تأثير منظم النمو 24-epibrassinolide في تحسين نمو نباتات الفلفل (*Capsicum annuum* L.) النامية تحت ظروف الاجهاد الملحي*

عدنان غازي النصيراوي[1،3] **عصام محمد العبادي[2]**

[1،2] مدرس واستاذ مساعد في قسم البستنة وهندسة الحدائق بكلية الزراعة جامعتي ديالى وبغداد على التوالي

[3]المسؤول عن النشر: salmanadnan71@gmail.com

المستخلص

اجريت هذه التجربة في حقل تجارب الخضر التابع لقسم البستنة وهندسة الحدائق - كلية الزراعة - جامعة بغداد (ابو غريب) للموسمين 2013 و 2014 بهدف دراسة تأثير منظم النمو epibrassinolide-24 في التقليل من التأثير السلبي للإجهاد الملحي وانعكاسه في نمو الفلفل الحلو صنف California wonder وحاصله، صممت التجربة على وفق التصميم المعشش Nested Design وبثلاثة مكررات، اشتملت التجربة على 12 معاملة وهي عبارة عن سقي النباتات بثلاثة مستويات من ملوحة مياه الري هي ماء البئر (1.9 و 2.0) ديسيسمنزم$^{-1}$ للموسمين على الترتيب و 3 و 5 ديسيسمنز م$^{-1}$ وأربع معاملات رش بالراسينولايد بتركيز (0 و0.1 و 0.3 و0.6) ملغم لتر$^{-1}$. قورنت متوسطات المعاملات باستعمال اختبار اقل فرق معنوي LSD عند مستوى احتمال 0.05. أظهرت النتائج ان الملوحة سببت انخفاضاً في جميع المؤشرات المدروسة. اما اضافة البراسينولايد فسببت تحسن في نمو النباتات النامية تحت ظروف الاجهاد الملحي، وقد بينت الدراسة تفوق معاملة الرش بتركيز 0.6 ملغم لتر$^{-1}$ مع مستوى الملوحة المنخفض (ماء البئر) على جميع المعاملات الاخرى في جميع المؤشرات المدروسة وللموسمين إذ زادت النسبة المئوية للبوتاسيوم والفسفور في الاوراق وزاد محتوى الاوراق من الكلوروفيل والبرولين للموسمين على الترتيب، وتفوقت في زيادة ارتفاع النبات والمساحة الورقية والوزن الجاف للمجموع الخضري. أدت معاملات الرش بالبراسينولايد الى التقليل من اثر الاجهاد الملحي على النبات اذ تفوقت في جميع المؤشرات المدروسة على معاملة القياس تحت المستوى الملحي نفسه.

الكلمات المفتاحية: الفلفل، الاجهاد الملحي، البراسينولايد، تحسين النمو.

المقدمة

يعد الاجهاد الملحي من اهم الاجهادات البيئية التي تؤثر في نمو النباتات وانتاجيتها في المناطق الجافة وشبه الجافة فزيادة الملوحة في هذه المناطق تعد من المشاكل التي تقلل من مساحات المنتجات الزراعية في معظم اجزاء العالم لاسيما في المناطق التي تروى حقولها سيحا (Grattan و Grieve، 1992) التي تتميز بقلة الامطار وارتفاع معدلات التبخر والتنفس العالي ودرجات الحرارة العالية فضلاً عن الادارة السيئة للحقول الزراعية كل هذه الامور تساهم في زيادة مشكلة الملوحة. ان سبب وجود الاملاح في مياه الري نتيجة النشاط البشري او العمليات الزراعية التي تسبب عدم التوازن الايوني والجهد الازموزي وسمية بعض الايونات واجهاد الاكسدة التي تؤثر بشكل كبير في مختلف الفعاليات الفسيولوجية والكيمياحيوية في النبات (Munns، 2002) التي تؤدي بدورها الى إعاقة نمو النباتات وبالتالي انخفاض الحاصل. يعد نبات الفلفل من النباتات المتوسطة الحساسية للاجهاد الملحي (Rhoades وآخرون، 1992) وكأستجابة للملوحة العالية تعمل نباتات الفلفل على تراكم أيوني الكلوريد والصوديوم (Chartzoulakis و Klapaki، 2000) التي تسبب عدم التوازن الايوني بين العناصر الغذائية الناتجة

*البحث مستل من إطروحة دكتوراه للباحث الأول.

استلام البحث: 2017/12/8
قبول النشر: 2018/2/26

من زيادة نفاذية الغشاء الخلوي وانخفاض فعالية عملية التركيب الكاربوني وتنظيم فتح الثغور وغلقها (Martinez-Ballesta وآخرون، 2004) وتثبيط البناء الحيوي للكلوروفيل وزيادة مستوى البرولين. استخدمت العديد من منظات النمو النباتية للتغلب على التأثير المثبط للملوحة في نمو وانتاج النباتات (Hussein وآخرون، 2007) ومن بين هذه المركبات استخدمت البراسينوستيرويدات (BRs) في الآونة الاخيرة في العديد من الابحاث والدراسات للتغلب على مشكلة الملوحة (Rao وآخرون، 2002).

البراسينوستيرويدات عبارة عن هرمونات نباتية طبيعية تعمل منظمات نمو وتؤدي ادواراً عديدة في النباتات مثل استطالة الخلايا ونمو الانبوب اللقاحي وتمايز انسجة الخشب ونشوء الاوراق وتثبيط نمو الجذور وتحفيز بناء الاثلين وتنظيم التعبير الجيني وعملية البناء الضوئي (Sasse، 2003) فضلاً عن حماية النباتات من مختلف انواع الاجهادات الحيوية وغير الحيوية ومن اهمها الاجهاد الملحي (Hayat و Ahmed، 2010).

هناك بعض الدراسات تشير الى دور المركب brassinolide في تحسين نمو النباتات تحت تأثير الاجهاد الملحي فقد وجد Houimli وآخرون (2008) ان رش نباتات الفلفل بالبراسينولايد ساهم في تحسين صفات النمو الخضري مثل ارتفاع النبات والمساحة الورقية والوزن الطري والجاف للمجموع الخضري بوجود او عدم وجود الملوحة، كذلك قلل من التاثير المثبط للملوحة في الطول والوزن الطري والجاف للجذور. وجد Houimli وآخرون (2010) ان رش مركب 24-Epibrassinolide بمستويات مختلفة على نباتات الفلفل ادى الى تقليل التاثير التثبيطي للملوحة في الوزن الطري والجاف للمجموع الخضري للنبات كذلك حافظت النباتات على محتواها من الكلوروفيل وان مستويات البرولين قد زادت في اوراق نبات الفلفل بعد التعرض للاجهاد الملحي لكنه انخفض عند رش النباتات بالبراسينولايد بوجود الاجهاد الملحي. إن لعملية تغطيس البذور لبعض المحاصيل بمادة البراسينوستيرويدات اهمية لا تقل عن اضافتها رشا على النباتات بالقيام بتأثيراتها الفسيولوجية خاصة مقاومة الاجهاد الملحي فقد بيّن Shahid وآخرون (2011) ان نقع بذور البزاليا (*Pisum sativum* L.) بتراكيز 5 و10 مايكرومول لتر$^{-1}$ من مركب 24-Epibrassinolide و1 و10 مليمول لتر$^{-1}$ من ملح NaCl لمدة 4 ساعات ان المعاملة بالبراسينولايد سببت زيادة نسبة الانبات وطول الافرع الخضريه والجذور وزيادة في الوزن الطري والجاف للنبات وتحسين معدل االتمثيل الكاربوني والنظام الثغري وزيادة محتوى الاوراق من الكلوروفيل والبرولين. في دراسة اجريت من قبل Abbas وآخرين (2013) لمعرفة تأثير اضافة مركب 24-Epibrassinolide بتركيز 0.1 و 0.5 و 1.0 ملغم لتر$^{-1}$ رشا على صنفين من الفلفل تحت ظروف الاجهاد الملحي ادت المعاملات الى تقليل الاثر السلبي للاجهاد الملحي عن طريق تقليل الانخفاض في كل من الوزن الجاف والطري الذي سببه الاجهاد الملحي في الصنفين كليهما وانه عمل على زيادة استطالة الافرع والجذور نتيجة تحفيزه على استطالة الخلايا كذلك ادت المعاملات الى زيادة محتوى النبات من البرولين وصبغات الكلوروفيل والكاروتين والانثوسيانين، كذلك سببت معاملة البراسينولايد زيادة قابلية النبات على امتصاص العناصر الغذائية مثل N وP و K وخفض نسبة Na في الصنفين المدروسين. ان المشكلة الرئيسية لتراجع زراعة محاصيل الخضر في العراق تعود الى زيادة ملوحة مياه الري لذلك تهدف هذه الدراسة الى امكانية تقليل اثر الاجهاد الملحي على النباتات والمحافظة على انتاجها عن طريق رشها بمنظم النموالبراسينولايد.

المواد وطرائق العمل

نفذت الدراسة في حقول قسم البستنة وهندسة الحدائق التابعة لكلية الزراعة - جامعة بغداد في ابي غريب في اثناء الموسمين 2013 و 2014. زرعت شتلات الفلفل صنف California Wonder المنتج

من قبل شركة US Agri seed الامريكية وهو من الاصناف المعتمدة في العراق في الحقل بتاريخ 28/ 3/ 2013 للموسم الاول و 1/ 4/ 2014 للموسم الثاني على مسافات 0.4 م بين النباتات و 0.75 م بين المروز وزرعت مروز حراسة لحماية الوحدات التجريبية وبواقع مرزين في بداية ونهاية الحقل واجريت عمليات الخدمة للنباتات من ري ومكافحة الادغال. استخدمت منظومة الري بالتنقيط في ري الحقل عن طريق بئر في الحقل ووضعت اقفال للتحكم بفتح الماء الى الوحدات التجريبية وغلقه وقيس تصريف المنقطات باستعمال مجموعة اسطوانات سعة 1000 مل وضعت اسفل المنقطات في اماكن متفرقة من الحقل ثم حسب التصريف بعد تشغيل المنظومة لحساب معدل تصريف المنقطات.

الجدول 1 . بعض الصفات الكيميائية لمياه البئر المستعملة في الري S1

الصفة	الموسم الاول	الموسم الثاني	الوحدات
الايصالية الكهربائية EC	1.9	2.0	-
الاس الهيدروجيني pH	7.5	7.3	ديسيسمنز م$^{-1}$
الكالسيوم	4.56	4.15	مليمول لتر$^{-1}$
المغنيسيوم	4.78	4.60	
الصوديوم	10.80	10.20	
البوتاسيوم	0.16	0.13	
الكلوريد	5.65	5.85	
الكبريتات	2.47	2.75	
البيكاربونات	2.25	2.34	
SAR	3.10	3.42	(مول لتر$^{-1}$)^{½}
TDS	1. 216	1.254	غم لتر$^{-1}$

عوملت الوحدات التجريبية بثلاثة مستويات للملوحة هي القياس والتي تمثل مياه البئر قدرت الايصالية الكهربائية (EC) له للموسمين وكانت 1.9 ديسيسمنزم$^{-1}$ للموسم الاول و2 ديسيسمنزم$^{-1}$ للموسم الثاني اذ تم تحضير المستويين الآخرين من الملوحة 3 و 5 ديسيسمنزم$^{-1}$ بأضافة ملح كلوريد الصوديوم ويتم التحكم بتوزيع المستويات الملحية على الوحدات التجريبية عن طريق الاقفال الموجودة حيث تم حساب الوقت الذي يلزم لتفريغ الحوض وكان 45 دقيقة وقد قسم الى ثلاث مدد قدرها 15 دقيقة الاولى تخصص لري معاملات القياس ثم يضاف الملح حتى يصل الى المستوى الثاني من الملوحة 3 ديسيسمنزم$^{-1}$ ويتم الري لمدة 15 دقيقة ثم يرفع مستوى الملوحة الى 5 ديسيسمنزم$^{-1}$ ويتم الري لمدة 15 دقيقة حتى يتم افراغ الحوض من الماء وتتكرر هذه العملية عند كل رية وكانت تقاس الايصالية الكهربائية لمياه الري بوساطة جهاز Portable EC Meter عند تحضير كل مستوى من مستويات الملوحة. تم رش النباتات بمنظم النمو 24-Epibrassinolide المنتج من قبل شركة Sigma الهولندية تركيز المادة الفعالة فيه 99% باستخدام اربعة تراكيز هي 0 و0.1 و0.3 و0.6 ملغم لتر$^{-1}$ ولرشتين اجريت الاولى بعد اكتمال الورقة الحقيقية الرابعة للنباتات (15 يوما بعد عملية الشتل) والرشة الثانية بعد مرور 30 يوما من الرشة الاولى (بداية التزهير) للموسمين، اضيفت مادة الزاهي بمعدل قطرتين للمرشة مادةً ناشرة، ورشت النباتات في الصباح الباكر بالمحلول حتى البلل التام باستخدام مرشة يدوية سعة 10 لتر.

نفذت التجربة على وفق التصميم المعشش Nested Design، اذ وزعت معاملات الملوحة كقطع رئيسة ثم قسمت كل قطعة من هذه القطع الى ثلاثة مكررات ووزعت عليها معاملات البراسينولايد عشوائيا ليكون عدد الوحدات التجريبية في التجربة 36 وحدة تجريبية. تم تحليل البيانات باستعمال برنامج

SAS (2001) وقورنت المتوسطات الحسابية باستعمال اختبار أقل فرق معنوي LSD عند مستوى احتمال 0.05 للمقارنة بين المتوسطات الحسابية للمعاملات (الساهوكي ووهيب، 1990).

الصفات المدروسة

1. تقدير النسبة المئوية للعناصر الغذائية في الاوراق: اخذت الورقة الرابعة من القمة النامية للنباتات المختارة من كل وحدة تجريبية ثم جففت في الفرن الكهربائي على درجة حرارة 70 مْ لحين ثبات الوزن بعدها طحنت واجريت عليها عملية الهضم الرطب باخذ 0.2 غم من العينة النباتية وهضمت باستعمال حامض الكبريتيك والبيروكلوريك بنسبة 5:3 (الصحاف، 1989) وبعد اكتمال عملية الهضم تم تقدير الفسفور باستعمال المطياف الضوئي (spectrophotometer) على طول موجي 882 نانومترا (Olsen و Sommers، 1982) وقدرالبوتاسيوم باستعمال مطياف اللهب Flame photometer (Erwin و Houba، 2004).

2. تركيز الكلوروفيل الكلي في الاوراق: قدّر الكلوروفيل الكلي وذلك باستخلاصه من وزن معين من الاوراق الطرية باستعمال الاسيتون 80 % بعد ذلك تمت قراءة امتصاص الضوء للعينات باستخدام المطياف الضوئي على طول موجي 663 و 645 نانومترا، ثم حُسب تركيز الكلوروفيل الكلي مقدرا بملغم لتر$^{-1}$ باستخدام المعادلة الاتية (Goodwin، 1976):

$$\text{Total chlorophyll (mg L}^{-1}) = 20.2\ D\ (645nm) \div 8.02\ D\ (663nm)$$

ثم تم تحويله الى ملغم 100غم$^{-1}$.

3. محتوى البرولين في الاوراق (ملغم غم$^{-1}$): قدّر محتوى الاوراق من البرولين لكلا الموسمين وذلك بأخذ 10 مل من حامض السالفوسالسيليك المائي Sulfosalicylic acid Aqueous (30%) واضافته الى 5 غم من عينة الاوراق الطرية وهرست العينة ثم رشحت من خلال ورق ترشيح بعد ذلك أخذ 2 مل من محلول الراشح واضيف اليه 2 مل من كاشف النهيدرين Ninhydrin و 2 مل من حامض الخليك الثلجي (Glacial acetic acid)، ثم سخنت العينة مع الكاشف في حمام مائي لمدة 30 دقيقة ثم بردت واضيف اليها 4 مل من مادة التولوين Toluene ورجت الانبوبة لتجانس المحلول بعد ذلك تركت في درجة حرارة الغرفة وفصلت طبقة التولوين بصحبة البرولين في الطبقة العليا من العينة تم اخذ 1 مل وتم قياسها باستخدام جهاز المطياف الضوئي على طول موجي 520 نانوميترا (Bates وآخرون، 1973) ثم قدر البرولين في العينة باستخدام المعادلة الاتية:

$$\text{proline mg fr wt}^{-1} = \text{reading} \times (20\ \text{g in wt}^{-1}) \times 1.47$$

4. صفات النمو الخضري، وقد شملت:

- ارتفاع النبات (سم): قيس ارتفاع النبات لعشرة نباتات في كل وحدة تجريبية في نهاية التجربة ثم حُسب المعدل.
- المساحة الورقية (دسم^2): حسبت المساحة الورقية في نهاية الموسم على اساس الوزن الجاف لاوراق خمسة نباتات مختارة اذ تم اخذ 30 قرصا من اوراق النباتات وبمساحة 2 سم^2 قرص$^{-1}$ وجففت الاوراق مع الاقراص على درجة حرارة 70 ْم لحين ثبات الوزن، ومن الوزن الجاف الكلي لأوراق النباتات احتُسبت المساحة الورقية (Watson و Watson، 1953).
- الوزن الجاف للمجموع الخضري (غم نبات$^{-1}$): جُففت النباتات بدرجة حرارة 70- 75 مْ الى حين ثبات الوزن وبعد ذلك تم حساب الوزن الجاف للمجموع الخضري.

النتائج والناقشة

النسبة المئوية للعناصر الغذائية في الاوراق

النسبة المئوية للفسفور في الاوراق: يتضح من الجدول 2 ان لكل من مستويات ملوحة مياه الري والبراسينولايد وتداخلهما تأثيرا معنويا في النسبة المئوية للفسفور في اوراق الفلفل وللموسمين، ففي الموسم الاول تفوق مستوى الملوحة S1 معنويا على بقية المستويات اذ بلغت نسبة الفسفور 0.47% في حين كانت اقل نسبة عند مستوى الملوحة S3 وبلغت 0.32%، وتفوقت معاملة البراسينولايد BL3 باعطاء اعلى نسبة للفسفور بلغت 0.48% في حين اقل نسبة للفسفور 0.34% ظهرت عند معاملة القياس BL0. أما في معاملات التداخل تفوقت المعاملة S1BL3 باعطائها أعلى نسبة للفسفور 0.56%، في حين كانت اقل نسبة للفسفور عند معاملة S3BL0 بلغت 0.25%. اما في الموسم الثاني فقد تفوق مستوى الملوحة S1 على بقية المستويات في اعطاء اعلى نسبة للفسفور اذ بلغت النسبة 0.46 %، في حين كانت اقل نسبة مئوية للفسفور في المستوى S3 بلغت 0.34 % وفي معاملات البراسينولايد تفوقت معاملة BL3 في اعطاء اعلى نسبة للفسفور 0.48%، في حين اقل نسبة للفسفور كانت في معاملة القياس BL0 0.31%. اظهرت معاملات التداخل اختلافات معنوية في النسبة المئوية للفسفور في الاوراق اذ تفوقت معاملة S1BL3 على بقية المعاملات باعطائها اعلى نسبة للفسفور بلغت 0.55%، بينما اقل قيمة للفسفور كانت عند المعاملة S3BL0 بلغت 0.27%.

الجدول 2. تأثير البراسينولايد وملوحة مياه الري والتداخل بينهما في النسبة المئوية للفسفور في اوراق الفلفل الحلو للموسمين الزراعيين 2013 و 2014

معاملات البراسينولايد	النسبة المئوية للفسفور في الاوراق (%)							
	الموسم الزراعي 2013				الموسم الزراعي 2014			
	مستويات الملوحة			معدل معاملات الـ BL	مستويات الملوحة			معدل معاملات الـ BL
	S_1	S_2	S_3		S_1	S_2	S_3	
BL_0	0.34	0.43	0.25	0.34	0.35	0.31	0.27	0.31
BL_1	0.47	0.36	0.31	0.38	0.43	0.37	0.33	0.38
BL_2	0.52	0.43	0.34	0.43	0.50	0.45	0.35	0.43
BL_3	0.56	0.52	0.37	0.48	0.55	0.48	0.40	0.48
$L.S.D_{0.05}$ للتداخل	0.02			$L.S.D_{0.05}$ للـ BL 0.01	0.02			$L.S.D_{0.05}$ للـ BL 0.01
معدل مستويات الملوحة	0.47	0.44	0.32		0.46	0.40	0.34	
$L.S.D_{0.05}$ لمستويات الملوحة	0.01				0.01			

النسبة المئوية للبوتاسيوم في الاوراق: يلاحظ من نتائج الجدول 3 للموسم الزراعي الاول تفوق مستوى ملوحة مياه الري S1 في أعطاء اعلى نسبة للبوتاسيوم في الاوراق بلغت 2.70%، في حين اعطى المستوى S3 اقل نسبة للبوتاسيوم بلغت 1.58%، أما معاملات البراسينولايد فقد اظهرت تفوق معاملة BL3 معنويا على بقية المعاملات في اعطاء اعلى نسبة للبوتاسيوم في الاوراق اذ بلغت 2.67%، في حين كانت اقل نسبة في معاملة القياس BL0 بلغت 1.81%، اما في معاملات التداخل فقد تفوقت المعاملة S1BL3 في اعطائها اعلى نسبة للبوتاسيوم بلغت 3.22% في حين اعطت معاملة S3BL0 اقل نسبة بلغت 1.22%، وفي الموسم الثاني تفوق مستوى الملوحة S1 في زيادة نسبة البوتاسيوم في الاوراق اذ اعطى 2.76 % بينما اقل نسبة كانت في مستوى الملوحة S3 التي اعطت 1.81%. وفي معاملات البراسينولايد اعطت معاملة BL3 أعلى نسبة للبوتاسيوم في الاوراق بلغت 2.76% متفوقة بذلك على

بقية المعاملات، في حين أظهرت معاملة القياس BL0 اقل نسبة للبوتاسيوم بلغت 1.94%. أما في معاملة التداخل فقد أعطت معاملة S1BL3 اعلى نسبة للبوتاسيوم في الاوراق اذ بلغت 3.23% ، بينما اعطت معاملة S3BL0 اقل نسبة للبوتاسيوم بلغت 1.47%. يتضح من الجدولين 2 و 3 ان هنالك تأثيرا سلبيا لملوحة مياه الري في نسبة العناصر الغذائية في الاوراق اذ سببت انخفاض هذه العناصر في اوراق الفلفل، فمن المعروف ان هناك تنافسا تعاضديا بين ايونات العناصر اذ توجد خاصية مهمة لتداخل الايونات اثناء الامتصاص يمكن بواسطتها امتصاص الكاتيونات بواسطة الانيونات والعكس صحيح او تحدث هذه العملية لمعادلة الشحنة داخل الخلية (Marschner، 1995).

الجدول 3. تأثير البراسينولايد وملوحة مياه الري والتداخل بينهما في النسبة المئوية للبوتاسيوم في اوراق الفلفل الحلو للموسمين الزراعيين 2013 و2014

معاملات البراسينولايد	النسبة المئوية للبوتاسيوم في الاوراق (%)							
	الموسم الزراعي 2013				الموسم الزراعي 2014			
	مستويات الملوحة			معدل معاملات BL الـ	مستويات الملوحة			معدل معاملات BL الـ
	S_1	S_2	S_3		S_1	S_2	S_3	
BL_0	2.36	1.85	1.22	1.81	2.41	1.95	1.47	1.94
BL_1	2.42	1.97	1.49	1.96	2.56	2.17	1.81	2.18
BL_2	2.81	2.40	1.60	2.27	2.84	2.50	1.69	2.34
BL_3	3.22	2.77	2.02	2.67	3.23	2.80	2.25	2.76
$L.S.D_{0.05}$ للتداخل	0.16			$L.S.D_{0.05}$ BL الـ 0.09	0.09			$L.S.D_{0.05}$ BL الـ 0.05
معدل مستويات الملوحة	2.70	2.25	1.58		2.22	2.36	1.81	
$L.S.D_{0.05}$ لمستويات الملوحة	0.08				0.05			

أدت اضافة البراسينولايد الى النباتات المروية بمياه مالحة الى تحسين نمو النباتات وزيادة نسبة امتصاص العناصر الغذائية الفسفور والبوتاسيوم فيها وهذا يتفق مع ما وجده Abbas وآخرون (2013) على نبات الفلفل. وقد يعزى ذلك الى دور البراسينولايد في زيادة فعالية انزيم Nitrogenase الذي يعمل على تحرر النايتروجين وتحويله الى نترات ومن ثم زيادة امتصاصه من قبل الجذور (Mai وآخرون 1989) والمحافظة على ثباتية الغشاء الخلوي والقيام بعمله بشكل صحيح في زيادة امتصاص العناصر الغذائية مع وجود الملوحة فضلا عن دور البراسينولايد في زيادة امتصاص العناصر في الظروف الاعتيادية، وقد يعود السبب في زيادة نسبة البوتاسيوم الى ان المعاملة بالبراسينولايد سببت تشجيع امتصاص البوتاسيوم وزيادته وتقليل نسبة الصوديوم في النبات مما سبب زيادة في نسبة K^+ \ Na^+ وتلك الزيادة في نسبة البوتاسيوم على حساب الصوديوم ادت الى تحسين نمو النبات بسبب حجز آيون الصوديوم ومنعه من الامتصاص عند المعاملة بالبراسينولايد ومن ثم تشجيع امتصاص العناصر الاخرى وزيادة نسبتها في النبات، وقد يعود السبب في ذلك ايضا الى التأثير الايجابي لهذا المنظم في فعالية وسهولة انتقال البوتاسيوم (Ali وآخرون، 2006)، فقد اشارت النتائج الى دور منظم النمو النباتي البراسينولايد في زيادة محتوى الأوراق من العناصر الغذائية والمحتوى الهرموني يعود ذلك الى دوره في زيادة اغلب الصفات الخضرية المدروسة والذي انعكس بصورة ايجابية في امتصاص العناصر الغذائية من التربة.

تركيز الكلوروفيل الكلي في الاوراق (ملغم 100غم$^{-1}$)

أشارت نتائج الجدول 4 ان لكل من مستويات الملوحة ومعاملات البراسينولايد وتداخلهما تأثيرا معنويا في تركيز الكلوروفيل الكلي في الاوراق وللموسمين، فقد تفوق مستوى الملوحة S1 في الموسم الاول على بقية مستويات ملوحة مياه الري اذ بلغ الكلوروفيل الكلي 176.88ملغم 100غم$^{-1}$ في حين اعطى المستوى S3 اقل قيمة للكلوروفيل الكلي 146.80ملغم 100غم$^{-1}$، واثرت معاملات البراسينولايد ايضا في تركيز الكلوروفيل الكلي في الاوراق اذ تفوقت معاملة BL3 على بقية المعاملات بزيادة تركيز الكلوروفيل الكلي الذي بلغ 178.50ملغم 100غم$^{-1}$، في حين اظهرت معاملة القياس BL0 اقل القيم بلغت 143.90ملغم 100غم$^{-1}$. اما معاملات التداخل فقد اظهرت تفوق معاملة S1BL3 باعطائها اعلى القيم في محتوى الكلوروفيل اذ بلغ 191.60ملغم 100غم$^{-1}$ في حين اعطت معاملة S3BL0 اقل القيم للكلوروفيل الكلي بلغت 126.40ملغم 100غم$^{-1}$. وفي الموسم الثاني تفوق المستوى الملحي S1 في زيادة الكلوروفيل الكلي في الاوراق الذي بلغ 176.78ملغم100غم$^{-1}$ في حين كانت اقل القيم عند مستوى الملوحة S3 فبلغت 144.92ملغم 100غم$^{-1}$واظهرت معاملات البراسينولايد تفوق معاملة BL3 على بقية المعاملات في زيادة تركيز الكلوروفيل الكلي في الاوراق اذ اعطت 176.70ملغم 100غم$^{-1}$ في حين كانت اقل القيم في معاملة القياس BL0 اذ بلغت 143.40ملغم100غم$^{-1}$. اما في معاملات التداخل فقد اظهرت معاملة S1BL3 تفوقا معنويا على بقية المعاملات في زيادة تركيزالكلوروفيل الكلي اذ بلغ 193.20 ملغم 100غم $^{-1}$ قياسا بالمعاملة S3BL0 التي اعطت 124.30 ملغم 100غم$^{-1}$.

الجدول 4 . تأثير البراسينولايد وملوحة مياه الري والتداخل بينهما في تركيز الكلوروفيل الكلي في اوراق الفلفل الحلو للموسمين الزراعيين 2013 و 2014

معاملات البراسينولايد	تركيز الكلوروفيل الكلي في الاوراق (ملغم 100 غم$^{-1}$)							
	الموسم الزراعي 2013				الموسم الزراعي 2014			
	مستويات الملوحة			معدل معاملات البراسينولايد	مستويات الملوحة			معدل معاملات البراسينولايد
	S_1	S_2	S_3		S_1	S_2	S_3	
BL_0	163.20	142.10	126.40	143.90	158.90	147.00	124.30	143.40
BL_1	173.20	164.60	144.10	160.63	175.40	157.90	151.90	161.73
BL_2	179.50	170.30	152.80	167.53	179.60	169.50	142.70	163.93
BL_3	191.60	180.00	163.90	178.50	193.20	176.10	160.80	176.70
L.S.D$_{0.05}$ للتداخل	4.87			L.S.D$_{0.05}$ لـ BL 2.81	4.68			L.S.D$_{0.05}$ لـ BL 2.70
معدل مستويات الملوحة	176.88	162.25	146.80		176.78	162.63	144.93	
L.S.D$_{0.05}$ لمستويات الملوحة	2.43				2.34			

يلاحظ من نتائج الجدول 4 ان معاملات الملوحة ادت الى تقليل تركيز الكلوروفيل الكلي في الاوراق، وقد يعود السبب الى دور الملوحة في تثبيط البناء الحيوي للكلوروفيل عن طريق زيادة فعالية انزيم chlorophyllase (Gunes وآخرون، 1996) ومن ثم زيادة تحلل هذه الصبغة وادت اضافة البراسينولايد الى زيادة محتوى الاوراق من الكلوروفيل الكلي عن طريق تقليل الاثر السلبي للملوحة في بناء الكلوروفيل اذ إن سبب زيادة تركيز الكلوروفيل عند الرش بالبراسينولايد على النباتات المعرضة لظروف الاجهاد الملحي قد يعزى إلى انه قد يثبط فعالية إنزيم chlorophyllase المسئول عن تحلل الكلوروفيل مما أدى إلى تراكم الكلوروفيل في الأوراق (Fariduddin وآخرون، 2009) . فقد تبيّن ان

للبرسينولايد دورا كبيرا في حماية نظام التمثيل الكاربوني من تأثير الملوحة التي تسبب إجهاد الاكسدة وهذا التفسير يمكن ان يدعم فرضية ان البلاستيدات الخضراء هي المصدر الرئيس لإنتاج مركبات الاوكسجين المختزلة (ROS) في النبات (Ormaetxe وآخرون، 1998) وهذا يتفق مع ما وجده Nunez وآخرين (2003) الذي وجد ان البراسينولايد يزيل التأثير التثبيطي للملوحة في تركيزالصبغات النباتية في النبات لاسيما الكلوروفيل وهذا يمكن ان يكون سببا في تحفيز نمو النباتات النامية تحت تأثير الاجهاد الملحي.

محتوى البرولين في الاوراق (ملغم غم$^{-1}$)

تشير النتائج في الجدول 5 للموسم الاول الى تفوق مستوى الملوحة العالي S3 معنويا في زيادة محتوى الاوراق من البرولين اذ بلغ 3.79 ملغم غم $^{-1}$ في حين اعطى المستوى الملحي المنخفض S1 اقل محتوى للبرولين في الاوراق بلغ 1.66 ملغم غم$^{-1}$، وفي معاملات البراسينولايد اظهرت معاملة BL3 تفوقا في اعطاء اعلى محتوى من البرولين في الاوراق اذ بلغ 2.94 ملغم غم$^{-1}$ في حين كان اقل محتوى للبرولين في الاوراق في معاملة القياس BL0 بلغ 2.02 ملغم غم$^{-1}$. أما في معاملات التداخل بين مستويات الملوحة ومعاملات الرش البراسينولايد فقد تميزت معاملة S3BL3 عن بقية المعاملات باعطائها اعلى محتوى من البرولين في الاوراق اذ اعطت 4.51 ملغم غم$^{-1}$ قياسا بمعاملة S1BL0 التي اعطت اقل محتوى للبرولين في الاوراق 1.48ملغم غم$^{-1}$. وفي الموسم الثاني تميزت معاملة S3 عن بقية المعاملات في زيادة محتوى البرولين في الاوراق اذ اعطت 3.22 ملغم غم$^{-1}$ في حين سجلت معاملة S1 اقل قيمة للبرولين في الاوراق بلغت 1.64 ملغم غم$^{-1}$، اما في معاملات البراسينولايد فقد تفوقت معاملة BL3 في رفع محتوى البرولين في الاوراق اذ بلغ 3.10 ملغم غم$^{-1}$ في حين اعطت معاملة القياس BL0 اقل محتوى للبرولين بلغ 1.83 ملغم غم$^{-1}$، وفي معاملات التداخل تفوقت المعاملة S3BL3 في رفع محتوى البرولين في الاوراق اذ بلغ 4.35 ملغم غم$^{-1}$، في حين كانت اقل قيمة للبرولين في الاوراق كانت في معاملة التداخل S1F0 التي بلغت 1.46ملغم غم$^{-1}$.

الجدول 5. تأثير البراسينولايد وملوحة مياه الري والتداخل بينهما في محتوى البرولين في اوراق الفلفل الحلو للموسمين الزراعيين 2013 و 2014

معاملات البراسينولايد	محتوى البرولين في الاوراق (ملغم غم$^{-1}$)							
	الموسم الزراعي 2013				الموسم الزراعي 2014			
	مستويات الملوحة			معدل معاملات الـ BL	مستويات الملوحة			معدل معاملات الـ BL
	S_1	S_2	S_3		S_1	S_2	S_3	
BL_0	1.48	1.71	2.88	0.34	1.46	1.53	2.49	1.83
BL_1	1.52	1.91	3.81	0.38	1.60	1.66	2.85	2.04
BL_2	1.70	1.86	3.96	0.43	1.67	1.86	3.19	2.24
BL_3	1.94	2.36	4.51	0.48	1.84	3.11	4.35	3.10
$L.S.D_{0.05}$ للتداخل	0.13			$L.S.D_{0.05}$ للـ BL 0.08	0.16			$L.S.D_{0.05}$ للـ BL 0.09
معدل مستويات الملوحة	1.66	1.96	3.79		1.64	2.04	3.22	
$L.S.D_{0.05}$ لمستويات الملوحة	0.07				0.08			

يتضح من نتائج الجدول 5 زيادة تراكم البرولين في الاوراق عند تعرض النباتات الى الاجهاد الملحي وبخاصة في المستوى العالي 5 ديسيسمنز م$^{-1}$، وإنّ سبب زيادة البرولين في اوراق النباتات قد يعزى الى ان النبات المعرض للإجهاد يتبنى آليتين للتقليل من تأثير الإجهاد الملحي الاولى تقليل مستويات

NADH المتراكمة والثانية تقليل الحامضية التي يسببها تفاعل جزيئة NADH مع جزيئة الهيدروجين اللازمة لتكوين جزيئة البرولين من حامض الكلوتامين (Verekemp وآخرون، 1987)، فالبرولين احد مكونات السايتوسول المسؤول عن التوازن الازموزي والتخلص من الجذور الحرة للاوكجين مثل OH^- والارتباط مع مكونات النواة الاساسية مثل DNA بروتين الاغشية الخلوية مما يسبب ثباتية تركيب ووظيفة مكونات الخلية (Kavi Kishor وآخرون، 2005). أدت معاملة النباتات المعرضة للاجهاد الملحي بمادة البراسينولايد الى زيادة محتوى الاوراق من البرولين وقد يعود السبب في ذلك الى ان البراسينولايد يعمل وسيلة دفاعية للاجهادات البيئية التي تتعرض لها النباتات ويرجع السبب إلى خصوصية هذا المركب في حماية الغشاء الخلوي من مهاجمة الجذور النشطة، وهذا يتفق مع ما وجده Alia وآخرون (1997) الذين لاحظوا ان من بين الذائبات السايتوبلازمية المختلفة فقط جزيئة البرولين لها القدرة على حماية النبات من جذور الاوكسجين الحرة ، وان تراكم البرولين في الانسجة النباتية بسبب المعاملة بالبراسينولايد في النباتات المعرضة للاجهاد الملحي ربما تكون ناتجة من تحلل البروتين الموجود وزيادة في تراكم البرولين (Viegas و Silvereia، 1999).

صفات النمو الخضري

ارتفاع النبات (سم): تبين نتائج الجدول 6 للموسم الاول تفوقا معنويا لمستوى ملوحة مياه الري S1 في زيادة ارتفاع النبات اذ بلغ 69.08 سم قياسا بمستوى الملوحة S3 الذي اعطى اقل ارتفاع بلغ 54.56 سم. اما معاملات البراسينولايد فقد اظهرت تفوق معاملة BL3 باعطائها اعلى ارتفاع للنبات بلغ 72.78 قياسا بمعاملة القياس BL0 التي اعطت اوطأ ارتفاع بلغ 51.65سم، وأظهرت معاملات التداخل بين مستويات الملوحة وتراكيز البراسينولايد تفوق معاملة S1BL3 اذ أعطت أعلى معدل لارتفاع النبات 82.57 سم، في حين كان اقل ارتفاع عند معاملة S3BL0 45.42 سم. وفي الموسم الزراعي الثاني تفوق مستوى ملوحة مياه الري S1 باعطاء اعلى ارتفاع للنبات بلغ 68.81 سم في حين اقل ارتفاع للنبات كان في مستوى الملوحة S3 بلغ 54.76 سم. أما في معاملات البراسينولايد فقد تفوقت معاملة BL3 في اعطاء اعلى معدل لارتفاع النبات 71.98 قياسا بمعاملة القياسBL0 التي اعطت اقل القيم 51.54 وفي معاملات التداخل تميزت معاملة S1BL3 باعطائها اعلى ارتفاع للنبات 82.24 سم، بينما اظهرت معاملة التداخل S3BL0 اقل معدل لارتفاع النبات بلغ 45.49 سم.

الجدول 6. تأثير البراسينولايد وملوحة مياه الري والتداخل بينهما في ارتفاع نباتات الفلفل الحلو للموسمين الزراعيين 2013 و 2014

معاملات البراسينولايد	ارتفاع النبات (سم)							
	الموسم الزراعي 2013				الموسم الزراعي 2014			
	مستويات الملوحة			معدل معاملات الـ BL	مستويات الملوحة			معدل معاملات الـ BL
	S_1	S_2	S_3		S_1	S_2	S_3	
BL_0	55.99	53.55	45.42	51.65	55.68	53.45	45.49	51.54
BL_1	67.67	63.58	52.71	61.32	66.79	62.37	55.94	61.70
BL_2	70.10	66.07	56.58	64.25	70.51	67.37	58.64	65.51
BL_3	82.57	72.24	63.54	72.78	82.24	74.73	58.97	71.98
$L.S.D_{0.05}$ للتداخل	3.44			$L.S.D_{0.05}$ للـ BL 1.99	3.46			$L.S.D_{0.05}$ للـ BL 2.00
معدل مستويات الملوحة	69.08	63.86	54.56		68.81	64.48	54.76	
$L.S.D_{0.05}$ لمستويات الملوحة	1.72				1.73			

المساحة الورقية (دسم^2 نبات$^{-1}$): توضح النتائج في الجدول 7 للموسم الاول الى تفوق مستوى الملوحة S1 معنويا في زيادة صفة المساحة الورقية باعطائها 72.29 دسم^2 نبات$^{-1}$ في حين اعطى المستوى S3 اقل قيمة بلغت 49.00 دسم^2 نبات$^{-1}$، وفي معاملات البراسينولايد اعطت معاملة BL3 تفوقا معنويا على جميع المعاملات باعطائها اكبر مساحة ورقية بلغت 74.60 دسم^2 نبات$^{-1}$، اما اقل مساحة ورقية فقد ظهرت في معاملة القياس BL0 وبلغت 45.19 دسم^2 نبات$^{-1}$. اما في معاملات التداخل بين مستويات ملوحة مياه الري وتراكيز البراسينولايد فقد تفوقت معاملة S1BL3 على بقية المعاملات باعطائها اكبر مساحة ورقية 89.79 دسم^2 نبات$^{-1}$ في حين اعطت معاملة S3BL0 اقل مساحة ورقية 32.00 دسم^2 نبات$^{-1}$، وفي الموسم الثاني لوحظ تفوق المستوى S1 في زيادة المساحة الورقية التي بلغت 71.39 دسم^2 نبات$^{-1}$ في حين اعطى المستوىS3 اقل مساحة ورقية بلغت 49.65 دسم^2 نبات$^{-1}$، وفي معاملات البراسينولايد تفوقت معاملة BL3 باعطائها اكبر مساحة ورقية بلغت 77.33 دسم^2 نبات$^{-1}$ في حين اعطت معاملة القياس BL0 اقل قيمة للمساحة الورقية بلغت 39.72 دسم^2 نبات$^{-1}$. اما معاملات التداخل فقد تميزت معاملة S1BL3 باعطائها اعلى مساحة ورقية للنبات بلغت 90.87 دسم^2 نبات$^{-1}$ في حين اظهرت معاملة S3BL0 اقل القيم 32.40 دسم^2 نبات$^{-1}$.

الجدول 7. تأثير البراسينولايد وملوحة مياه الري والتداخل بينهما في المساحة الورقية لنباتات الفلفل الحلو للموسمين الزراعيين 2013 و2014

معاملات البراسينولايد	المساحة الورقية (دسم^2 نبات$^{-1}$)							
	الموسم الزراعي 2013				الموسم الزراعي 2014			
	مستويات الملوحة			معدل معاملات الـ BL	مستويات الملوحة			معدل معاملات الـ BL
	S_1	S_2	S_3		S_1	S_2	S_3	
BL_0	53.21	50.36	32.00	45.19	45.32	41.45	32.40	39.72
BL_1	67.18	61.76	53.01	60.65	69.22	63.32	51.24	61.26
BL_2	78.99	72.85	54.71	68.85	80.16	73.66	55.57	69.80
BL_3	89.79	77.76	56.26	74.60	90.87	81.76	59.37	77.33
L.S.D$_{0.05}$ للتداخل	3.64			L.S.D$_{0.05}$ للـ BL 2.10	3.17			L.S.D$_{0.05}$ للـ BL 1.83
معدل مستويات الملوحة	72.29	65.68	49.00		71.39	65.05	49.65	
L.S.D$_{0.05}$ لمستويات الملوحة	1.82				1.59			

الوزن الجاف للمجموع الخضري (غم نبات$^{-1}$): تشير نتائج الجدول 8 للموسم الاول الى تفوق مستوى الملوحة الاول S1 في صفة الوزن الجاف للمجموع الخضري اذ بلغ 180.32غم نبات$^{-1}$ في حين بلغ اقل وزن جاف للمجموع الخضري في مستوى الملوحة S3 اذ بلغ 95.63 غم نبات$^{-1}$. اما في معاملات البراسينولايد فقد تفوقت معاملة BL3 على بقية المعاملات باعطائها اعلى وزن جاف بلغ 174.82غم نبات$^{-1}$ قياسا بمعاملة القياس BL0 التي اعطت اقل وزن جاف للمجموع الخضري 93.80 غم نبات$^{-1}$. اما في معاملات التداخل فقد اظهرت معاملة S1BL3 تفوقا معنويا على بقية المعاملات باعطائها اعلى وزن جاف بلغ 219.06 غم نبات$^{-1}$، في حين اعطت معاملة S3BL0 اقل قيمة بلغت 63.50 غم نبات$^{-1}$. وفي الموسم الثاني اظهر تفوق مستوى الملوحة S1 على بقية المستويات باعطائه اعلى وزن جاف للمجموع الخضري 176.44غم نبات$^{-1}$ في حين اعطى المستوى S3 93.10 غم نبات$^{-1}$، وفي معاملات البراسينولايد تفوقت معاملة BL3 باعطائها اعلى وزن جاف 171.97 غم نبات$^{-1}$ في حين اعطت معاملة القياس BL0 اقل قيمة للوزن الجاف 88.87 غم نبات$^{-1}$، أما في معاملات التداخل فقد اظهرت معاملة

S1BL3 تفوقا في الوزن الجاف للمجموع الخضري بلغ 214.01غم نبات$^{-1}$، في حين كانت اقل قيمة للوزن الجاف في المعاملة S3BL0 بلغت 58.72 غم نبات$^{-1}$.

يتضح من نتائج الجدول ان الملوحة تسببت في انخفاض مؤشرات النمو الخضري لنبات الفلفل اذ بين Ibn Maaouia- Houimli وآخرون (2012) ان انخفاض نمو نباتات الفلفل النامية في وسط ملحي يسبب انخفاضاً في تبادل غاز CO_2 من فتحات الثغور وقد تعزى هذه الظاهرة الى اغلاق الثغور او قلة كمية الماء الممتص عن طريق الجذور (Martinez-Ballesta وآخرون، 2004)، وان قلة انتقال الماء بسبب الملوحة ربما تؤدي الى قلة محتوى الاوراق من الماء ومن ثم غلق الثغور لكي تحافظ على مستوى الماء في داخلها.

الجدول 8. تأثير البراسينولايد وملوحة مياه الري والتداخل بينهما في الوزن الجاف للمجموع الخضري لنباتات الفلفل الحلو للموسمين الزراعيين 2013 و 2014

معاملات البراسينولايد	الوزن الجاف للمجموع الخضري (غم نبات$^{-1}$)							
	الموسم الزراعي 2013				الموسم الزراعي 2014			
	مستويات الملوحة			معدل معاملات الـ BL	مستويات الملوحة			معدل معاملات الـ BL
	S_1	S_2	S_3		S_1	S_2	S_3	
BL_0	133.97	83.93	63.50	93.80	132.77	75.13	58.72	88.87
BL_1	175.45	153.80	85.90	138.38	171.55	135.19	85.90	130.88
BL_2	192.79	172.20	110.61	158.53	187.42	164.70	108.05	153.39
BL_3	219.06	182.90	122.50	174.82	214.01	182.18	119.73	171.97
L.S.D$_{0.05}$ للتداخل	3.75			L.S.D$_{0.05}$ للـ BL 2.16	5.01			L.S.D$_{0.05}$ للـ BL 2.89
معدل مستويات الملوحة	180.32	148.21	95.63		176.43	139.30	93.10	
L.S.D$_{0.05}$ لمستويات الملوحة	1.87				2.51			

أدت اضافة البراسينولايد الى تحسين نمو النبات بصورة عامة وذلك لدوره في تحفيز استطالة وانقسام وتمايز الخلايا (Hu وآخرون، 2000). فقد بين Ali وآخرون (2008) ان زيادة نمو نبات القرع الهندي نتيجة اضافة البراسينولايد قد يعزى الى تحفيز بعض الأنزيمات المضادة للاكسدة مثل البيروكسيديز وزيادة محتوى البرولين مما يساعد في حماية النبات من اضرار الأكسدة التي تسببها الملوحة لذلك تعد عملية التمثيل الكاربوني العامل الرئيس الذي يؤثر في نمو النبات. وقد تعزى الزيادة في ارتفاع النبات الى دور البراسينولايد في استطالة الخلايا عن طريق تحفيز اعادة توجيه انابيب النقل الدقيقة الذي ينتج عن اضافة البراسينولايد الى النبات وهذا يودي الى تسارع انقسام الخلايا. سببت معاملات الملوحة في انخفاض المساحة الورقية للنباتات في حين ادت اضافة البراسينولايد الى تقليل الانخفاض الحاصل في المساحة الورقية، وقد يعزى السبب الى ان البراسينولايد يعمل على تحسن النمو في النباتات ومن ثم زيادة الوزن الطري والجاف للمجموع الخضري للنبات وان البراسينولايد يعمل على تحفيز انقسام الخلايا في الاوراق وبالنتيجة زيادة حجمها الامر الذي ينعكس ايجابا على المساحة الورقية للنبات (Yu وآخرون، 2004). سببت اضافة البراسينولايد الى النبات الى زيادة مؤشرات النمو الخضري في النباتات المعرضة للاجهاد الملحي الا انها بقيت اقل من المعدلات التي اعطتها النباتات النامية في اوساط غير ملحية وتتفق هذه النتائج مع Houimli وآخرين (2008). لقد وجد ان للبراسينولايد دورا في تشجيع النبات على تحمل ظروف الاجهاد الملحي عن طريق التأثير في العمليات الفسيولوجية والحيوية داخل النبات مثل التمثيل

الكاربوني وفعالية الانزيمات المضادات للاكسدة اكثر من التأثيرات الظاهرية (Ashraf، 2004). وقد يعزى سبب التأثيرات الايجابية للبراسينولايد في صفات النمو الخضري إلى ان البراسينولايد يساعد في زيادة امتصاص العناصر الغذائية من التربة والإفادة منها في نمو النبات، وكذلك زيادة محتوى الأوراق من النايتروجين في النباتات المعاملة والذي يمكن ان يعزى إلى الامتصاص العالي للنايتروجين المعدني مثل النترات من التربة وتمثيلها (El-Khallal وآخرون، 2009). ويعتقد ان البراسينوستيرويدات تشارك في زيادة مرونة جدار الخلية، لذلك فان الزيادة في النمو الخضري الناتجة من إضافة البراسينولايد ربما تعود إلى استطالة الخلية وانقسامها. ادت اضافة البراسينولايد الى النباتات الى زيادة المساحة الورقية ومن ثم تحسين مساحة التمثيل الضوئي وهذا قد يفسر الزيادة في النمو، وان زيادة الوزن الجاف للأوراق قد تعود إلى الزيادة في كفاءة عملية التمثيل الكاربوني والتي تؤدي الى زيادة صافي الـ CO_2 الممثل في الورقة والذي يمثل الوحدة الأساسية لبناء الكاربوهيدرات (Zurek وآخرون، 1994). وقد تعود الى التأثير المحتمل للبراسينولايد على تثبيت غاز CO_2 في عملية التمثيل الكاربوني من خلال تأثيره في فعالية انزيم carbonic anhydrase وهذا الانزيم يحفز التحول البيني بين CO_2 و HCO_3^- والذي يزيد من توافر الـ CO_2 لإنزيم Rubisco مما يؤدي إلى زيادة كفاءة عملية التمثيل الكاربوني، وان زيادة النمو قد تعود الى زيادة محتوى النبات من هرمونات النمو مثل IAA و GA_3 و Zeatin وانخفاض محتوى الـ ABA نتيجة المعاملة بالبراسينولايد.

المصادر

الساهوكي، مدحت مجيد وكريمة وهيب. 1990. تطبيقات في تصميم وتحليل التجارب. دار الحكمة للطباعة والنشر. الموصل.

الصحاف، فاضل حسين . 1989. تغذية النبات التطبيقي. جامعة بغداد. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. بيت الحكمة للنشر والترجمة والتوزيع. مطبعة التعليم العالي في الموصل. العراق.

Abbas, S., H. H. Latif and E. A. El-Sherbiny. 2013. Effect of 24-epibrassiolide of the physiological and genetic changes on two varieties of pepper under salt stress conditions. *Pak. J. Bot.* 45(4): 1273-1284.

Alia, B., P. Pardha Saradhi and P. Mohanty. 1997. Involvement of proline in protecting thylakoid membranes against free radicals-induced photo damage. *Journal of Photochemistry and Photobiology*, 38: 253-257.

Ali, B., S. Hayat, A. S. Hasan and A. Ahmed. 2006. Effect of root applied 28-homobrassinolide on the performance of *Lycopersicon esculentum. Sci. Hort.* 110: 267-273.

Ali, B., S. Hayat, Q. Fariduddin and A. Ahmad. 2008. 28-Homobrassinolide protects against the stress generated by salinity and nickel in *Brassica juncea*. *Chemosphere*. 72: 1387–1392.

Ashraf, M. 2004. Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. *Flora*. 199: 361-376.

Bates, L. S., R. P. Waldren and I. D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Sci*. 39: 205-207.

Chartzoulakis, K. S. and G. Klapaki. 2000. Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Sci. Hortic.* 86: 247-260.

El-Khallal, S. M., T. A. Hathout, A. E. Ahsour and A. A. Kerrit. 2009. Brassionolide and salicylic acid induced antioxidant enzymes, hormonal balance and protein profile of maize plants grown under salt stress. *Res. J. of Agric. Biol. Sci*. 5(4): 391-402.

Erwin, E and V. Houba. 2004. Plant Analysis Procedures. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands. 179 pp.

Fariduddin, Q., M. Yusuf, S. Hayat and A. Ahmed. 2009. Effect of 28-homobbrassinolide on antioxidant capacity and photosynthesis in *Brassica juncea* plants exposed to different levels of copper. *Environmental and Experimental Botany*. 66: 418-424.

Goodwin, T. W. 1976. Chemistry and Biochemistry of Plant Pigment. 2nd Academic. Press. Landon, New York. San Francisco. 373pp.

Grattan S. R and C. M. Grieve. 1992. Mineral element acquisition and growth response of plant growth in saline environments. *Agriculture Ecosystems and environment,* 38: 275-300.

Grattan, S. R. and J. D. Osten. 1993. Water Quality Guidelines for Vegetable and Row Crops. University of California. Drought tips number 170 – 192.

Gunes, A., A. Inal and M. Alpasian. 1996. Effect of salinity on stomatal resistance, proline and mineral composition of pepper. *Journal of plant nutrition*, 19: 389-396.

Hayat, S. and A. Ahmad. 2010. Brassinosteroids: A New Class of Plant Hormones. Springer Dordrecht Heidelberg London, New York.

Houimli, S. M, M. Denden, and S. B El Hadj .2008. Induction of salt tolerance in pepper (*Capsicum annuum*) by 24-epibrassinolide. *Eur. Asia J. Bio. Sci.* 2: 83–90.

Houimli, S. M., M. Denden and B. D. Mouhandes .2010. Effect of 24-epibrassinolide on growth, chlorophyll electrolyte leakage and proline by pepper plants under NaCl - stress. *EurAsian Journal of BioSciences*. 4: 98-104.

Hu, Y., J. Formm and U. Schmidhalter. 2005. Effect of salinity on tissue architecture in expanding wheat leaves. *Planta*, 2: 838-848.

Hussein, M. M., L. K. Balbaa and M. S. Gaballah. 2007. Salicylic acid and salinity effects on growth of maize plants. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 3: 321-328.

Ibn-Maauia- Houimli, S., B. Dridi-Mouhandes, S. Ben Mansour- Gueddes and M. Denden. 2012. 24-Epibrassinolide ameliorates the adverse effect of salt stress NaCl on pepper (*Capsicum annuum* L.). *J. Stress Physiology. Biochem.*, 8(1): 232-240.

Kavi Kishor, P. B., S. Sangam, R. N. Amruth, P. Sri Laxmi and N Sreenivasulu. 2005. Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: its implications in plant growth and abiotic stress tolerance. *Current Science*. 88: 424-438.

Mai, Y., S. Lin, X. Zeng and R. Ran. 1989. Effect of brassinolide on nitrate reductase activity in rice seedlings. *Plant Physiol. Commun*., 2: 50-52.

Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher plants 2nd edit. Academic Press. London.

Martinez-Ballesta, M. C., V. Martinez, and M. Carvajal. 2004. Osmotic adjustment, water relation and gas exchange in pepper plants grown under NaCl and KCl. *Environ. Expert. Bot*., 52: 161-174.

Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell. Environ*., 25: 239-250.

Nunez, M., P. Mazzafera, L. M. Mazorra, W. A. Siqueria, and M. A. T. Zull. 2003. Influence of brassinosteroids analogue on antioxidant enzymes in rice growth in culture medium with NaCl. *Biologia Plantrum*. 47: 67-70.

Olsen. S. R. and L. E. Sommers. 1982. Phosphorus. *In:* Methods of Soil Analysis, Part 2, Agron. Monogr. 9. 2nd ed., ASA and ASSA, Madison WI, pp: 403–430.

Ormaetxe, I., P. R. Escudero, C. Arrese-igor and M. Becane. 1998. Oxidative damage in pea plants exposed to water deficit or paraquat. *Plant Physiology*, 116: 173-181.

Rao, S. R., B. Vardhini, S. Vidya, E. Sujatha and S. Anuradha. 2002. Brassinosteroids-A new class of Phytohormones. *Current Science*, 82(10): 1239-1245.

Rhoades, J. D., A. Kandiah and A. M Mashali .1992. The use of saline water for crop production. *In*: FAO irrigation and drainage paper (FAO) no. 48, Rome, Italy, 147.

SAS. 2001. SAS. Users guide, SAS personal of computer. Inst. Inc. Cary. NC. USA.

Sasse, J. M. 2003. Physiological actions of brassinosteroids: an update. *J. Plant Growth Regul*., 22: 276–288.

Shahbaz, M. and M. Ashraf. 2007. Influence of exogenous application of Brassinostroids on growth and mineral nutrients of wheat (*Triticum aestivum* L.) under saline conditions. *Pak. J. Bot.*, 39: 513-522.

Shahid, M. A., M. A. Pervez, R. M. Balal, N. S. Mattson, A. Rashid, R. Ahmad. C. M. Ayuub and T. Abbas. 2011. Brassinosteroids (24-epibrassinolide) enhances growth and alleviate the deleterious effects induced by salt stress in pea (*Pisum sativum* L). *Australian Journal of Crop Science,* 5(5): 500-510.

Verekemp, J. H., J. E. Lampe and T. M. Kout. 1987. Organic acid as a source of drought-induced proline synthesis in field bean plant (*Vicia faba* L.). *Journal of plant physiology*, 133: 654-659.

Viegas, R. A. and J. A. G. Silveira. 1999. Ammonia assimilation and proline accumulation in young cashew plants during long-term exposure to NaCl-salinity. *Braz. J. Plant Physiol*. 11: 153-159.

Watson, D. J. and M. A. Watson. 1953. Comparative physiological studies on the growth of yield crops. III- Effect of infection with beet yellow. *Annal. of Applied Biology*. 40(1): 1-37.

Yu, J. Q ., L. F. Huang, W. H. Hu, Y. H. Zhou, Y. H. Mao and S. Nogues. 2004. A role for brassinosteroids in the regulation of photosynthesis in *Cucumis sativus. J. Exp. Bot.* 55: 1135-1143.

Zurek, D. M., D. L Rayle, T. C. Mc-Morris and S. D. Clouse. 1994. Investigation of gene expression, growth kinetics, and wall extensibility during brassinosteroid-regulated stem elongation. *Plant Physiol.* 104: 505-513.

EFFECT OF 24-EPIBRASSINOLIDE TO ALLIVIATE PEPPER PLANTS (*Capsicum annuum* L.) GROWN UNDER SALT STREES*

Adnan Ghazi Al-Nussairawi[1,3] **Issam Mohammed Al-Ibadi[2]**

[1,2]Lecturer and Assist. prof., Horticulture & Landscape Dept., College of Agric. Univ. of Diyala and Baghdad, respectively.

[3]Corresponding author: salmanadnan71@gmail.com

ABSTRACT

This experiment was conducted at the vegetable field of Horticulture department, College of Agriculture, Baghdad University, Abu Ghraib for two successive seasons 2013 and 2014 to study the effect of 24-epibrassinolide to mitigate the impact of salt stress and its reflect on growth and yield of sweet pepper " California Wonder ". Nested design with three replicates was adapted.

The experiment included 12 treatments which is watering plants with three levels of irrigation wells water (1.9, 2.0) ds m^{-1} (for two seasons respectively), 3 and 5 ds m^{-1} of NaCl, with four brassinolide treatments (0, 0.1, 0.3, and 0.6) mg L^{-1}. Least significant difference (LSD) at 5% probability was used to compare the means.The results of experiment showed that salinity caused decreasing in all studied traits, while application of brassinolide caused alleviating of plant growth under salt stress**.** The study showed superior of brassinolide treatment 0.6 mg L^{-1} with low level of irrigation water salinity (wells water) on all other treatments in all parameters, it caused increasing in nutrient content K, P and ratio in leaves, also increased chlorophyll content in leaves. Brassinolide with wells water treatment caused increasing plant height, branches number, leaves area and dry weight of vegetative growth. Brassinolide was active of mitigating the impact of salt stress on plant it was superior by increasing all parameters on other treatments under the same salinity level.

Key words: pepper, salt stress, 24-epibrassinolide, alleviate.

*Part of Ph. D. Thesis of the first author.