإنبات وذلك مقارنة مع الطرز الأخرى (غنيم وآخرون، 2011). (أمين).

وفي بحث أجري تحت ظروف البیت البلاستیكي بغرض دراسة تأثیر الإجھاد المائي على النمو والمحتوى الكیمیائي للأوراق و الحبوب لصنفين من القمح الصلب ***Triticum*** ***durum*** ھما (MBB) و (WAHA) فقد أثرالإجهاد المائي بصورة واضحة على نمو وإنتاج القمح، كما أدى إلى تراكم البرولین والسكریات الذائبة و انخفاض تركیز الكلوروفیل في مستوى الأوراق، و إرتفاع محتوى الحبوب من البروتینات والعناصر المعدنیة مع انخفاض محتواها من السكریات الذائبة(جامع، 2006) (أمين).

وفي عدد من أصناف القمح القاسي المتباينة في درجة تحملها للإجهاد المائي بهدف غربلة هذه الأصناف لمعرفة القدرة الكامنة على الإنتاجية العالية والثابتة في ظروف الإجهاد المائي, حيث أظهرت الدراسة فروق معنوية واضحة بين الأصناف المدروسة في معامل الحساسية للجفاف, فقد تم تسجيل أعلى معامل للحساسية للجفاف لمحتوى الكلوروفيل في الصنف أكساد65 وبحوث7 بينما سجل اخفض معامل للحساسية للجفاف لمعامل ثباتية الغشاء ومحتوى الرطوبة النسبي في الصنف حوراني وشام5. أما فيما يخص الإنتاج ومكوناته فان اخفض معامل للحساسية للجفاف تم تسجيله في الصنف حوراني وشام5 لكل من عدد الحبوب للسنبلة والغلة الحبية والكتلة الحيوية الكلية. أعلى معامل لثباتية الإنتاج سجل في كل من الصنف حوراني وشام5 لكل من عدد الحبوب في السنبلة و وزن الألف حبة والغلة الحبية والكتلة الحيوية الكلية (المسلماني وآخرون، 2010). (أمين).

وأظهرت نتائج دراسة أجريت ﻋﻠﻰ 12 ﻃﺮﺍﺯا ﻭﺭﺍﺛيا ﻣﻦ ﺍﻟﻘﻤﺢ ﺍﻟﻘﺎﺳﻲ بهدﻑ ﺩﺭﺍﺳﺔ ﺍﻟﺼﻔﺎﺕ ﺍﻟﻔﻴﺰﻳﻮﻟﻮﺟﻴﺔ ﺍﻟﻤﺮﺗﺒﻄﺔ ﺑﺘﺤﺴﻴﻦ ﺇﻧﺘﺎﺟﻴﺔ ﺍﻟﻘﻤﺢ ﺍﻟﻘﺎﺳﻲ ﺗﺤﺖ ﻇﺮﻭﻑ ﺍﻹﺟﻬﺎﺩ ﺍﻟﻤﺎﺋﻲ, ﺃﻥ ﺍﻹﺟﻬﺎﺩ ﺍﻟﻤﺎﺋﻲ ﺍﻟﻤﺘﺰﺍﻣﻦ ﻣﻊ ﻣﺮﺣﻠﺔ ﺍﻹﺷﻄﺎﺀ ﺗﺴﺒّﺐ ﻓﻲ ﺗﺮﺍﺟﻊ ﺟﻤﻴﻊ ﺍﻟﺼﻔﺎﺕ ﺍﻟﻔﻴﺰﻳﻮﻟﻮﺟﻴﺔ ‏(ﻣﺤﺘﻮﻯ ﺍﻟﻜﻠﻮﺭﻭﻓﻴﻞ، ﻣﻌﺎﻣﻞ ﺛﺒﺎﺗﻴﺔ ﺍﻟﻐﺸﺎﺀ، ﺟﻬﺪ ﺍﻟﻮﺭﻗﺔ ﺍﻟﻤﺎﺋﻲ، ﻭﺍﻟﻔﻠﻮﺭﺓ ﺍﻟﻀﻮﺋﻴﺔ‏)، ﻭﻛﺬﻟﻚ ﺗﺮﺍﺟﻌﺖ ﺍﻟﻐﻠﺔ ﺍﻟﺤﺒﻴﺔ، ﻭﻟﻮﺣﻆ ﺃﻥ ﻣﺘﻮﺳﻂ ﺍﻟﻐﻠﺔ ﺍﻟﺤﺒﻴﺔ ﺗﺤﺖ ﻇﺮﻭﻑ ﺍﻹﺟﻬﺎﺩ ﺍﻟﻤﺎﺋﻲ ﻛﺎﻥ ﺍﻷﻋﻠﻰ ﻣﻌﻨﻮﻳﺎً ﻓﻲ ﺍﻟﺴﻼﻟﺔ H8150، ﺛﻢ ﺍﻟﺼﻨﻒ ﺷﺎﻡ 5 ‏( 1.216 ،0.216 ﻍ ﻋﻠﻰ ﺍﻟﺘﻮﺍﻟﻲ ‏) ﻭﺑﺎﻟﺘﺎﻟﻲ ﺗﻔﻮﻗﺖ ﺍﻟﻄﺮﺯ ﺍﻟﻤﺬﻛﻮﺭﺓ ﻓﻲ ﺍﻟﺼﻔﺎﺕ ﺍﻟﻔﻴﺰﻳﻮﻟﻮﺟﻴﺔ ﺍﻟﻤﺪﺭﻭﺳﺔ (سعود وآخرون، 2015).

تم تقييم تأثيرات الجفاف على العلاقات المائية لأربعة أصناف من القمح (Triticum astivum L) حيث زراعت أربعة أصناف، كانشان، سوناليكا، كاليانسونا، و C306، في الأواني وتخضع لأربعة مستويات من الإجهاد المائي. وأدى تعرض النباتات للجفاف إلى انخفاض ملحوظ في الجهد المائي للأوراق، ومحتوى الماء النسبي مع زيادة متزامنة في درجة حرارة الأوراق.( Siddique et al, 2000)

وأدى إجهاد الجفاف إلى خفض التبخر- نتح المتراكم لكلا الصنفين وذلك بسبب إغلاق الثغور التنفسية, وانخفاض المساحة الورقية.(2).

كما أدى الجفاف إلى انخفاض الوزن الجاف للأوراق والأزهار في كلا الصنفين, كما أن الأزهار فقدت قدرتها على استعادة النمو بعد 17يوم من الانتعاش. (2).

أدى الإجهاد الجفافي إلى انخفاض الleaf water potential والجهد الأسموزي ،وجهد الامتلاء من كلا الصنفين،وكان ذلك في "Narve viking" أكثر مما كان عليه في "Ben garin"، مشيراً إلى أن " Narve viking " كان الأكثر تضررا من الجفاف.(2).

في تجربة في الأصص الزراعية ضمن البيت الزجاجي لدراسة تأثير الإجهاد المائي خلال مرحلة الإشطاء واستطالة الساق والتسنبل ومرحلة النضج في الصفات المرتبطة بالغلة الحبية, وذلك باستخدام أربعة طرز وراثية من القمح القاسي سبب الإجهاد المائي تراجعاً معنويا في المؤشرات المرتبطة بالغلة الحبية عندما تعرضت النباتات للإجهاد المائي طوال موسم النمو, واستطاعت الطرز الوراثية التي أعطت غلة حبية عالية نسبياً أن تحافظ على مستويات عالية من مكونات الغلة الحبية العددية, وخاصة عدد الحبوب في وحدة المساحة من الأرض ووزن الألف حبة, مما يشير إلى أهمية مثل هذه الصفات في تحسين غلة القمح القاسي الحبية ضمن ظروف الزراعة البعلية (Ismail,1999). (3).أو 10 خلال الإزهار

أكد علماء الفيزيولوجيا وتربية النبات ضرورة إيجاد الطرز النباتية التي تتمتع بصفات مورفولوجية تساعد النبات على تحمل الجفاف ومقاومته سواءً كانت هذه الصفات خاصة بالمجموع الخضري أو المجموع الجذري (Bazzaz *et al*., 2002). (3).أو 10 خلال الإزهار

ويعد البحث عن الأنماط الوراثية المتميزة بفعالية تمثيل ضوئي عالية, أمراً مهماً جداً وذلك من أجل استخدامها كمصادر وراثية من أجل التحسين الوراثي لإنتاجية المجتمعات النباتية المحلية, والحصول على أصناف عالية الإنتاجية . يسبب الإجهاد المائي الشديد خلال مرحلة الإزهار تراجعاً في عدد السنابل ومن ثم عدد الحبوب ووزنها (Aspinall, 1984). (3).أو 10 خلال الإزهار.

يمكن أن يعزى التباين الوراثي في كفاءة الطرز الوراثية في المحافظة على محتوى الماء النسبي في خلايا الأوراق إلى القدرة على التعديل الحلولي أو التباين في درجة انغلاق المسامات استجابة للإجهاد المائي (Nye & Tinker, 1977). (3).أو 10 خلال الإزهار

مستوى الإجهاد المائي بإضافة ماء ري 100% من قيمة السعة الحقلية قد أعطى أعلى القيم لمؤشرات النمو (ارتفاع النبات, مساحة الورقة, عدد الإشطاء, عدد الأوراق وطول الجذر, الوزن الجاف للمجموع الجذري, الوزن الجاف للمجموع الخضري نباتֿ¹, بينما أعطى مستوى الإجهاد المائي بإضافة ماء ري 50% من قيمة السعة الحقلية أدنى القيم لجميع الصفات المدروسة باستثناء طول الجذر. (4).

في دراسة تمت في مدينة بابل تبين ما يلي: سبب الإجهاد المائي القاسي (إضافة ماء الري بعد استنزاف 90% من الماء الجاهز ) تقليلاً معنوياً في مكونات حاصل الحبوب قياساً بمعاملة ماء الري الكامل (إضافة ماء الري بعد استنزاف 50% من الماء الجاهز), ولم يكن للإجهاد المائي المتوسط (إضافة ماء الري بعد استنزاف 75% من الماء الجاهز), تأثيراً معنوياً في وزن الحبة, كما سبب الإجهاد المائي المتوسط والقاسي انخفاضاً معنوياً في كل من حاصل الحبوب والحاصل البيولوجي ودليل الحصاد مقارنة بمعاملة الري الكامل, وأدى إلى تقليل كفاءة استعمال الماء ( لحاصل الحبوب والحاصل البيولوجي).(5).

في دراسة حددت فيها المتطلبات المائية لنبات القمح تبعاً لمعدل التبخر- نتح (ETc) من 100% تضمنت 4 مستويات من الإجهاد الجفافي (100%, 80%, 60%, 50%, 40%) تم تقديرها بعد إضافة معدل الترشيح من20% إلى ETc,حيث تم حفظ النباتات في بيئة صناعية ذات شروط محددة لأكثر من 5 أسابيع ومعدل ري مرتين في الأسبوع وفقاً لمستويات الري المحددة مسبقاً كانت النتائج فيها كالتالي: كان ارتفاع النبات الأقصى (16.5)سم مع الري 100% في حين كان الحد الأدنى (11.8)سم مع 60% ري, وكان التباينات بسيطة في عدد الأوراق مع تغير مستويات الري, من جهة أخرى كان هناك تباين ملحوظ في المحتوى الرطوبي لكل من الجذر والسويقة عند المقارنة بين مستويات الري العالية (80% & 100%) مع المنخفضة (40% & 60%), أما بالنسبة لمحتوى الأوراق من الكلوروفيل فقد كان الأعلى (32.9) في النباتات التي طبق عليها مستوى ري 60% مقارنةً بمستوى الري 80% حيث كان المحتوى من الكلورفيل (28.8). (6).

ارتبطت فترة الإزهار سلبا مع محصول الحبوب، بينما كانت مدة ملء الحبوب، ومحتوى الكلوروفيل، وعدد الحبوب في السنبلة، والسنيبلات في السنبلة مرتبطة ارتباطا إيجابيا بغلة الحبوب تحت ظروف الجفاف. وعلاوة على ذلك، كان عدد الأيام حتى النضج مرتبطا ارتباطا سلبياً بمؤشر حساسية الجفاف (DSI)، وبينما كان الارتباط بين طول السنبلة و (DSI) إيجابيا تحت ظروف الجفاف.(7).

أولى علامات الجفاف هو انخفاض في نمو النبات وتقلص في حجم الأوراق (Kramer and Boyer, 1995; Saab and Sharp,2004), وانخفاض المردود (Katerji, 2009), وهناك نوعين من الجفاف (8)

* جفاف التربة: الذي يبرز بعد استنفاذ المخزون المائي من التربة, خاصة من الطبقة التي تنتشر بها الجذور فينجم عنه عدم قدرة النبات على امتصاص ماء التربة (Richards and Passioura, 1981).
* جفاف الجو: الذي ينتج عن هبوب رياح جافة وساخنة تؤدي إلى نقص الرطوبة الجوية (Baldy, 1974).(8)
* في دراسة قام بها (9) لتقويم استجابة بعض الطرز الوراثية من القمح للإجهاد المائي في طور البادرة وجد فروق معنوية في استجابة طرز القمح للإجهاد الحلولي حيث أبدت الطرز المتحملة للإجهاد المائي تراجعاً أقل في معدل النمو بالمقارنة مع الطرز الحساسة للإجهاد المائي, وقدرة أكبر على استعادة النمو في نهاية فترة استعادة النمو بالمقارنة مع الطرز الحساسة للإجهاد المائي,(9).

وأدى التحريض دوراً حيوياً في زيادة قدرة البادرات المحرضة على تحمل المستويات المميتة من الإجهاد المائي, وأظهرت البادرات المحرضة قدرة أكبر على استعادة النمو بالمقارنة مع البادرات غير المحرضة, وكانت قدرة الطرز عالية التحمل للإجهاد المائي في استعادة النمو أكبر من الطرز الحساسة وتفوق نمو بعض الطرز المتحملة بشكل مميز للإجهاد المائي على نمو حتى بادرات الشاهد في نهاية فترة استعادة النمو.(9).

اكتسبت البادرات المحرضة حلولياً قدرة أكبر على تحمل المستوى المميت من الإجهاد المائي بالمقارنة مع البادرات المحرضة محلياً(NaCl) . (9).

بينت نتائج دراسة تأثير الإجهاد الحلولي الناجم عن إضافة سكر البولي إيتيلين غليكول (PEG) إلى المحلول المغذي في استجابة صنفين من القمح أحدهما متحمل للجفاف (Huelquen), والآخر حساس (Saitama) للإجهاد المائي, حدوث تراجع في الوزن الجاف للمجموعتين الهوائية والجذرية, وتراجع نسبة المجموعة الهوائية إلى المجموعة الجذرية, ومحتوى الماء النسبي (RWC), وكان التراجع في هذه المؤشرات أكبر من الطراز الحساس بالمقارنة مع الطراز المتحمل, ويصطنع الطراز المتحمل كمية أكبر من البرولين (Kastori *et al*., 1999). (9).

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي وجود تباين وراثي ما بين الأصناف في تحمل الإجهاد المائي, سبب الإجهاد المائي تراجعاً في جميع الصفات المدروسة, فقد تراجع متوسط الغلة الحبية بنسبة 31.7% وكان عدد السنابل/م² بنسبة 29.1 %, فيما تراجع متوسط الوزن البيولوجي بنسبة 24.2% ,أظهر الصنف حوراني أعلى قيمة بعدد السنابل/م² (191), فيما أظهر الصنفان بحوث7 وشام5 أعلى قيمة لعدد الحبوب في السنبلة (34.1), والصنف حوراني أعلى وزن للألف حبة (27.1), وأعطى الصنف شام5 أعلى غلة حبية في المتر المربع (239.4) غ, فيما سجل الصنف بحوث7 أدنى قيمة للغلة الحبية (182.8) غ تحت ظروف الإجهاد المائي. (16).

يتسبب الجفاف في مرحلة النمو الخضري في تراجع معدل نمو البادرات, مما يؤثر سلباً في كفاءتها في منافسة الأعشاب الضارة, وكذلك يسبب الجفاف تراجعاً في معدل استطالة أجزاء النبات الهوائية نتيجة تراجع جهد الامتلاء داخل الخلايا النباتية الضروري لاستطالتها, ويمكن أن يتوقف النمو بشكل كلي عند ازدياد شدة الإجهاد المائي أو طول فترة التعرض له, وتعد استطالة الخلايا النباتية من أكثر العمليات الفيزيولوجية حساسية لظروف شح المياه (Bressan *et al.,* 1990).(16).

في دراسة أجريت لمعرفة أثر الإجهاد الحلولي المفروض صناعيًاً, في مجموعة من المؤشرات الفيزيولوجية المرتبطة بتحمل الجفاف, عند مرحلتي النمو الأولي (الإنبات والبادرة). نميت الطرز المدروسة تحت تأثير تراكيز مختلفة (MPa -1 , -0.8 , -0.6 , 0 ) من محلول بولي إيتيلين غليكول (PEG6000), بهدف إحداث عدة إجهادات حلولية في وسط إنبات 15 طراز وراثي من القمح, أظهرت النتائج وجود تباين وراثي بين الطرز, في استجابتها لتغيرات الإجهاد الحلولي, فقد حقت الطرز ( حوراني, بحوث7, دوما1, دوما41282, دوما45367, دوما4, جولان 2, h-8150) أقل معدلات تراجع في مؤشر التحمل النسبي للجفاف (RDTI) بحوالي (4, 2, 1, 8, 12, 9, 5, 3 %) على التوالي. بينما أظهرت الطرز (شام3, بحوث11, دوما41149 ) حساسية مفرطة للإجهاد الحلولي المتزامن مع مرحلة الإنبات. سبب الإجهاد الحلولي تراجعاً في صفات البادرات المنماة في أوساط مجهدة, وأبدت الطرز (دوما1, حوراني, بحوث7, دوما 41282, بحوث8, جولان2) تفوقاً ملحوظاً مع زيادة تراكم المادة الجافة في بادراتها (DMSI%) المنماة في الأوساط عالية التركيز (-1MPa) من الإجهاد, إذا أعطت قيماً بلغت (36, 30, 42, 43, 34, 34, 36, 43, 48%) على التوالي, مقارنة مع الشاهد. وبذلك صنّفت من أكثر الطرز تحملاً للإجهاد الحلولي. أظهرت دراسة معامل الارتباط, وجود فروقات معنوية بين المؤشرات الفيزيولوجية المدروسة , مما يبرز أهمية االاعتماد على مؤشر التحمل النسبي للجفاف, خلال مرحلة إنبات البذور, والتي انعكست على زيادة أطوال جذور الطرز المدروسة فيما بعد (r= 0.608\*\*), والحصول على بادرات قوية (r= 0.743\*\*) تحت ظروف الإجهاد, خلال مراحل النمو الأولية للقمح.(19).

تعد مرحلة إنبات البذور والبادرة من المراحل الحرجة, لا سيما في المناطق التي تتعرض للجفاف (Pratap and Sharma, 2010), وذلك يؤثر سلباً في تراجع إنتاجية المحصول (Thomoson, et al., 2005). يؤدي تراجع الجهد المائي حول البذور إلى تراجع نسبة الإنبات وطول الجذور (Kaydam and yagnur, 2008), وتبدي البادرات تبايناً وراثياً خلا المراحل الأولية من النمو, نتيجة ظروف الإجهاد الحلولي (Jajarmi, 2009), مما ينعكس على أطوالها, وتراكم المادة الجافة فيها (Moud and Maghsoudi, 2008), وقد يعزى الاُر المثبط لزيادة الإجهاد الحلولي للوسط, على معدل امتصاص الماء المستخدم من قبل البذور مما يؤدي إلى تراجع نسبة الإنبات (Strogonov, 1964), وبالتالي تعد مرحلة الإنبات مرحلة هامة في تطور النبات, يعتمد عليها تأسيس عدد كبير من البادرات تفيد في تحديد الغلة الحبية (Mound and Maghsoudi, 2008). وهي صفة تكيّفية هامة, تؤدي إلى زيادة قدرة الطرز على تحمل الجفاف, حيث بمقدور الطرز ذات الجذور الطويلة, زيادة كمية امتصاص الماء من طبقات التربة العميقة (Leishman and Westody,1994).(19).

يعد التحسين الوراثي لصفة الغلة الحبية تحت ظروف الجفاف, مشكلة تواجه مربي النبات, لذلك استخدمت بعض المركبات الكيميائية مثل بولي إيتيلين غليكول PEG6000 التي تحث على الجفاف ضمن ظروف المخبر, وتستخدم بكثرة من أجل غربلة أصناف القمح لتحمل الجفاف عند المراحل المبكرة للنمو, كونه مركبات غير متشردة, ولا تدخل عبر غلاف البذرة وتبقي الجهد الحلولي للوسط ثابت طيلة فترة التجربة (Valifard *et al*., 2012). أشار الباحثون إلى أن تعريض بادرات القمح بنسبة 20% من مركب PEG6000 أدت إلى تراجع طول السويقة, ووزنها الرطب والجاف (Pereyra *et al*., 2006). وفي دراسة أخرى تراجعت أطوال الجذور والبادرات, وأوزانها الرطبة والجافة مع زيادة تركيز PEG6000 النمو, وتم تحديد المؤشرات التي ارتبطت بالتحمل مثل مؤشر التحمل بدليل طول الجذور (RLSI%) والوزن الجاف للبادرة (DMSI%) كمؤشرات واقعية في غربلة الطرز للجفاف (Ahmad *et al.,* 2009).(19).

ويتمثل التأثير الرئيس للجفاف بتراجع عملية التمثيل الضوئي Photosynthesis نتيجة تراجع استطالة الأوراق Leaf expansion، وتضرر الأجهزة التمثيلية، والشيخوخة المبكرة للأوراق Premature leaf senescence، الأمر الذي يؤدي إلى تراجع حجم المسطح الورقي الأخضر الفعّال في عملية التمثيل الضوئي، وتراجع كفاءة النبات التمثيلية نتيجة انخفاض كمية الطاقة الضوئية الممتصة Intercepted Light Energy (I)، وكفاءة النبات في تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقةٍ كيميائية مخزونة في روابط المركبات العضوية المُصنّعة (السكريات) (Wahid و Rasul، 2005)،(د.سلام).

ونظراً لتكرار الجفاف وانحباس الأمطار والارتفاع المضطرد في تركيز الملوثات الجوية، وخاصة غاز الفحم ((CO2 وما يتبع ذلك من ارتفاع في درجات الحرارة وزيادة معدلات فقد المياه بالنتح Transpiration (T)، كان لابد من العمل على تحسين تحمل المحاصيل الاستراتيجية (القمح) لظروف الإجهاد المائي، للمحافظة على ثبات غلة المحصول الحبية، وتحقيق التنمية الزراعية المستدامة في البيئات الشحيحة بالمياه، ويتحتم علينا من أجل تلبية الاحتياج السكاني المتنامي بشكلٍ سريع، إما أن نعمد إلى التوسع الأفقي من خلال زيادة المساحة المزروعة، وهذا غير ممكن بسبب تراجع مساحة الأراضي الصالحة للزراعة نتيجة لتملح الموارد المائية العذبة وندرتها، أو زيادة الإنتاج بشكل رأسي، وذلك من خلال زيادة الإنتاج في وحدة المساحة المزروعة، ويمكن تحقيق ذلك من خلال انتخاب الطرز الوراثية ذات الطاقة الإنتاجية المرتفعة تحت ظروف الزراعة المطرية، وتحديد حزمة التقانات الزراعية المناسبة التي تظهر الطاقة الإنتاجية الوراثية الكامنة Potential yield لهذه الطرز. كما يُعدّ استنباط الأصناف المتميزة بقدرتها على الجمع بين الإنتاجية المرتفعة والنوعية الجيدة هي أهم ما يبحث عنه المربي الناجح من خلال برامج التهجين بين الأصناف والسلالات التي تؤدي إلى تحسين الغلة الحبية والصفات النوعية. وبالتالي لابد من إيجاد تباينات وراثية جديدة باستمرار لمتابعة عملية التحسين. وتعد عمليات الإدخال والانتخاب Selection والتهجين Hybridization، الطرق الأساسية لإحداث هذه التباينات في المحاصيل ذاتية التلقيح (Chahal و Gosal، 2002). (د. سلام).

كان معدل نفل نواتج التمثيل الضوئي من السوق إلى الحبوب معنوياً أكبر لدى أصناف القمح الطري شام 4, وشام6 بالمقارنة مع جميع أصناف وسلالات القمح القاسي في حين تفوقت طرز القمح القاسي على طرز القمح الطري في كفاءة نقل نواتج التمثيل الضوئي من المصدر إلى المصب, نتيجة غياب علاقة الارتباط العكسية بين متوسط عدد الحبوب المتشكلة في النبات ومتوسط وزن الألف حبة في الأولى مقارنةً مع الأخيرة. وسبب الإجهاد المائي ازدياداً معنوياً أعلى في طرز القمح القاسي بالمقارنة مع طرز القمح الطري. ويمكن أن تعزى زيادة نسبة البروتين في الحبوب إلى تراجع نسبة النشاء, مما يشير إلى تراكم المركبات الآزوتية في الحبوب أقل حساسية للجفاف ولارتفاع الحرارة من تراكم السكريات (النشاء) (علي وآخرون, 2008) (24).

أجرى Anjumوآخرون (2011) دراسة عن ردود فعل النباتات للإجهاد الجفافي حيث وجد أن الجفاف يؤدي إلى انخفاض نفاذية الثغور مما يؤدي إلى انخفاض كمية CO2 في النبات، ويزيد من انتشار الجذور ويقلل مساحة المسطح الورقي ويحد من عملية التركيب الضوئي مما يؤدي إلى انخفاض في نمو النبات وإنتاجيته. (سامي).

أشـار كل من Tchakalova and Yordanov (2002) وBoyer and Westgate (2004) إلى أن نقص الرطوبة يمكن أن يحرض تحورات كبيرة في بنية الصانعات الخضراء، كما يمكن أن يؤدي نقص الماء إلى توقف التمثيل الضوئي في الأوراق، نتيجة ارتفاع حمض الأبسيسيك مما يؤدي إلى انغلاق مسام الورقة. أي تسبب الإجهاد الجفافي في الحد من التبادل الغازي للأوراق (2015Allahverdiyev,). (سامي).

يؤثر نقص الماء سلباً في معدل انقسام الخلايا، ويسبب تراجع ضغط الامتلاء توقف استطالة الخلايا النباتية، مما يؤدي إلى توقف نمو النبات. يسبب عادة الجفاف أو تراجع محتوى الخلايا النباتية المائي أذى شديداً، وعدم انتظام مكونات الاغشية الخلوية و المكونات الخلوية، و تخريب البروتوبلازم، وتدهور أغشية الخلية السيتوبلاسمية وتخريب البروتين وحدوث طفرات في المورثات، ويبقى محتوى اليخضور ثابتا" نسبياً ولا يتأثر بالإجهاد المائي، ولكن ينخفض محتوى كل من البروتينات والدهون السكرية والفوسفوليبيدات في الصانعات الخضراء (Prabha *et al*.,1985) . (سامي).

تكمن أهمية آلية التحمل الحقيقية في تحسين كفاءة النباتات في تحمل ظروف الإجهاد، وتحافظ على نموها، وانتاجها بشكل مقبول وقد تم توصيف عدد قليـل جـداً مـن البروتينـات المصنعة استجابةً للإجهاد المائي، ويعتقد أن يكون لها دور مهم في وقاية الخلايا النباتية من وطأة التأثير السلبي الناجم عن الجفاف .(Ingram and Bartels, 1996) (سامي).

وجد أن الحمض الأميني برولين يلعب دوراً هاماً في حماية النباتات التي تتعرض للإجهادات اللاإحيائية، حيث يخفف من سمية بعض المركبات ويتفاعل مع بقايا بعض البروتينات (Nanjo *et al.,* 1999; Yang and Jorgensen, 2011). وقد وجد (Farshadfar *et al.,* 2008) زيادة تركيز البرولين في الظروف المجهدة مقارنةً بالظروف غير المجهدة. (سامي).

يسهم البرولين والعديد من المركبات الأخرى في عملية التعديل الحلولي والتي تعني المحافظة على انتظام العلاقات المائية تحت ظروف الجهد الحلولي ومن هذه المركبات السكريات الذوابة والأحماض العضوية وبعض الشوارد كالصوديوم والبوتاسيوم وغيرها (Farooq *et al*., 2009). في هذا الصدد وجد Abdalla and El-Khoshiban (2007) زيادة في نسبة الصوديوم في المجموعين الخضري والجذري، في الطرز الحساسة والمتحملة من القمح. كما وجد (Nejad *et al.,* 2010) أيضاً زيادة نسبة الصوديوم في جذور الذرة مع زيادة مستوى الإجهاد الجفافي، وبالتالي فالصوديوم يمكن أن يقوم بجزء من دور البوتاسيوم في تعديل الجهد الحلولي تحت ظروف الجفاف. هذا الأمر قد يكون مختلفاً في محاصيل أخرى، فقد وجد AlJbawi and Abbas (2013) أن طرز الشوندر السكري المتحملة للجفاف تزيد فيها نسبة البوتاسيوم ويتراجع محتوى الصوديوم في جذورها. (سامي).

يعد الجفاف كأحد أهم الإجهادات البيئية، ويشكل حوالي %26 من مجموع الإجهادات (Tas and Tas ,2007) وبالتالي يعّد أحد أهم العوامل المؤثرة على نمو النباتات وتطورها (Rampino *et al*., 2006). (سامي).

يسبب الإجهاد المائي العديد من التحويرات على مستوى تركيب النبات أو عمليات النبات المختلفة بشكل يحسن من مقدرتها على تحمل الظروف البيئية غير المناسبة، وتتمثل هذه التكيفات بزيادة حساسية المسامات للإنغلاق للحد من فقد الماء بالتبخر – نتح و المحافظة على جهد الامتلاء داخل الخلايا النباتية، وزيادة القدرة على التعديل الحلولي Osmotic adjustment وتقليص حجم المسطح الورقي الأخضر، وتشكيل الترسبات الشمعية على سطوح الأوراق والسوق، وتُعد أيضاً زيادة نسبة المجموعة الجذرية إلى الهوائية من أهم الصفات التكيفية المرتبطة بتحمل الإجهاد المائي، إذ يساعد تشكيل مجموع جذري متعمق ومتشعب في الوصول إلى طبقات التربة العميقة الرطبة، مما يسمح بامتصاص كمية من الماء كافية لتعويض الماء المفقود بالتبخر-نتح (حسن، 1995؛ العودة، خيتي، 2008). (سامي).

يعتمد تأثير الجفاف في النبات على شدة الإجهاد وعلى وقت حدوثه وعلى طـول مـدة تعرض النبات له، وأيضاً حسب مرحلـة نمـو النبـات.(Sinhababu and Rup kumar, 2003) والعمليات الفيزيولوجية الحساسة للجفاف هي التي تتـأثر بالإجهاد، وأول تـأثير للجفاف يشمل نقص المحتوى المائي في التربة وتغير المحتوى المائي في الأنسجة النباتيـة ويشمل تغير جهد الماء ومكوناته ويلي ذلك زيادة مقاومة الثغور لحركة الغـازات وبخـار الماء ونقص في الاصطناع الضوئي وتثبيط لنمو النبات ونقص الإنتاج النباتي وزيادة معدل شيخوخة الأوراق وتساقطها .(Molnar, *et al.*, 2002; Lawlor, and Cornic, 2002). (سامي).

عرف التأقلم بأنه قدرة النبات على النمو وإعطاء مردود في المناطق التي تعاني من نقص المياه (Turner, 1979). بينما أضاف Monneveux and Depigny (1995) لتعريف التأقلم الارتباط الوثيق بين درجة التأقلم وكمية الإنتاج الناتجة. إذ تضمن آليات تأقلم النبات العديد من الاستجابات للمحافظة على الوظائف الفيزيولوجية للنبات. (27).

التهرب هو وسيلة يتبعا النبات لإلغاء أو التقليل من تأثيرات الإجهاد المائي, خلال مراحل تطوره خاصة الأصناف الحساسة لنقص المياه, ويكون ذلك بالتبكير في الإزهار والنضج خارج فترات الإجهاد المائي (Yekhlef, 2001).(27).

للتنظيم الإسموزي علاقة كبيرة في الإنتاج الزراعي لأن الماء يعتبر عاملاً محدداً للإنتاج عند الحبوب (Akbar *et al*., 1991). ولهذا فإن تأقلم الخلايا مع وضع ما مرتبط بظاهرة التنظيم الأسموزي لأنه يعتبر إجراء بيولوجي يحمي العضو من تأثير نقص المياه. إن استجابة الأنماط الوراثية لنقص المياه تختلف حسب الأصناف, ويعتبر التنظيم الأسموزي معياراً مهماً في مقاومة الجفاف, حيث يسمح بإعطاء أهمية لبعض مظاهر المقاومة وذلك بتخفيض الضغط المائي والإبقاء على الضغط الانتباجي بتراكم مختلف المواد ذات دور المنظم الأسموزي (Turner, 1986; Khan, 1993). (27)

تكون هذه المواد المتراكمة عموماً أحماض عضوية (الماليك), اينوزيتول, أيونات معدنية (Na, Cl, K) , سكريات ذائبة, أحماض أمينية (غليسين بتا يين, وبرولين). (27)

وجد ارتفاع نسبة البرولين في الأعضاء الخضرية للقمح بمقدار 25 إلى 50 مرة تحت ظروف الإجهاد الجفافي, بحيث لا تتجاوز نسبتها 2 ميكروليتر/مع مادة جافة في الظروف العادية.(26 برولين).

يلعب البرولين دورا هاماً في التعديل الأسموزي عند النباتات المعرضة إلى عدة عوامل غير ملائمة كالجفاف وزيادة الأملاح في التربة (Delauney and Verma, 1993). (27).

يعتبر تراكم البرولين داخل النبات عادةً كرد فعل لتأقلمه أو تحسسه مع إجهاد معين (درجات الحرارة المنخفضة, الملوحة أو نقص المياه), والذي يمكن معرفته مبكراً خلال دورة حياة النبات (Bates *et al.,* 1973)*. (27).*

أظهرت نتائج (Tahri *et al*., 1997) إلى وجود علاقة عكسية بين مستوى البرولين وخسارة في محتوى الكلوروفيل الكلي, وبالتالي الصنف الذي يكون أكثر تراكم للبرولين يكون أكثر انخفاضاً للكلوروفيل والعكس صحيح.(27).

**SSR**

بسبب أهمية القمح الخاصة تتواصل الجهود لتطويره وتحسين نوعيته وإنتاجيته من خلال التحسين الوراثي وهذا لا يتم إلا باستخدام مادة وراثية ذات تنوع وراثي ملائم للبيئة ويساعد تقييم هذه الأصناف عن طريق تحديد مواصفاتها الفينولوجية والمورفولوجية والإنتاجية حسب كتالوكات خاصة صادرة عن المعهد الدولي للموارد الوراثية النباتية (IPGRI) تسمى حالياً (Bioversity) ودراستها جزيئياً بأحدى طرائق التقانات الحيوية لربط الصفات التي تم الحصول عليها بالدراسة التقليدية مع الدراسة الجزيئية للتمييز بينها والاستفادة منها في برامج التحسين (Roder *et al*., 2002).(17).

اتسم القرن الماضي باكتشافات مميزة على مستوى علم البيولوجيا, ولا سيما على مستوى علم البيولوجيا الجزيئية. حيث كان هناك تقدم جوهري في استخدام الطرق الجزيئية في مجال تربية النبات, في الوقت الذي كان فيه التوصيف المورفولوجي هو الطريقة الوحيدة المستخدمة منذ اعتمادهم من قبل العالم النمساوي جورج ماندل. ويعد فهم ودراسة التركيب الوراثي للقمح اللبنة الأساسية لنجاح برامج تربية النبات التي ازداد اعتمادها على طرائق جديدة أسرع وأكثر فعالية لتطوير وإنتاج أصناف محسنة, ولزيادة الغلة. كاستخدام المؤشرات الوراثية في دراسة التنوع الوراثي, وتعريف الأصناف وتحديد القرابة الوراثية فيما بينها, ورسم الخرائط الوراثية, وفي برامج تربية النبات. وتتغلب برامج التربية بمساعدة المؤشرات على الحاجة إلى العدد الكبير من مواقع الاختبار والتربية, التي تعد ضرورية للتربية التقليدية اعتماداً على التعبير المظهري (ICARDA,2003). (11).

وقد تم نشر العديد من الأبحاث في العقد الأخير تدعم استخدام الدلائل الجزيئية في تحديد النقاء الوراثي Genetic purity في اختيار الحبة (Jain *et al*., 1999; Huang and Sun,2000). (21).

وتعد التقانات المعتمدة على تفاعل البوليميراز التسلسلي Polymerase Chain Reaction (PCR) من أكثر التقانات المستخدمة في دراسة التباين الوراثي مثل تقنية Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) وتقنية Amplified Fragment Length Polymorphism (AFLP) وتقنية Simple Sequence Repeats (SSR) (Staub *et al*., 1996; Gupta and Varshney, 2000). (22).

المؤشرات الوراثية: هي عبارة عن مؤشر مرتبط بمورث ذات أثر مورفولوجي معروف, ويمكن تميزه بحيث يمكن استخدامه لتحديد هوية فرد أو خلية تحمل هذه المورثة, أو يستخدم كمسبر لتعليم نواة صبغي أو موقع وراثي (Locus) (King and Stansfield, 1990).(15)

ملاحظة: تقسم المؤشرات الوراثية إلى 3 أنواع, فهي إما مواصفات ترى وتلاحظ بالعين المجردة, أو أنها نواتج تعبير مورثي معين كالمؤشرات البيوكيميائية , أو تلك التي تعتمد على تجارب DNA وتسمى بالمؤشرات الجزيئية (توجد في 15 مع عدة مراجع).

تعد ال SSR من التقنيات المهمة التي تتميز بموثوقيتها العالية ومثاليتها, وذلك لارتفاع معدل تطفرها بحيث تكشف عن الأليلات المتعددة وبالتالي تسهم في كشف التباينات الوراثية بدقة عالية (Rafalski and Tingey, 1993; Sweigart *et al*., 1999) ووفرتها وتوزعها ضمن الجينوم وكذلك لتطلبها كميات قليلة من المادة الوراثية DNA (Wang *et al*.,2009). (18).

أشار (1997) Russellإلى أهمية ال (SSR) لتمييز الكثير من الأنواع النباتية عن بعضها البعض. وتعد التسلسلات البسيطة المتكررة (SSR)مؤشرات جزيئية مثالية للأسباب التالية:

1. ارتفاع معدل تطفيرها، حيث أن كسب أو فقد تكرار واحد بين جيل وآخر، يفوق عشرة آلاف مرة احتمال حدوث طفرة تصيب قاعدة آزوتية في مورثة ما في الحالات العادية (Sweigart et al.,1999)
2. كما أن لهذه التسلسلات البسيطة المتكررة للحمض النووي (SSRs)،إمكانية الكشف عن التتاليات النيكليوتيدية ذات السيادة المشتركة Codominant في التوريث، كما وتكشف عن وجود الأليلات المتعددة (Rafallski*et al.,* 1994) multiallelic.
3. وفرتها وتواجدها على كل أجزاء المجين النباتي (Wang *et al* ., 1994) وتوزعها بشكل منتظم أو شبه منتظم في المجينات النباتية كافة (Weber,1990).
4. نتائجها ثابتة عند تكرارها (Yu *et al.*, 1994).
5. تتطلب كمية قليلة من الحمض النووي منقوص الأوكسجين **DNA** (Wang *et al*.,2009). (18)
6. إمكانية أتمتتهاRafallski, et. al., 1993) automation) وحيث انه يمكن نشر البادئات Primers وتبادلها بسهولة بين المخابر بمجرد معرفة التسلسل النكليوتيدي لها (Yu, *et. al ,* 1994).

إلا أنه يعاب عليها في أنها تحتاج إلى بادئات ذات تسلسل نكليوتيدي محدد، يحدد مكان التابع البسيط الترادفي( د. سلام)

وقد استخدمت هذه التقنية على العديد من من الأنواع والأجناس في محاصيل الحبوب كالقمح والرز (Roder *et al*., 1995; Zhao and Kochert, 1992) . (18).

يتمتع مؤشر SSR بكفاءة عالية في كشف التباينات الوراثية الموجودة ضمن وبين المجتمعات الحيوية وهي عبارة عن توابع دقيقة أو Microsatellite وتعرف باسم (simple sequence length polymorphism). وهي متوافرة بكثرة ومنتشرة بشكل على طول المجين, ويتراوح طولها من 1-6 bp في حقيقيات النوى (Nurdan et al., 2001). إن الوحدات التكرارية المشكلة SSR هي عادةً بسيطة وتتكون من تكرار نيوكليوتيدين مثل: (GT)n; (GA)n; (CT)n, أو ثلاثة من (CAC)n, أو أربعة مثل (GACA)n; (GATA)n تحتوي على الأدنين (A) أو السيتوزين (C) أو الجوانين (G) أو التايمين (T), ويدل هذا عادة على أن التسلسل المتكرر (motif) أقل من 100 bp (Thomas and Scott, 1993) حيث (CA)n يتراوح الرقم n من 10-100, (11).

ساعدت طريقة تفاعل المتبلمر المتسلسل PCR في تطوير التقنيات الجزيئية المختلفة مثل (RAPD, SSR, ISSR, STS) وهذه التقنيات الجزيئية تم استخدامها في العديد من الكائنات لبحث التنوع الوراثي وتعريف النمط الجيني والخريطة الموروثية (Saiki *et. Al.,* 1992; Tragoonrung *et. al., 1992;*

. (22).

يقوم تفاعل ال (PCR) بمضاعفةAmplification قطع محددة من الحمض النووي الريبي منقوص الاوكسجين ـDNA وذلك بوجود بادئات عشوائية أو متخصصة مصممة لهذا الهدف، مما يسمح بالحصول على ملايين النسخ المضاعفة من قطعة واحدة من الحمض النووي الريبي منقوص الاوكسجين ـDNA التي تتضاعف أسياً (Weising *et al*., 1995)، ويتم هذا التفاعل بوجود مكونات أساسية هي كلوريد المغنزيوم MgCl2، النكليوتيدات ثلاثية الفوسفاتDeoxynucleoside Triphosphates (dNTPs) وأنزيم Taq-Polymerase عبر عدد من الدورات يصل لــــــــــ40 دورة (Newton and Graham., 1994).

يمر التفاعل التسلسلي البوليميريPCR (Mullis *et al*., 1986) في ثلاث مراحل رئيسية يتم خلالها تصنيع سلاسل جديدة من الحمض النووي الريبي منقوص الاوكسجين ـDNA ابتداءً من قطعة أولية:

* **مرحلة التحطم الحراري Denaturation :**

وهي مرحلة انفصال سلسلتي الحمض النووي الريبي منقوص الاوكسجين ـDNA عن بعضهما وذلك بتعريضه لحرارة مرتفعة تصل إلى 94ºم، تؤدي إلى وقف التفاعلات الأنزيمية وفصل سلسلتي الحمض النووي عن بعضهما لتصبحا سلسلتين مفردتين.

* **مرحلة الالتحام Annealing:**

وهي مرحلة تشفع البادىء Primer على القطعة الأصلية للحمض النووي الريبي منقوص الأوكسجينDNA عن طريق تخفيض درجة الحرارة إلى درجة تتراوح بين 35- 58 ْم، وذلك تبعاً لطول البادىء وتركيبه من الأسس الأزوتية، حيث يلتصق البادىء على الحمض النوويDNA في المكان المناسب، ويقوم أنزيم البوليميراز في إكمال السلسلة المتممة ومضاعفة سلسلة الحمض النوويDNA .

* **مرحلة الاستطالة Extention:**

وهي مرحلة إكمال تكوين السلاسل الجديدة للحمض النووي DNA باستخدام نيكليوتيدات مفردة ثلاثية الفوسفات ATP، CTP، GTP، TTP وبمساعدة أنزيم Taq-Polymerase من خلال رفع درجة الحرارة إلى 72 ْم.

وبعد انتهاء هذا التفاعل يتم الحصول على عدد كبير من سلاسل الـحمض النووي DNA بدءاً من قطعة واحدة (د.سلام)

وتعد مؤشرات التسلسلات البسيطة المتكررة (**SSR**) من المؤشرات الجزيئية المهمة جداً والواسعة الانتشار حالياً تتكون هذه المؤشرات من مقاطع صغيرة متكررة، تسمى وحدات متكررة، تتكون من توليفات مختلفة من أربع وحدات هي قواعد الحمض النووي DNAالأدنيين(**A**)، والسيتوزين(**C**)، الجوانين(**G**)، والتيامين(**T**)، وهي تتواجد بكثرة في مجينات حقيقات النوى وتتوزع على جميع الصبغيات سواء في المناطق المشفرة(الإكسونات) أو غير المشفرة(الإنترونات)Powell *et al.,* 1996))، (د. سلام).

، وأشار (1997) Russellإلى أهمية المؤشرات الجزيئية من التسلسلات البسيطة المتكررة (SSR) لتمييز الكثير من الأنواع النباتية عن بعضها البعض. وتعد التسلسلات البسيطة المتكررة (SSR)مؤشرات جزيئية مثالية للأسباب التالية:

1. ارتفاع معدل تطفيرها، حيث أن كسب أو فقد تكرار واحد بين جيل وآخر، يفوق عشرة آلاف مرة احتمال حدوث طفرة تصيب قاعدة آزوتية في مورثة ما في الحالات العادية (Sweigart et al.,1999)
2. كما أن لهذه التسلسلات البسيطة المتكررة للحمض النووي (SSRs)،إمكانية الكشف عن التتاليات النيكليوتيدية ذات السيادة المشتركة Codominant في التوريث، كما وتكشف عن وجود الأليلات المتعددة (Rafallski*et al.,* 1994) multiallelic.
3. وفرتها وتواجدها على كل أجزاء المجين النباتي (Wang *et al* ., 1994) وتوزعها بشكل منتظم أو شبه منتظم في المجينات النباتية كافة (Weber,1990).
4. نتائجها ثابتة عند تكرارها (Yu *et al.*, 1994).
5. تتطلب كمية قليلة من الحمض النووي منقوص الأوكسجين **DNA** (Wang *et al*.,2009). (18)
6. إمكانية أتمتتهاRafallski, et. al., 1993) automation) وحيث انه يمكن نشر البادئات Primers وتبادلها بسهولة بين المخابر بمجرد معرفة التسلسل النكليوتيدي لها (Yu, *et. al ,* 1994).

إلا أنه يعاب عليها في أنها تحتاج إلى بادئات ذات تسلسل نكليوتيدي محدد، يحدد مكان التابع البسيط الترادفي **SSR**.

استخدم Sofalian وزملاؤه (2009) معلمات SSR لدراسة التنوع الوراثي لـ 18 سلالة محلية من إيران، باستعمال 15 زوج من بادئات SSR، والتي أعطت نتائج تضخيم، وبلغت نسبة التعددية الشكلية 97.22%.

قيّم Eleuch وزملاؤه (2008) التنوع الوراثي لمدخلات من القمح، فدرس 48 طرازاً وراثياً من القمح، واستخدم 22 مؤشراً جزيئياً من مؤشرات SSR، تمكَّنت أربعة من مؤشرات SSR من التمييز بين طرز القمح، حيث بلغت النسبة المئوية للتعددية الشكلية 97.2%، وفصلت هذه التقنية بين الطرز المدروسة بحسب البلد الذي جمعت منه ، وتباين ارتباط المؤشرات الجزيئية بالصفات الحقلية بحسب البلد أيضاً.

درست اشتر (2009) التنوع الوراثي لـ 49 طرازاً وراثياً من القمح القاسي والطري، باستعمال 32 مؤشراً من مؤشرات SSR، بلغ عدد الحزم النهائي 255 أليلاً بمتوسط 7.97 أليلاً للموقع الواحد، وتراوح عدد الأليلات من أليلين كحد أدنى إلى 18 أليلاً كحد أقصى، وكان متوسط قيمة التنوع الوراثي 0.65 للقمح الطري، و0.47 للقمح القاسي. وصف Chenyang وزملاؤه (2006) 1680 صنفاً محسناً من القمح باستعمال مؤشرات SSR، حيث تبين أن قيمة التنوع الوراثي (معامل التعددية الشكلية) PIC 0.45.

تمَّ تحديد وجود الديهيدرينات كبروتينات في كل من النباتات الراقية والدنيا على حد سواء، فقد أظهرت الدراسات المرجعية وجود الديهيدرينات لدى الطحالب المجففة (Velten وOliver، 2001)، ولدى الفصيلة النجيلية عند كل من القمح والشعير في النباتات البالغة مترافقة مع إجهاد الحرارة المنخفضة (Galiba وزملاؤه، 1995؛ Danyluk وزملاؤه، 1998).

كما أثبتت العديد من الدراسات والبحوث تراكم بروتينات الديهيدرين، وازدياد تعبير المورثات المسؤولة عن إنتاجها في الشعير مترافقة مع تعرض النباتات لإجهادات الحرارة المنخفضة، والجفاف، والملوحة، (Teulat وزملاؤه، 2003؛ Robertson وزملاؤه، 2003؛ Closeوزملاؤه، 1995؛ Close وزملاؤه، 1989).

يمكن القول عموماً: أنَّ الديهيدرينات وُجدت عند أنواع عديدة من النبات، وكانت مترافقة مع استجابة هذه النباتات لانخفاض درجة الحرارة، أو التعرض للجفاف، أو الملوحة، أو خلال المعاملة بحمض الأبسيسيك، كما أظهرت عدة دراسات مسؤولية مورثات الديهيدرين عند عدد من الطرز المظهرية، وعند نمو النبات تحت ظروف البرودة والتربة المالحة، وفي قدرة النبات على تحمل الصقيع (Choi وزملاؤه، 1999).

يُعدّ الجفاف العامل الأكثر أهمية المحدد لإنتاجية النجيليات الصغيرة Small cereals(القمح والشعير)، إذ أنَّه في أماكن متعددة من العالم ومقارنة مع محاصيل الحبوب المزروعة الأخرى، يبدي القمح تكيفات إيجابية للعوامل البيئية غير المناسبة من نقص كمية المياه المتاح أو المتوافر، وكذلك بالنسبة لكفاءة المياه المستعمل، وعلى الرغم من أنَّ تكيفات النبات للعوامل البيئية الجافة قد درست لزمن طويل، فإنَّنا لا نزال نحتاج لفهم آلية تحمل النبات لإجهاد الجفاف على المستوى الجزيئي من أجل استنباط طرز وراثية جديدة ملائمة لزراعة القمح في المناطق الجافة وشبه الجافة (Cattivelli وزملاؤه، 1994).

تنتشر مورثات الديهيدرين كعائلة مورثية، هذا وإنَّ المعلومات الأكثر كمالاً عن عائلة مورثات الديهيدرين هي عن مورثات ديهيدرين الشعير، حيث أظهرت الدراسات وجود 14 مورثة ديهيدرين (Choi وزملاؤه، 2000؛ Choi وزملاؤه، 1999)، موزعة على أربعة صبغيات في الشعير 3H و 4H و 5H و 6H (Choi وزملاؤه، 2000). وقد تم من خلال دراسات رسم الخرائط الوراثية تحديد أماكن تواجد مورثات الديهيدرين على صبغيات الشعير(Pan وزملاؤه، 1994).

تمكَّن Dubcovskyوزملاؤه (1995) من تحديد مورثات الديهيدرين في القمح ثنائي الصيغة الصبغية، على الصبغيات 4A و 5A و 6A عند النوع *Triticum monococcum*، و 5D عند النوع *Triticum tauchii* (Gill وزملاؤه، 1991).

كما وجد Liminوزملاؤه (1997) بأنَّ عائلة مورثات Wcs 120 عند القمح السداسي (الطري) (*Triticum aestivum*) هي مشابهة للمورثة Dhn5 عند الشعير، وتتوضع على الذراع الطويل لكل من صبغيات المجموعة السادسة (D) عند القمح. وأشار Werner – Fraczekو Close (1998) إلى وجود المورثات المسؤولة عن إعطاء بروتينات ديهيدرينية على أذرع الصبغيات 4DS و5BL و6AL في نوع القمح (*Triticum* *aestivum* L.cv Chinese Springer) مستخدماً تقانتي Cytogenetic stocks و Western blot (Pan وزملاؤه، 1994).

درس Zhang وزملاؤه (2013) صنفين من القمح الشتوي (*Triticum aestivum)* مختلفين في درجة تحملهما للجفاف (KTC 86211, ND 7532)، حيث تمّ تعريضهما للإجهاد المائي في التربة، ثمّ استعادة النمو في أربع مراحل من النمو، وقد بّينت النتائج أنّ بروتينات الديهيدرين مع أوزانها الجزيئية 37-45 KD، تراكمت بشكلٍ معنوي خلال كل المراحل وفي كلا الصنفين، حيث وجد أنّ بروتين الديهيدرين ( (28 KD تراكمت حصرياً في مرحلة البادرات، وكذلك البروتين40, 45 KD) ) تراكمت في مرحلة امتلاء الحبوب، ولكن تبين أنّ محتوى الديهيدرين الأكثر زاد مع تراجع محتوى رطوبة التربة، ثمّ انخفض خلال مرحلة استعادة النمو، تشير هذه النتائج إلى أنّ نمط تراكم الديهيدرين خلال إجهاد الجفاف اعتمد على الطراز الوراثي ومرحلة التطور.

حدّد Wang وزملاؤه (2014) في الآونة الأخيرة 54 مورثاً للديهيدرين في جينوم القمح، من خلال البحث في قاعدة بيانات التسلسل المعبر عنها، هذه الجينات ترمز سبع مجموعات من الديهيدرين (ks, sk3, ysk2,y2sk2,kn,y2sk3,ysk3)، وقد أظهر تضخيم الجينات أنّ أشكال الديهيدرين من المجموعتين kn, ysk2 هي الأكثر عدداً في القمح، بالمقارنة مع باقي أنواع الحبوب. كما حلل مسار حمض الابسيسك ((ABA في تنظيم تعبير مورثات الديهيدرين في القمح، ووجد أن عدة نسخ من نماذج وأشكال معينة من الديهيدرينات تراكمت بشكل خاص وفقاً لنوع النسيج، وحسب المعاملة، ما يوحي بأدوارها المتباينة في تحمل القمح للإجهادات اللاأحيائية المختلفة.

قام Zhang وزملاؤه (2015) بتوصيف مورثة الديهيدرين، واستجابتها للإجهادات اللاأحيائية كالجفاف والملوحة المرتفعة والبرودة والحرارة المرتفعة، وكذلك دراسة الوظائف البيولوجية لمورثة الديهيدرين خلال التعرض لإجهاد الجفاف، والتي زودت مربي النبات بمعلومات مهمة لتطبيق هذه المورثات في برامج التربية الجزيئية، التي تركز على تحسين تحمل القمح للإجهاد، وقد أظهرت النتائج أنّ طول مورثة الديهيدرين TaDHN-1 487bp، وهي ترمز 112 حمض أميني، ومن المتوقع أنّ وزنها الجزيئي 11.5 KD، كما كشف التعبير الوراثي لهذه المورثة أنها حُرّضت بتأثير حمض الأبسيسك (ABA) والناتج عن إجهادي الجفاف والملوحة، في حين أنّه لم يحدث التعبير المورثي تحت ظروف إجهاد الحرارة، ومن المثير للاهتمام أنّ مستوى تعبير مورثة الديهيدرين TaDHN-1 قد انخفض تدريجياً مع تطور حبوب القمح، وكان التعبير ضعيفاً جداً في مرحلة لاحقة من نضج الحبوب التي أشارت إلى أنّ مورثة الديهيدرين لم تشارك في الحماية من الجفاف في هذه المرحلة من حياة النبات (نضج الحبوب)، وتبيّن أن مورثة الديهيدرين في القمح TaDHN-1 تنتمي إلى تحت صف Kn من عائلة الديهيدرينات.

قام Hassgan وزملاؤه (2015) بتحليل بعض المؤشرات الفيزيولوجية، ومستوى التعبير الوراثي للمورثات المرتبطة بتحمل الجفاف في مرحلة النمو الخضري المبكر، لصنفين من القمح الطري (Sids,Gmiza)، حيث عُرّض كلا الصنفين إلى انخفاض تدريجي في المياه بدءاً من اليوم 17 حتى 32 بعد الزراعة، أظهر الصنف sids وهو الصنف الأكثر تحملاً للجفاف وزنين رطب وجاف مرتفعين بالمقارنة مع الصنف الحسّاس Gmiza تحت ظروف الإجهاد المائي، كما امتلك الصنف Sids معامل نفاذية للأغشية مرتفع، ونشاطاً مرتفعاً من الأنزيمات المضادة للأكسدة بالمقارنة مع Gmiza، ومن جهة أخرى فإن أنماطاً مختلفةً من التعبير الوراثي لمورثات الديهيدرين Dreb, Wcor, Dhn لوحظت بسبب شدة الإجهاد المائي، متوافقة مع مدى تحمل الأصناف للجفاف، وقد أظهر تسلسل الـ DNA لمورثة Dhn وجود درجة مرتفعة من التشابه 80-92% مع النباتات الأخرى القريبة من هذه الأصناف، والملفت للنظر هو ظهور مستوى عالٍ للتعبير الوراثي للمورثات Dreb, Wcor, Dhn في أنسجة الأوراق في الطراز المتحمل Sids تحت ظروف الجفاف القاسية.

درس شيخموس وزملاؤه (2013) التباينات الأليلية لمورثات الديهيدرين في الجيل الطافر الثاني M2 لبعض الطرز الوراثية من القمح القاسي، هدفت الدراسة الجزيئية إلى تحديد التباينات في مورثات الجفاف المشكلة لبروتينات الديهيدرين (مورثات الديهيدرين)، حيث تمَّت مضاعفة DNA معاملات القمح المختلفة مع 12 زوجاً من البادئات المتخصصة بمواقع مورثات الديهيدرين وبواسطة التفاعل السلسلي البوليميرازي PCR. أظهرت نتائج هذا التفاعل قطع DNA مختلفة (تباينات شكلية مختلفة) لكل بادئة وضمن المعاملات المدروسة، عكست هذه التباينات وجود نظائر مختلفة لكل موقع مورثي ديهيدريني ضمن هذه المعاملات. حيث كانت التباينات الشكلية في الوزن الجزيئي بين نظائر الموقع الواحد كبيرة في بعض الأحيان، وفي البعض الآخر كانت على درجة مرتفعة من التماثل، وأمكن تميزها بسهولة على هلامة ميتافور الأغاروز 4 %. وأظهر تفاعل الــ PCR بالنسبة لمورثات الديهيدرين Dhn1 وDhn6 وDhn10 وDhn3 نمط شكلي واحد وُجد عند أغلب المعاملات المدروسة، وبالنسبة لمورثة الديهيدرين Dhn12 فقد ظهر فيها نمط شكلي واحد عند معاملة واحدة وهي المعاملة ذات التركيز المتوسط من DES لدى الصنف بحوث9. وبالنسبة لمورثة الديهيدرين Dhn2 ظهر فيها سبعة أنماط شكلية، وظهر في المورثات Dhn4 وDhn8 وDhn11 خمسة أنماط شكلية، في حين ظهر أربعة أنماط شكلية في مورثة الديهيدرين Dhn7 ، وثلاثة أنماط شكلية في مورثة الديهيدرين Dhn9.

تعد المؤشرات الجزيئية ذات أهمية قصوى على صعيد تربية النبات بفعل عدة عوامل منها: إمكانية تحديد موقع وراثي مطلوب لطراز وراثي معين مباشرة, وعدم تأثر هذه المؤشرات بالشكل الظاهري للنبات أو الطور الفينولوجي والمؤثرات البيئية كما هو الحال في المؤشرات المورفولوجية,والحصول على عدد كبير من المؤشرات بزمن قصير نسبياً, كما أنها تعد مؤشرات مساعدة في إسراع عمليات الانتخاب والتربية (سيد, 2001). كما أن استخدام تقانات المؤشرات الجزيئية, التي طورت بالشكل الكافي لاستخدامها في برامج التربية, يمكن أن يقلل من تعقيدات إدخال عدد من الصفات المرغوب فيها في النمط الوراثي الواحد. (Graner *et al*., 1991; Qi *et al*., 1996; Ramsay *et al.,* 2000). (25).

قامت أبو زيد وزملائها (2013) بدراسة للكشف عن مواقع الصفة الكمية QTL المرتبطة بتحمل الجفاف في التراكيب الوراثية للقمح باستخدام ال SSR

أهداف هذه الدراسة هى للكشف عن مواقع الصفة الكمية QTL المرتبطة بتحمل الجفاف في التراكيب الوراثية للقمح باستخدام الدليل الجزيئى SSR، وتقديم معلومات قيمة عن الانتخاب بمساعدة الدلائل الجزيئية. تم تحديد علامات SSR المرتبطة بشيخوخة الورقة العلم (FLS) من خلال مجموعتين من DNA، التي أنشئت باستخدام عشيرة الخريطة F2 الناتجة من التهجين بين 'Veery' المتحمل للجفاف والتركيب الوراثي الحساس للجفاف ‘Variant-11’. تم فحص الآباء بواسطة 34 زوجا من البادئات. رسمت خريطة الارتباط مع الست علامات المرتبطة في مجموعة ارتباطية واحدة تغطي 82.7 cM. وأظهر الكشف عن QTL بواسطة تحليل التباين أن العلامات الست مرتبطة بشكل معنوي مع تحمل الجفاف في العشيرة. وكشف التحليل بواسطة انحدار البسيط لدليل (SMR) أن مربع R نسبتها تراوحت بين 39.3٪ (Xgwm339) و12.3٪ (Xgwm577). التحليل بواسطة المسافة البسيطة للخريطة (SIM) كشفت أن مواقع الصفة ال QTL لشيخوخة الورقة العلم تقع بين العلامات xgwm566 وxgwm339، في حين أن المسافة المركبة للخريطة (CIM) أشارت إلى موقع QTL بين علامة Xgwm296وXgwm566. يمكن استخدامها كعلامات SSR للجفاف وتحسين القمح. (36).

ملاحظات خارجية:

* سبب انخفاض **معدل نشوء الاشطاء** ومقدرتها على مواصلة النمو ومن ثم فشلها في حمل السنابل, فضلاً عن اشتداد المنافسة بين الاشطاء القديمة والحديثة التكوين على المغذيات التي يجهزها الساق الرئيسي تحت ظروف الإجهاد المائي وغالباً ما تكون هذه المواد غير كافية لتلبية متطلبات هذه الاشطاء للبقاء على قيد الحياة وإكمال نموها مما يؤدي إلى موت قسم منها وانخفاض عددها.(موجودة في 4 مع عدة مراجع).
* سبب انخفاض **ارتفاع ساق النبات** لدى القمح مع زيادة الإجهاد المائي هو قلة انقسام خلايا الساق والأوراق وصغر حجمها نتيجة لانخفاض الجهد المائي فيهما بسبب نقص جاهزية ماء التربة مما يؤدي إلى انخفاض كفاءة اعتراض وتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كيميائية وإنتاج المادة الجافة اللازمة لإتمام عملية الاستطالة (موجودة في3 مع مرجع). فضلاً عن تثبيط عمل الأوكسين ضوئياً والمسؤول عن السيادة القمية للساق.(موجودة في 4 مع مرجع).
* سبب انخفاض **المساحة الورقية** تحت تأثير الإجهاد المائي إلى انخفاض محتوى الماء النسبي للنبات والذي يؤدي إلى انخفاض معدل نمو الأجزاء الخضرية وما للماء من دور مهم في عملية انقسام الخلايا واستطالتها ووفرة العناصر الغذائية في التربة وسهولة امتصاصها ومن ثم انخفاض عملية البناء الضوئي مما يؤدي بالتالي إلى انخفاض المساحة الورقية. (موجودة في 4 مع مرجع).
* سبب انخفاض **عدد الأوراق على النبات** إلى ذبول الأوراق السفلى وسقوطها بسبب نقص امتصاص الماء لأن سقوط الأوراق يعد وسيلة دفاعية تمكن النبات من تقليل النتح (موجودة في 4 مع مرجع). وكلما تعرض النبات لإجهاد مائي أكثر سبب سقوط عدد أكبر من الأوراق نتيجة لزيادة تركيز حامض الأبسيسيك ABA إذ بلغت نسبة الانخفاض في عدد الأوراق 56% قياساً إلى معاملة المقارنة 98% (موجودة في 4 مع مرجعين).
* سبب زيادة **طول الجذر** تحت تأثير الإجهاد المائي إلى أن الجذر يمتد أكثر بالتربة بحثاً عن الرطوبة وكلما كانت الرطوبة قليلة كلما كان الجذر أطول فضلاً عن قدرة الجذر على تراكم المواد المذابة في الخلايا وتعديل الأسموزية وهذا يتيح لها المحافظة على ارتفاع ضغط الامتلاء أثناء الإجهاد المائي (موجودة في 4 مع مرجع).
* سبب انخفاض **الوزن الجاف للمجموع الجذري** تحت تأثير الجفاف إلى التأثير المباشر لانخفاض محتوى التربة من الماء الجاهز مما يؤدي إلى إعاقة النمو الطبيعي للجذر (موجودة في 4 مع عدة مراجع).
* سبب انخفاض **الوزن الجاف للمجموع الخضري** إلى تأثر العمليات الحيوية ومنها التمثيل الضوئي فضلاً عن قلة امتصاص العناصر المهمة في العمليات الحيوية هذا بالإضافة إلى التأثير المباشر لانخفاض محتوى التربة من الماء الجاهز. (موجودة في 4 مع مرجع).
* سبب انخفاض **عدد السنابل** تحت تأثير الإجهاد المائي إلى موت بعض الاشطاء وانخفاض عددها فضلاً عن تأثير الإجهاد المائي في خفض جاهزية المواد الغذائية خلال مرحلة نشوء وتطور بادئات الاشطاء مما يؤدي إلى زيادة المنافسة على هذه المواد ومن ثم انخفاض عدد الاشطاء الحاملة للسنابل(موجودة في 5 مع مرجع). فالاشطاء التي لا تصل إلى مرحلة تكوين بداءة العصافة تفشل في مقدرتها على حمل السنابل (موجودة في 5 مع مرجع).
* سبب انخفاض **عدد الحبوب في السنبلة** تحت تأثير الإجهاد المائي إلى انخفاض طول السنبلة وعدد السنيبلات, فضلاً عن ازدياد المنافسة على نواتج البناء الضوئي بين الساق الذي يبدأ بالاستطالة السريعة والأوراق الآخذة بالنمو والتوسع وبادئات السنيبلات التي تبدأ بالتشكل فيقل تبعاً لذلك عدد مواقع الحبوب نتيجة لفشل نمو وتكشف بعض السنيبلات أو الزهيرات لاحقاً أو عقم حبوب اللقاح وفشل التلقيح والإخصاب ولا سيما في السنيبلات الطرفية والقاعدية للسنبلة بسبب تأثير تلك المنافسة (موجودة في 5 مع مرجعين).
* سبب انخفاض **وزن ال1000 حبة (غ)** تحت تأثير الإجهاد المائي إلى سرعة جفاف الأوراق والساق الذي ترافق مع نقص الماء وارتفاع درجة الحرارة وانخفاض الرطوبة النسبية وزيادة سرعة الرياح مما قلل من المادة الجافة المتراكمة في الحبوب كسبب لتقليل طول مدة التمثيل الضوئي لورقة العلم والتي تعد الأساس في رفد الحبوب بالمواد الممثلة (موجودة في 5 مع مرجع). إذ أشار (موجودة في 5 مع مرجع).إلى أن (61-81)% من التباين في حاصل الحبوب هو نتيجة لكفاءة وطول مدة التمثيل الضوئي لورقة العلم وهذه النتائج تتفق مع ما بينه عدد من الباحثين من أن نقص الماء وارتفاع درجة الحرارة يؤدي إلى قصر مدة امتلاء الحبوب مما ينعكس ي وزنها (موجودة في 5 مع مرجع).
* سبب انخفاض **الحاصل البيولوجي** تحت تأثير الإجهاد المائي إلى انخفاض كمية المادة الجافة المتراكمة نتيجة لاختزال عدد أيام مراحل النمو الخضري الممتدة من بداية تكون الاشطاء وحتى التزهير وكذلك مدة امتلاء الحبوب (موجودة في 5 مع مرجع). وانخفاض مكونات الحاصل البيولوجي بسبب اختزال ارتفاع النبات ومساحة الأوراق وقلة عدد الاشطاء والسنابل والحبوب وصغر حجمها, فضلاً عن انخفاض نواتج البناء الضوئي اللازمة لإدامة نمو هذه الأعضاء بسبب قلة اعتراض الطاقة الشمسية وتحويلها إلى طاقة كيميائية لانغلاق الثغور وزيادة متوسط التنفس وحدوث اضطرابات أيضية (موجودة في 5 مع مرجع).
* سبب انخفاض **دليل الحصاد** تحت تأثير الإجهاد المائي خاصة في مراحل النمو الخضري إلى انخفاض كمية المادة الجافة المتراكمة نتيجة لاختزال مكونات الحاصل البيولوجي, وعند تكون الحبوب تنتقل المواد الغذائية المخزونة مسبقاً في هذه الأجزاء إلى الحبوب المتكونة لتزداد بذلك نسبة الحاصل البيولوجي وترتفع قيمة دليل الحصاد(موجودة في 5 مع مرجع).
* يعرف الجهد المائي لأية مادة بالطاقة الحرة لكل جزيء غرامي (مول) وما هو إلا مقياس للطاقة التي بواسطتها يمكن أن تتفاعل أو تتحرك أي مادة, فالماء لا يستطيع الحركة عكس منحنى الطاقة لذا يكون انتقال الماء إلى المناطق التي تكون طاقته فيها أقل (Gerhard, 1993).(13) لا يوجد مرجع
* **ملاحظة:** يؤثر في هذه الحركة كل من الجهد الأسموزي هو القوة الناتجة عن تأثير المواد المذابة, والجهد الضغطي المطبق على الجدار والناتج عن القوة التي تسببها كمية الماء في العصير الخلوي والتي قد تؤدي إلى تمدد الجدار الخلوي على حسب خواصه الكيميائية, وما ينتج عنها من قوة معاكسة تعرف بالضغط الجداري, والتي تحول دون دخول الماء, ويلعب الجهد الضغطي دوراً مهماً في الحفاظ على هيئة وشكل النبات ( البيومي وزملاؤه,2000). لا يوجد مرجع