حامض السلسليك يقلل سمية الرصاص بدلالة استجابة تجذير عقل الماش الطرية *Phaseolus aureus* Roxb.

عبد الله عودة علوان الدليمي

جامعة بابل / كلية الزراعة

الخلاصة

توضح هذه الدراسة تأثير حامض السلسليك (SA) في تقليل سمية الرصاص بدلالة استجابة تجذير عقل الماش الطرية في مستوى اندول حامض الخليك (IAA). اظهرت النتائج زيادة معنوية في استجابة تجذير العقل الطرية المعاملة بالتراكيز (١٠٠ و١٥٠) جزء بالمليون من كلوريد الرصاص ، بينما كشفت التراكيز العالية (٥٠٠) جزء بالمليون انخفاض معنوي في استجابة التجذير مقارنة بالعقل الطرية المعاملة بالماء المقطر (عينة السيطرة). من جهة اخرى كشفت النتائج عن زيادة معنوية في استجابة تجذير العقل الطرية المعاملة بالتركيز (٢٥) جزء بالمليون من حامض السلسليك . إن التداخل بين كلوريد الرصاص بالتركيز العالي (٥٠٠) جزء بالمليون وحامض السلسليك بتراكيز متنوعة، كشف عن زيادة معنوية في استجابة تجذير العقل بالتوليفات التالية (Pb, 500+SA,0. 01) و (Pb,500+SA,0.1) و (Pb, 500+SA,1) و (Pb, 500+SA, 50) جزء بالمليون ، ان التقدير الكمي للاوكسين (IAA) بالطريقة الطيفية كمؤشر لعمليات الاكسدة التي تحدث خلال ظاهرة الشد اكدت زيادة معنوية في محتوى (IAA) في السويقات الجنينية السفلى (Hypocotyl) للعقل المعاملة بالتراكيز الواطئة وانخفاض معنوي في هايبوكوتيل العقل المعاملة بالتراكيز العالية.

Abstract

The present study explores alleviatory effects of salicylic acid on the toxicity of lead (Pb), in terms of rooting response of fresh mung bean cuttings via indole acetic acid (IAA) level. The data revealed, significant increase in rooting response of fresh cuttings at (100 , 150ppm) in $PbCl_2$ solution. While, high concentration (500ppm) revealed significant decrease in rooting response compared to fresh cuttings treated in d/H_2O (control). On the other hand, the data revealed, significant increase in rooting response of fresh cuttings at (25ppm), in salicylic acid (SA) . Interaction between (Pb) at high concentration (500 ppm) and (SA) at varying levels revealed, significant increase in rooting response at follow combinations (Pb, 500+SA,0.01), (Pb, 500+SA,0.1), (Pb, 500+SA, 1) and (Pb, 500+SA, 50) ppm . Quantitative estimation of IAA by spectrophotometric method as indicator for oxidative processes that occurs during stress phenomenon verified significant increase of IAA content in hypocotyls of cuttings treated with low concentration and significant decrease in hypocotyls of cuttings treated with high concentration.

Key Words: Toxicity, Antagonism, Rooting response, Stem cutting, Trace elements, Pb, Phenolic compounds, Salicylic acid and IAA biosynthesis.

المقدمة

يعتمد المدى الذي تستطيع فيه النباتات في البقاء والاستمرار على حساسيتها لسمية المعادن الثقيلة، حيث تكيف نفسها عن طريق اكتسابها مدى واسع من آليات التحمل (Groten and Vanbladeren, 1994). تمارس العناصر المعدنية الثقيلة ومنها الرصاص تأثيرات سمية تتضمن تغيرات في عمليات البناء الضوئي ، والتنفس وتثبيط نمو النبات (Vasques *et al.,* 1987; Kimbrough *et al.,* 1999; Aravind and Prasad, 2005) والتأثير في التغذية المعدنية (Breckle and Kahle , 1992) ، والتبادل الغازي ، والعلاقات المائية (Becrril , *et.al.,*1989) ، والتكاثر ، وتحطم الأغشية (Ross, 1994)

يلعب العديد من منظمات النمو النباتية دوراً مهماً في تنظيم النمو تحت الشد البيئي . حامض السلسليك (SA) مركب فينولي شائع ينتجه النبات ويعمل كمنظم للنمو (Aberg, 1981)، ويمكن ان يكون في صنف الهرمونات النباتية (Raskin, 1992). ان تجهيز (SA) يؤثر في معدل العمليات الحيوية في النباتات والتي تتضمن فعالية الانزيمات المضادة للأكسدة (Almagro *et al.,* 2009)، وإنبات البذور (Basra *et al.,* 2007)، وغلق الثغور (Larque-Saavedra, 1979)، واخذ الايونات ، والنقل (Harper and Balke,

(1981، ونفاذية الغشاء (Barkosky and Einhelling, 1993)، ومقاومة المرض (Park *et al.,* 2009)، والبناء الضوئي، ومعدل النمو (Khan *et al.,* 2003) . ويحفز الزيادة في محتوى البروتينات الذائبة والبرولين (El-Tayeb, 2005). إن موضوع هذه الدراسة هو تأثير (SA) في الانظمة المقاومة للشد والتحري عن دوره في تغيير الخواص الفسيولوجية/البايوكيميائية المتعلقة باستجابة تجذير عقل الماش تحت شد الرصاص .

المواد وطرائق العمل Materials and Methods

زراعة النباتات الام Cultivation of stock plants

نقعت بذور الماش (*Phaseolus aureus* Roxb. Var. local) بالماء الجاري Current tap water لليلة كاملة، وزرعت في نشارة خشب معقمة ومرطبة بماء مقطر في اواني بلاستيكية، نميت البادرات في غرفة بيئية مجهزة بضوء مستمر وبشدة ضوئية (٣٠٠٠-٣٥٠٠ لوكس)، وبدرجة حرارة قدرها ٢٥±١م°، ورطوبة نسبية ٦٠-٧٠% لمدة عشرة ايام.

تهيئة العقل Preparation of Cuttings

تم تحضير العقل حسب طريقة Hess (١٩٦١) من بادرات متماثلة بعمر عشرة ايام نامية في الضوء، تمتاز العقل باحتوائها على برعم طرفي صغير، وزوج من الاوراق الاولية كاملة الاتساع، وسويقة جنينية فوق الفلق (Epicotyl) ، وسويقة جنينية تحت الفلق (Hypocotyl) بطول ٣ سم تحت الندب الفلقية، وذلك بعد ازالة المجموع الجذري.

المعاملة القاعدية للعقل Basal Treatment of Cuttings

عوملت الاجزاء القاعدية للعقل بغمر الهايبوكوتيل (طوله ٣سم) في انبوب زجاجي يحوي محلول حجمه (١٥) مل من محاليل الاختبار. تعامل العقل الطرية بالماء المقطر او بمحاليل الاختبار (١٢ عقلة لكل معاملة) لمدة ٢٤ ساعة، ثم تعامل بحامض البوريك (10µg/ml) لمدة ستة ايام، يليها حساب معدل عدد الجذور وأطوالها، التي تظهر على طول الهايبوكوتيل في أربعة صفوف كأسنان المشط . تم قياس مساحة الوريقات الوسطى للأوراق الحقيقة الأولى-ثلاثية الوريقات 1-st True Tri-foliated leaf في العقل حسب طريقة Stickler وجماعته (١٩٦١).

استعمل التصميم تام التعشية Completely randomized design واعتمدت قيمة (L.S.D.) للموازنة بين المعاملات على مستوى احتمالية (٠.٠٥ و ٠.٠١) في جميع التجارب (Spiegel, 1975).

تحضير المحاليل Preparation of Solutions

أ-محلول حامض البوريك

حضر بتركيز (10µg/ml) واستخدم كوسط للتجذير (Middleton *et al.,* 1978a).

ب-محلول كلوريد الرصاص

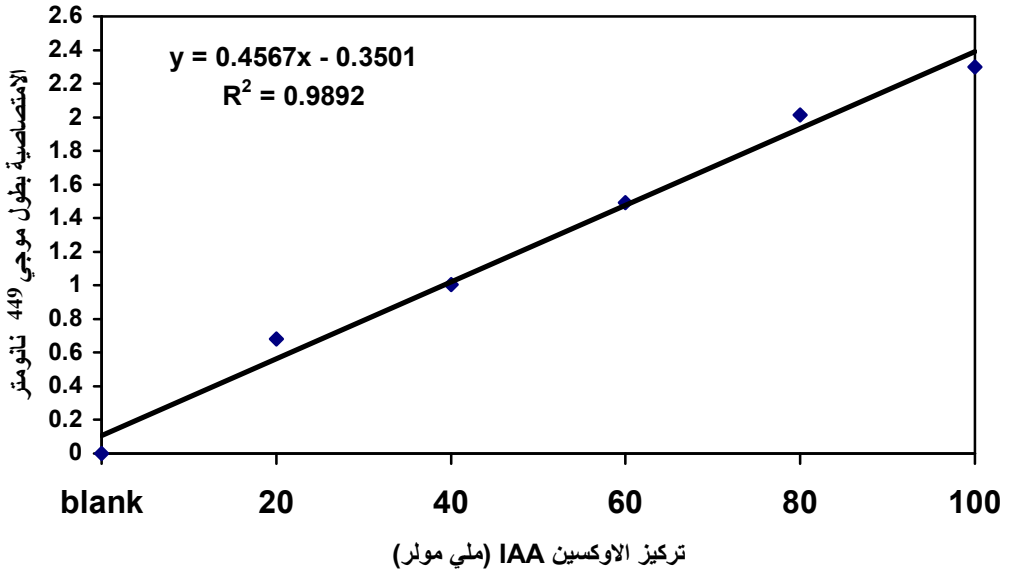
استعمل محلول كلوريد الرصاص بثلاث عشرة تركيز وهي (٠.٠٠١، ٠.٠١، ٠.١، ١، ٢٥، ٥٠، ١٠٠، ١٥٠، ٢٠٠، ٢٥٠، ٣٠٠، ٤٠٠، ٥٠٠) جزء بالمليون. وحضر هذا المحلول آنياً خلال التجربة بإذابة (١غم) من كلوريد الرصاص في كمية من الماء المقطر، وأكمل الحجم النهائي الى لتر، كخزين بتركيز (١٠٠٠) جزء بالمليون، ثم خفف لتحضير التراكيز اعلاه.

جـ- محلول حامض السلسليك (SA)

استعمل محلول حامض السلسليك بأحد عشرة تركيز وهي (٠.٠٠١، ٠.٠١، ٠.١، ١، ٢٥، ٥٠، ١٠٠، ٢٠٠، ٣٠٠، ٤٠٠، ٥٠٠) جزء بالمليون. وحضر هذا المحلول آنياً خلال التجربة بإذابة (١غم) من (SA) في كمية من الماء المقطر، وأكمل الحجم النهائي الى لتر، كخزين بتركيز (١٠٠٠) جزء بالمليون، ثم خفف لتحضير التراكيز اعلاه.

التقدير الكمي للاوكسين الطبيعي: Quantitative Determination of IAA

قدر الاوكسين الطبيعي (IAA) طيفياً في السويقات الجنينية تحت الفلق للعقل الطرية ، حسب طريقة (Plieninger *et al.,* 1964; Stoessl and Venis, 1970). تستند هذه الطريقة المحورة على تفاعل IAA مع انهيدريد الخليك بوجود عامل مساعد لتكوين مركب 2-Methyl Indole-α Pyrone ذو اللون الاحمر البرتقالي، واستعمل IAA الصناعي لرسم المنحنى المعياري Standard Curve (شكل ١) .



شكل (١) المنحنى القياسي لتراكيز مختلفة من الاوكسين (IAA) والامتصاصية بطول موجي ٤٤٩ نانومتر

النتائج

أ- الجزء الفسلجي Physiological part

١-تأثير الرصاص في استجابة تجذير عقل الماش الطرية

يشير جدول (١) الى تأثير الرصاص في استجابة تجذير عقل الماش الطرية. اتضح ان معدلات عدد الجذور المتكشفة وأطوال الجذور ومساحة الوريقات كمعدل للعقلة الواحدة في العقل الطرية غير المعاملة (عينة السيطرة) هي (١١.١٢٥ جذراً، و ٨.٧٩٧ ملم، و ٠سم^{٢}) على التوالي . وقد ازداد معدل عدد الجذور في التراكيز (٠.٠٠١، ٠.٠١، ٠.١، ١، ٢٥، ١٠٠، ١٥٠) جزء بالمليون، وتميزت هذه الزيادة بكونها معنوية من الناحية الاحصائية بالنسبة للعقل المعاملة بتركيز (١٠٠، ١٥٠) جزء بالمليون ، على مستوى احتمالية ٠.٠١.

بينما تميزت العقل المعاملة بالتراكيز العالية (٤٠٠، ٥٠٠) جزء بالمليون ، بانخفاض معنوي على نفس المستوى مقارنة بعينة السيطرة . تميزت العقل بانخفاض معنوي على مستوى احتمالية (٠.٠١) في معدل اطوال الجذور لجميع التراكيز. اما فيما يتعلق بمساحة الورقة فقد تميزت العقل بزيادة معنوية بالنسبة للعقل المعاملة بالتراكيز (٢٥، ٥٠، ١٠٠) على مستوى ٠.٠٥، وزيادة معنوية بالنسبة للتراكيز (٠.٠٠١، ٠.١، ١) على مستوى ٠.٠١، اما بقية التراكيز فلا يوجد فرق معنوي من الناحية الاحصائية مقارنة بعينة السيطرة.

جدول (١) تأثير كلوريد الرصاص ($PbCl_2$) في استجابة تجذير عقل الماش الطرية

Solution	Concentration ppm	Mean root Number/cutting	Mean root length/cutting(mm)	Mean leaf area (cm^2)	pH
Control dlH_2O	0	11.125	8.797	0	6.7
$PbCl_2$	0.001	15.5	**7.492	0.224**	6.2
	0.01	13.25	**7.713	0.067	6.2
	0.1	15.375	**6.965	0.357**	6.1
	1	12.625	**7.745	0.281**	5.6
	25	13.125	**1.25	0.192*	5.6
	50	10.625	**1	0.162*	5.5
	100	18.625**	**1	0.164*	5.5
	150	18.625**	**1	0.104	5.5
	200	10.875	**1	0.03	5.4
	250	10.125	**1	0	5.4
	300	7.25	**1	0	5.7
	400	**3.5	**1	0	4.9
	500	**3.125	**0.875	0	4.7

معدل عدد وأطوال الجذور ومساحة الوريقات الثالثية للأوراق الحقيقة الأولى ثلاثية الأوراق 1–st True-Tri-foliated Leaf في عقل الماش الطرية المأخوذة من بادرات نامية في الماء المقطر لمدة عشرة ايام. عوملت العقل بتراكيز مختلفة من كلوريد الرصاص ($pbCl_2$) لمدة ٢٤ ساعة ثم نقلت الى حامض البوريك بتركيز (10µg/ml) لمدة ستة ايام.قيمة

معدل عدد الجذور : L.S.D. (٠.٠٥) = ٥.٠٣٣ ، (٠.٠١) = ٧.١٩٩

معدل اطوال الجذور L.S.D. (٠.٠٥) = ٠.٤٤٠ ، (٠.٠١) = ٠.٦٢٩

معدل مساحة الورقة L.S.D. (٠.٠٥) = ٠.١٥٣ ، (٠.٠١) = ٠.٢٢٠

A** تأثير ايجابي معنوي على مستوى احتمالية (٠.٠١) *A تأثير ايجابي معنوي على مستوى احتمالية (٠.٠٥)

A** تأثير سلبي معنوي على مستوى احتمالية (٠.٠١)

٢- تأثير حامض السلسليك في استجابة تجذير عقل الماش الطرية

يشير جدول (٢) الى تأثير (SA) في استجابة تجذير عقل الماش الطرية، إذ اتضح ان معدلات عدد الجذور المتكشفة وأطوال الجذور ومساحة الورقة كمعدل للعقلة الواحدة في العقل الطرية (عينة السيطرة) هي (٤.٧٥ جذراً، ٧.٥ملم، ٠.٢٦٣سم^2) على التوالي. وقد ازداد معنوياً معدل عدد الجذور وعلى مستوى احتمالية ٠.٠١ في التركيز (٢٥) جزء بالمليون، وعلى مستوى احتمالية ٠.٠٥ في التراكيز (٠.١، ١، ٥٠) جزء بالمليون. اما العقل المعاملة بالتراكيز العالية فتميزت بانخفاض معنوي من الناحية الاحصائية، وعلى مستوى احتمالية ٠.٠١ مقارنة بعينة السيطرة. ومن ناحية اخرى تميزت العقل بانخفاض معنوي على مستوى احتمالية (٠.٠١) في معدل اطوال الجذور للتراكيز (٢٠٠، ٣٠٠، ٤٠٠، ٥٠٠) جزء بالمليون، وانخفاض غير معنوي لبقية التراكيز.

اما فيما يتعلق بمساحة الورقة، فقد تميزت العقل بانخفاض معنوي على مستوى احتمالية (٠.٠١) في التراكيز (١، ٢٥، ٣٠٠، ٤٠٠، ٥٠٠) جزء بالمليون، ومعنوي على مستوى احتمالية (٠.٠٥) في التراكيز

(٠.١، ٥٠، ٢٠٠) جزء بالمليون، وزيادة غير معنوية في التركيز (٠.٠٠١)، وانخفاض غير معنوي في التركيزين (٠.٠١، ١٠٠) جزء بالمليون مقارنة بعينة السيطرة.

جدول (٢) تأثير حامض السلسليك في استجابة تجذير عقل الماش الطرية

Solution	Concentration ppm	Mean root Number/cutting	Mean root length/cutting(mm)	Mean leaf area (cm^2)	pH
Control d/H_2O	0	٤.٧٥	٧.٥	٠.٢٦٣	٦.٧
Salicylic acid (SA) $HOC_6H_4CO_2H$	0.001	7.125	7.14	0.285	6.3
	0.01	6.5	7.07	0.181	6.3
	0.1	8.25*	7.213	*0.097	6.1
	1	8.125*	6.9	**0.067	5.3
	25	9.75**	*6.03	**0.084	3.9
	50	7.625*	6.26	*0.12	3.7
	100	7.25	*5.64	0.172	3.4
	200	3.875	**2.95	*0.116	3.2
	300	3	**1.28	**0.03	3.1
	400	**0	**0	**0	3
	500	**0	**0	**0	2.9

معدل عدد وأطوال الجذور ومساحة الورقات الثالثية للأوراق الحقيقة الأولى ثلاثية الأوراق 1–st True-Tri-foliated Leaf في عقل الماش الطرية المأخوذة من بادرات نامية في الماء المقطر لمدة عشرة ايام. عوملت العقل بتراكيز مختلفة من حامض السلسليك لمدة ٢٤ ساعة ثم نقلت الى حامض البوريك بتركيز (10µg/ml) لمدة ستة ايام.

معدل عدد الجذور : L.S.D. (٠.٠٥) = ٢.٦٠٠١ ، (٠.٠١) = ٣.٧٢١

معدل اطوال الجذور L.S.D. (٠.٠٥) = ١.٤١٩ ، (٠.٠١) = ٢.٠٢٩

معدل مساحة الورقة L.S.D. (٠.٠٥) = ٠.١٢٣ ، (٠.٠١) = ٠.١٧٦

A** تأثير ايجابي معنوي على مستوى احتمالية (٠.٠١) A** تأثير سلبي معنوي على مستوى احتمالية (٠.٠١)

A* تأثير ايجابي معنوي على مستوى احتمالية (٠.٠٥) A* تأثير سلبي معنوي على مستوى احتمالية (٠.٠٥)

٣- تأثير (SA) في تقليل سمية الرصاص بدلالة استجابة التجذير في عقل الماش الطرية

يشير جدول (٣) الى تأثير التداخل بين كلوريد الرصاص وحامض السلسليك (SA) في استجابة تجذير عقل الماش الطرية. إذ اتضح ان معدلات عدد الجذور المتكشفة وأطوال الجذور ومساحة الورقة، كمعدل للعقلة الواحدة في العقل الطرية (عينة السيطرة العامة) هي (٤.٧٥جذراً ، ٧.٥ملم ، ٠.٢٦٣سم^2) على التوالي. وان هذه المعدلات اعلاه في عينة السيطرة الخاصة بكلوريد الرصاص (٥٠٠ جزء بالمليون) هي (٢.٧٥ جذراً ، ٠.٨٧٥ ملم ، ٠.٠٣١سم^2) على التوالي . وقد ازداد معدل عدد الجذور وبشكل معنوي وعلى مستوى احتمالية ٠.٠١ في التوليفات (٠.٠١، Pb, 500+ SA) و (٠.١، Pb, 500+ SA) و (١، Pb, 500+ SA) و (٥٠، Pb, 500+ SA) ، وبشكل معنوي على مستوى احتمالية ٠.٠٥ في التوليفة (٠.٠٠١، Pb, 500+ SA) ، مقارنة بعينة السيطرة $PbCl_2$). ومن جانب آخر تميزت العقل بانخفاض معنوي في معدل اطوال الجذور للتوليفة (٢٠٠، Pb, 500+ SA) ومنع كامل لاستجابة التجذير بدلالة معدل طول الجذور في التوليفات (٣٠٠، Pb 500+ SA) و (٤٠٠، Pb, 500+ SA) و (٥٠٠، Pb, 500+ SA) مقارنة بعينة السيطرة ($PbCl_2$)، يقابل ذلك انخفاض معنوي لجميع التوليفات مقارنة بعينة السيطرة (d/w). اما فيما يتعلق بمساحة الورقة فقد تميزت التوليفات (٠.١، Pb, 500+ SA) و(١، Pb, 500+ SA) و(٢٥، Pb, 500+ SA) بانخفاض غير معنوي مقارنة بعينة السيطرة ($PbCl_2$) ، وعدم اتساع الورقة في التوليفتين (٤٠٠، Pb, 500+ SA) و (٥٠٠، Pb, 500+ SA) ، وزيادة غير معنوية في بقية التوليفات على مستوى احتمالية (٠.٠١) ، ومن جانب آخر تميزت جميع التوليفات بانخفاض معنوي من الناحية الاحصائية مقارنة بعينة السيطرة العامة (d/w).

نستنتج من ذلك بان التراكيز الواطئة والمعتدلة من (SA) بصفته مضاد للأكسدة ومنظم للنمو خففت من سمية الرصاص المستعمل بالتراكيز العالية، وحفزت استجابة التجذير، وشجعت استطالة الجذور على العكس من التراكيز العالية التي ثبطت بشكل كامل او جزئي استجابة التجذير واستطالة الجذور. اما فيما يخص مساحة الورقة فان التراكيز الواطئة شجعت على التخفيف من سمية الرصاص، بينما التراكيز المعتدلة والعالية خفضت وبشكل غير معنوي من مساحة الورقة.

جدول (3) تأثير (SA) في تقليل سمية الرصاص بدلالة استجابة التجذير في عقل الماش الطرية

Solution	Concentration ppm	Mean root Number/cutting	Mean root length/cutting(mm)	Mean leaf area (cm^2)	pH
General Control d/H_2O	0	4.75	7.5	0.263	6.6
Special control $PbCl_2$	500	2.75	0.875	0.0318	4.7
$pbCl_2$+Salicylic acid (SA) $HOC_6H_4CO_2H$	Pb,500+SA,0.001	7*	1	0.073	5.8
	Pb,500+SA,0.01	9.375**	1	0.080	5.7
	Pb,500+SA,0.1	9**	1	0.0075	5.6
	Pb,500+SA,1	7.5**	1	0.016	5.5
	Pb,500+SA,25	4.25	1	0.016	5.3
	Pb,500+SA,50	7.25**	1	0.054	5.3
	Pb,500+SA,100	4.25	0.875	0.046	5.3
	Pb,500+SA,200	0.625	**0.25	0.097	3.6
	Pb,500+SA,300	0	**0	0.085	3.2
	Pb,500+SA,400	0	**0	0	2.9
	Pb,500+SA,500	0	**0	0	2.8

معدل عدد وأطوال الجذور ومساحة الوريقات الثالثية للأوراق الحقيقية الأولى ثلاثية الأوراق 1–st True-Tri-foliated Leaf في عقل الماش الطرية المأخوذة من بادرات نامية في الماء المقطر لمدة عشرة ايام. عوملت العقل بتوليفة مكونة من كلوريد الرصاص بتركيز ٥٠٠ جزء بالمليون وحامض السلسليك بتراكيز مختلفة لمدة ٢٤ ساعة ثم نقلت الى حامض البوريك بتركيز (10µg/ml) لمدة ستة ايام.

معدل عدد الجذور : L.S.D. (٠.٠٥) = ٣.١٣٩ ، (٠.٠١) = ٤.٤٩٠

معدل اطوال الجذور L.S.D. (٠.٠٥) = ٠.٥٤٩ ، (٠.٠١) = ٠.٧٨٦

معدل مساحة الورقة L.S.D. (٠.٠٥) = ٠.١٠٣ ، (٠.٠١) = ٠.١٤٧

A** تأثير ايجابي معنوي على مستوى احتمالية (٠.٠١) A** تأثير سلبي معنوي على مستوى احتمالية (٠.٠١)

A* تأثير ايجابي معنوي على مستوى احتمالية (٠.٠٥)

ب- الجزء البايوكيميائي Biochemical Part

التقدير الكمي لاندول حامض الخليك IAA:

تأثير Pb و SA على مستوى IAA في العقل الطرية:

Effect of Pb and SA on IAA level in fresh cuttings:

يوضح شكل (٢) مستوى IAA في عقل الماش الطرية المعاملة بالتراكيز المثلى والعليا من كلوريد الرصاص و (SA). ان مستوى IAA في (١غم) من هيبوكوتيل (Hypocotyl) العقل الطرية (عينة السيطرة العامة d/w) هي (١١.٣١٦) ملي مولر، ومستوى IAA في (عينة السيطرة الخاصة Pb) هي (٧.٣٧٩) ملي مولر، بينما مستوى IAA في (١غم) من هايبوكوتيل العقل المعاملة بمحاليل كلوريد الرصاص و (SA) قيد الاختبار ($PbCl_2$ بتركيز ١٠٠جزء بالمليون، pH =٥.٥) و (SA بتركيز ٢٥ جزء بالمليون، pH=٣.٩) و (SA بتركيز ٥٠٠ جزء بالمليون، pH=٢.٩) و (٠.١، pb, 500+ SA، pH=٥.٦) و (٥٠٠، Pb, 500+ SA، pH=٢.٨) هو (١٣.٦٠١، ١٤.٨٤٦، ٠، ١١.٢٢٦، ٠) ملي مولر على التوالي. كشفت المعاملة

بالرصاص (١٠٠ جزء بالمليون) و SA (٢٥ جزء بالمليون) عن زيادة معنوية من الناحية الاحصائية وعلى مستوى احتمالية ٠.٠١ مقارنة بعينة السيطرة، بينما كشفت التراكيز العالية للرصاص و SA وتوليفة (٥٠٠، Pb, 500+ SA) عن انخفاض معنوي في مستوى IAA، وعلى مستوى احتمالية ٠.٠١، اما توليفة (٠.١، Pb, 500+ SA) فلم تكشف عن فروق معنوية مقارنة بعينة السيطرة (d/w).

المناقشة

ان توزيع وسلوك الرصاص في انسجة النبات سبب تغاير في التوازن الهورموني الدقيق. فقد ذكر Atici وجماعته (٢٠٠٥) ان عنصر الرصاص زاد من محتوى هورموني Abscisic acid(ABA) و Zeatin (Z) وقلل محتوى Gibberellic acid (GA_3) في نبات الحمص Chick pea وكما هو معروف فأن (ABA) يتكون في الجذور والسيقان والأوراق، وان ظروف الشد تحفز تكوين هذا الهورمون الذي يزيد من مقاومة النبات لظروف الشد، ومن الادلة على ذلك ان (ABA) يتجمع في الجذور المفتقرة للماء ويسهل دخول الماء للجذور وبذلك يحفظ الاوراق من الجفاف. علاوة على ذلك فأن (ABA) يحفز تكوين الجذور على العقل في بعض اصناف الفاصوليا والبزاليا والطماطا والعنب والرقي. وهذا بدوره يعلل الزيادة المعنوية في استجابة تجذير العقل الطرية في التراكيز الواطئة والمعتدلة، واحتفاظ العقل المعاملة بالتراكيز العالية بحيويتها ونظارتها على مستوى المجموع الخضري والجذري على الرغم من انخفاض معدل عدد الجذور. اما هورمون (Z) فانه يتكون في قمم الجذور ويحفز انقسام الخلايا، ويؤدي الى تكوين البراعم الورقية، كما يحفز اتساع الخلايا شأنه شأن الاوكسين والجبرلين، ويسبب تثخن الساق والهايبوكوتيل والجذور، علاوة على ذلك فهو يحفز تكوين الجذور الجانبية، ويزيد المادة الجافة للمجموع الجذري، وعندما تكون نسبة السايتوكاينين والاوكسين ملائمة يحدث نشوء الجذور والبراعم الورقية في آن واحد، كما يحفز نمو الاوراق، ويحافظ على تكوين الكلوروفيل والبروتينات والأحماض النووية، ويحفز نقل المغذيات والهورمونات (الاوكسين)، وتكوين بعض الانزيمات (محمد، ١٩٩١) وهذا بدوره يعلل الزيادة المعنوية في استجابة تجذير العقل الطرية من جهة، واحتفاظ العقل المعاملة بالتراكيز العالية بحيويتها ونظارتها رغم ظروف الشد القاسية بالمعدن الثقيل من جهة اخرى. علاوة على ذلك فأن قلة محتوى (GA_3) نتيجة المعاملة بالرصاص قد عزز دور الاوكسين في تكوين الجذور العرضية حيث أشارت الدراسات الى ان الجبرلين يثبط تكوين الجذور في العقل (محمد ، ١٩٩١) . ومن باب آخر اشار Ross و Salisbury (١٩٨٥) الى ان المعاملة بالمعادن الثقيلة ومنها الرصاص تحفز تكوين هورمون الاثيلين (E) الذي يؤثر بشكل كبير في نمو الجذور والمجموع الخضري. ان هذا التأثير في استجابة تجذير عقل الماش الطرية تؤكده النتائج المعنوية من الناحية الاحصائية قيد الدراسة والتي تتمثل بمحتوى IAA في هايبوكوتيل العقل الطرية المعاملة بكلوريد الرصاص، حيث كشف شكل (٢) عن كمية من الاوكسين تساوي (١٣.٦٠١) ملي مولر مقارنة بعينة السيطرة (١١.٣١٦) ملي مولر، نستنتج من ذلك ان التوازن الهورموني الدقيق الناتج عن تحفيز تكوين هورمونات (E) , (ABA) , (Z) بسبب المعاملة بالرصاص، وقلة محتوى (GA_3) من جهة، وتكوين (IAA) في العقل الطرية المعاملة بكلوريد الرصاص قيد الدراسة من جهة اخرى، ربما شكل بيئة فسيولوجية ملائمة من خلال عمل (IAA) مع (Z) في تحفيز نشوء الجذور والبراعم الورقية في آن واحد.

ان المعاملة بالمعادن الثقيلة ومنها الرصاص تحفز الانزيمات النباتية المضادة للأكسدة مثل الأنزيمات الكابحة لأنواع الأوكسجين الفعالة (ROS) مثل انزيمات Catalases (CAT) و Superoxide dismutase (SOD) و Guaiacol peroxidases (GPX) او الكلوتاثيون Glutathione (Apel and Hirt, 2004)،

وتقليل مستوى الـ Lipid peroxidation، ويعتمد ذلك على طبيعة التركيز، وهذا ربما يعلل بدوره الزيادة في استجابة تجذير العقل الطرية . علاوة على ذلك، لوحظ زيادة تركيز المركبات الفينولية بوجود الرصاص التي تلعب دوراً مهماً في دفاع النبات ضد انواع مختلفة من الشد الحياتي واللاحياتي (Grace, 2005)، كما تقوم بتنظيم نمو وتكشف النبات من خلال التأثير على فعالية الهورمونات، وتعمل على تكييف بيئة الخلية النباتية وتنظيم المحتويات الازموزية، بالإضافة إلى تأثيرها في عملية التجذير في العقل (محمد، ١٩٨٥).

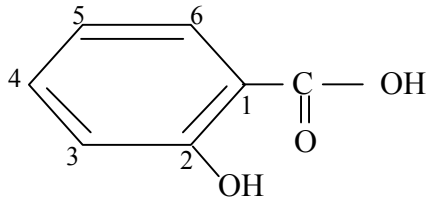
ان للأس الهيدروجيني دور مؤثر في عمل مضادات الاكسدة، والمركبات الفينولية والهرمونات النباتية وتيسر المعادن الثقيلة، فقد اشار Hatch وجماعته (١٩٨٨) الى ان تيسر المعادن الثقيلة ومنها الرصاص للجذور النباتية ينتظم بواسطة (١) الاس الهيدروجيني (pH) وبشكل خاص باستعمال المحاليل، حيث اشار الى ان المعادن الثقيلة تتفاعل على سطح الجذر او المجموع الخضري بتأثير الـ pH وتركيز الكالسيوم. (٢) الـ redox potential (Eh) فقد اشار Khalid وجماعته (١٩٨١) الى ان التغيرات في Eh تستطيع ان تؤثر في تجزئة المعادن الثقيلة من خلال الماء المذيب، وقابلية التبادل، وقابلية الاختزال، وقابلية استخلاص diethyl triamine peta acetic acid (DTPA) وأشكال التآصر العضوي، وان أي زيادة في الـ (Eh) من ٥٠-١٥٠ (mv) يؤدي الى قلة قابلية ابدال المعدن الثقيل، وزيادة في اشكال قابلية الاختزال. (٣) العوامل الفيزياوية والكيمياوية الاخرى (Campbell *et al.,* 1988).

ان انخفاض استجابة التجذير ومعدل اطوال الجذور في التراكيز العالية للمعاملات الطرية يعزى الى (١) التأثيرات السامة لعنصر الرصاص. (٢) التغايرات في الاس الهيدروجيني وجهد الاختزال والعوامل الكيمياوية والفيزياوية. (٣) حدوث خلل في التوازن الهرموني الدقيق.(٤) اضطرابات في توازن ايونات الخلية بسبب تحطم الغشاء الخلوي. (٥) تأثير الرصاص في المادة الوراثية. (٦) درجة تحمل النبات للعناصر الثقيلة. (٧) درجة تجميع النبات للعناصر الثقيلة. إذ اشارت الدراسات الى ان العناصر الثقيلة ومنها الرصاص تمارس تأثيرات سمية تحفز تكوين نواتج التلف التأكسدي المذكورة آنفاً. كما اظهرت دراسة اخرى زيادة مستوى radical superoxide anion في نبات البزاليا Pea (*Pisum sativum*) المعامل بالرصاص، مشيراً بذلك الى ظروف اجهاد تأكسدي، اذ وجد زيادة في فعاليات المكونات الانزيمية في النظام المضاد للاكسدة في اجزاء العصير الخلوي والمايتكوندريا والبيروكسيزومات المعزولة من خلايا الجذور (Malecka *et al.,* 2001). وقد اشار Piechalak وجماعته (٢٠٠٥) الى ان ايونات الرصاص pb^{+2} تسبب التنخر وتثبيط استطالة الجذور وقلة عدد الشعيرات الجذرية في نباتي البزاليا والفاصوليا.

من جهة اخرى فان التراكيز العالية للرصاص تحدث تغايراً في التوازن الهورموني يؤثر سلباً في بيئة النبات الفسيولوجية، مما يحدث خللاً في العمليات المؤدية الى النمو والتكشف. فقد وجد بعض الباحثين علاقة بين المعادن الثقيلة والهرمونات النباتية، وكما اشرنا آنفاً ان المعاملة بالتراكيز الواطئة والعالية من الرصاص زادت من محتوى (ABA) (Z), (E), وقللت من محتوى (GA3) في نبات الحمص، بينما كشفت دراستنا هذه عن انخفاض معنوي جداً في محتوى (IAA) في هايبوكويتل العقل الطرية المعاملة بالتراكيز العالية من الرصاص (٥٠٠) جزء بالمليون (٧.٣٧٩) ملي مولر مقارنة بعينة السيطرة d/w (١١.٣١٦) ملي مولر، وربما يعود ذلك الى زيادة مستوى IAA-oxidase، بالإضافة إلى عوامل الاجهاد التأكسدي الناتجة عن ظروف الشد بالمعدن الثقيل.

نستنتج من ذلك ان نبات الماش (*Phaseolus aureus* Rox b.) وهو نبات بقولي يتحمل تراكيز عالية من الرصاص وفق آليات مختلفة على اساس تجنبها او تحملها، وله القدرة على تجميع مستويات عالية من هذا العنصر، حيث اشارت الدراسات الى انخفاض معنوي في استطالة المجموع الجذري لنبات الماش بالتراكيز العالية للرصاص وعزي ذلك الى كون الجذور تمثل جزء النبات الذي يتعرض مباشرة الى التراكيز السامة للعنصر (الجبوري، ٢٠٠٨)، كما اشار Zengin و Munzuröglu (٢٠٠٤) الى ان الجذور تراكم عادة كميات كبيرة من المعدن اكثر من الاجزاء العليا في نبات الفاصوليا (*Phaseolus vulgaris* L.)، وان النبات طور ميكانيكيات متنوعة لتحمل اجهاد المعادن الثقيلة، واحداها تراكم المعدن الثقيل في الجذور وتقليل توزيعه (نقله) الى الساق، ان تراكم المعدن الثقيل في الجذور يؤدي الى تغيير في شكل وتشريح ونمو الجذور مقارنة بالأعضاء الأخرى، وان إعاقة المعدن لنمو الجذور والسيقان والأوراق تتم بميكانيكيات مختلفة تتغير تبعاً لتغير نوع النبات وظروف النمو.

تتباين المركبات الفينولية في قابليتها كمضادات للأكسدة، او قابليتها على الهدم التأكسدي وتفاعلاتها مع الفينولات الاخرى، والأحماض الامينية، والبروتينات، والايونات المعدنية، كما ان ثباتها لا يعتمد على الـ pH ومدة الخزن فقط، وإنما يعتمد كذلك على صيغها التركيبية، أي عدد الحلقات والمجاميع الهيدروكسيلية المكونة لها ومواقعها، بالإضافة إلى أشكالها المتأينة والرنينية. ان امكانية التجذير العالية للعقل المعاملة بـ (SA) من جهة وقابلية هذا الحامض في التخفيف من سمية الرصاص من جهة أخرى ربما يعزى الى (١) قابلية المركب الفينولي قيد الدراسة بصفته مضاد للأكسدة في توفير الحماية ضد انواع الشد الحياتي واللاحياتي من خلال قدرته على استيعاب الجذور الحرة لوجود تبادل الكتروني عالي، حيث يتميز هذا المركب بحامضية تمنحه صفة قوية لوجود مجموعة OH في الموقع ortho، وهذا الموقع دافع للالكترونات (أي منشط للحلقة)، ومن ثم تزداد الحامضية بزيادة الـ OH في الموقع Ortho ، مما يؤدي الى زيادة التبادل الالكتروني الفعال ليشمل مساحة الـ OH والحلقة والمجموعة الكاربوكسيلية (أي يكون تبادل الكتروني متجه نحو مجموعة OH المرتبطة بالحلقة)، مما يمنح المركب صفة مضاد للاكسدة لكونه ذو قدرة على اكتساح Scavenage اكبر للالكترونات المؤكسدة باحتوائها فترة اطول داخل الحلقة، وهذا يبرز من خلال استجابة التجذير العالية في العقل الطرية من جانب، والتخفيف من سمية الرصاص بتراكيزه العالية من جانب آخر.



Salicylic acid

(٢) التوازن الهرومونى الدقيق. حيث اشارت الدراسات الى ان دور (SA) بصفته مضاد للأكسدة يكمن في تحوير فعالية الانزيمات عن طريق التأثير في مستوى الاوكسين IAA (Karanov , *et.al.,* 1995) معززاً بذلك المحتوى الاوكسيني في منطقة نشوء الجذور، وهذا ما اكدته التقديرات الكمية للاوكسين (IAA) قيد الدراسة في هايبوكوتيل عقل الماش الطرية المعاملة بتركيز (٢٥) جزء بالمليون من (SA) حيث كشفت عن (١٤.٨٤٦) ملي مولر مقارنة بعينة السيطرة (١١.٣١٦) ملي مولر شكل (٢)، وقد اكدت ذلك بعض الدراسات حيث اشارت الى تأثير المركبات الفينولية في التفاعلات الانزيمية عن طريق تحوير بعض المغذيات المعدنية او مواد عضوية متنوعة او عن طريق التأثير في مستوى الكاينتين Kinetin او الاوكسين IAA ; (Karanov *et al.,*1995

(Letham *et al.,* 1978) كما وجد ان المعاملة بتركيز (٠.٠٠٥) ملي مولر من (SA) يزيد من مستوى انقسام الخلية في المرستيم القمي للجذور في بادرات الحنطة wheat. ولوحظ ان المعاملة بـ (SA) تسبب تجمع الـ ABA و IAA وتقلل التغير في مستوى الهورمونات النباتية (IAA، والسايتوكاينين) لبادرات الحنطة تحت الشد (Sakhabutdinova *et al.,* 2003)؛ حيث اشارت الدراسات الى تأثير (SA) في فعالية السايتوكاينين. ولوحظ ان السايتوكاينينات تحفز بناء الكلوروفيل (Dei, 1984). وان هناك علاقة بين مستوى السايتوكاينين الداخلي وقابلية انتاج الكلوروفيل(Fletcher and Poku, 1976).

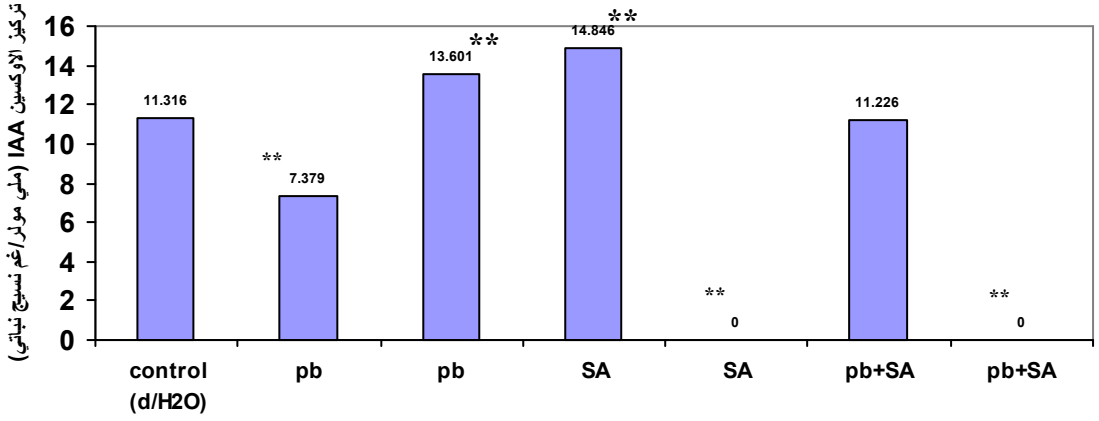
كما وجد ان (SA) يحدد امتصاص ونقل ايونات Na^+ و Cl^- ويزيد تراكم ونقل ايونات K^+ في الحنطة الصينية، واقترح بذلك ان (SA) يزيد التحمل الملحي في الحنطة (Zhang *et al.,* 1998). وفي دراسة اخرى وجد ان المعاملة بـ (SA)تحفز الزيادة في مستوى البروتينات الذائبة والبرولين في بادرات الشعير (El-Tayeb, 2005) واقترح اشتراك (SA) في الانظمة المختلفة لمقاومة الشد. وهذا بدوره يعلل الزيادة في استجابة تجذير العقل المجهدة بالتراكيز العالية للرصاص. حيث اشارت الدراسات الى ان النباتات النامية تحت الظروف الملحية تعاني من انعدام التوازن الايوني ونقص المغذيات وسمية الايون النوعية (Munns *et al.,* 2002 & 2005). مما يسبب توليد (ROS) التي تسبب التأثيرات السمية للنبات مثل الـ Lipid peroxidation وتحطم البروتين وطفرة DNA (Alscher *et al.,* 1997; McCord and Fridovich, 2000; Mittler, 2002) ، وللتغلب على نواتج الشد التأكسدي تنتزع النباتات (ROS) بواسطة الانزيمات المضادة للأكسدة مثل (SOD) و (APX) و (CAT) . حيث لوحظ ان معاملة نبات الحنطة بـ SA (المحفز لفعالية SOD) المعامل مسبقاً بتركيز ٠.٢٥ ملي مولر من الكالسيوم، فأن ايونات الكالسيوم تعمل على زيادة H_2O_2 الذي يحفز بدوره الانزيمات المضادة للأكسدة التي تسبب نقصان في (ROS) لأمد طويل (Chen and Li, 2001).

ان انخفاض معدلات استجابة التجذير وأطوال الجذور ومساحة الورقة في المعاملات الطرية ومعاملات التداخل بين الرصاص و (SA) في التراكيز العالية (جدول ٢ ، ٣) ربما يعزى الى التأثيرات السمية للتراكيز العالية للمركبات قيد الدراسة التي تؤثر في التوازن الهرموني والأيوني بالإضافة إلى التغاير في الاس الهيدروجيني، مما يخلق بيئة غير متوازنة من الناحية الفسيولوجية. حيث اشارت الدراسات الى ان المعاملة بالتراكيز العالية من SA لها تأثير تثبيطي على فلق الفجل المستأصلة، وقطع غمد الحنطة المستأصلة، ان التأثير التثبيطي على قطع غمد الحنطة المستأصلة يوضح ان (SA) يحث على اكسدة IAA (Letham *et al.,* 1978)، وبشكل مماثل فان التراكيز العالية من SA تحفز تحطم كلوروفيل (a+b) في اقراص ورقة الفجل وقطع ورقة الشعير. كما وجدت تأثيرات تثبيطية او سمية في معظم الدراسات على التراكيز العالية من (SA) . حيث وجد عدم تأثير (SA) على قطع الورقة المأخوذة من الشعير barley، وبطريقة مماثلة لا يمتلك تأثير محفز للنمو او استطالة غمد الحنطة wheat . فضلاً عن ذلك لوحظ ان معاملة اقراص ورقة البنجر(*Beta vulgaris*) بـ SA من الخارج وبتركيز (١٠-٢٠٠) مايكرومولر ثبطت امتصاص السكر والحامض الاميني، كنتيجة لتعمير النسيج (Canakci and Munzurõglu, 2009).

كما اجريت دراسة على اقراص مأخوذة من الاوراق الاولية لنبات (*Phaseolus vulgaris* L.) بعمر شهر واحد، ووجد انخفاض كمية الكلوروفيل والبروتين، بينما انخفاض الوزن الطري يتوازى مع الارتفاع في تركيز الـ (SA) (Canakcy, 2003). وهذا بدوره يعزز نتائج التقدير الكمي للاوكسين IAA في العقل المعاملة بالتراكيز العالية من المركبات قيد الدراسة، حيث كشفت النتائج عن

كمية من IAA تساوي (٧.٣٧٩، ٠) ملي مولر في هايبوكوتيل العقل الطرية المعاملة بتركيز (٥٠٠) جزء بالمليون وبأس هيدروجيني (٤.٧ و ٢.٩) من الرصاص و (SA) على التوالي مقارنة بعينة السيطرة (١١.٣١٦) ملي مولر وعن كمية تساوي (٠) ملي مولر في هايبوكوتيل معاملات التداخل (٥٠٠، pb, 500+ SA) جزء بالمليون وبأس هيدروجيني (٢.٨). وقد اقترنت هذه النتائج بموت العقل بالتراكيز العالية من (SA) ومما يؤكد ذلك ايضاً ما اشار اليه Letham وجماعته (١٩٧٨) و Karanov وجماعته (١٩٩٥) ، الى ان المشتقات الفينولية تثبط استطالة بعض قطع الغمد لنبات الشعير barley (*Hordeum vulgarel* L.) في التراكيز العالية، وتحفزه في التراكيز الواطئة، وان هذان التأثيران المباشران للمشتقات الفينولية على استطالة قطع الغمد تتوضح عن طريق تأثيرها في ايض الاوكسين IAA.

يستنتج مما تقدم وبشكل عام ان عمليات الشد بتأثير العناصر الثقيلة في النباتات ما هي إلا نتيجة للعمليات التأكسدية التي تحدث في الجسم النباتي او العقل خلال فترة الشد بالمعدن الثقيل مسببة انخفاض استجابة التجذير في عقل الماش المعرضة للشد بالرصاص. ومع ذلك فأن المركبات الفينولية ومنها حامض السلسليك هي عوامل مضادة للأكسدة تعمل ككوابح داخلية للجذور الحرة وتقليل تأثيرات نواتج عمليات الاكسدة، وباستطاعتها اكتساح الالكترونات من خلال حصول تعاقب الكتروني لها في الجزئية الفينولية. وتختلف تأثيراتها تبعاً لاختلاف (أ) وجودها في المحاليل النباتية (حرة او مرتبطة) (ب) مساحة التعاقب الالكتروني (ج) قيمة الاس الهيدروجيني. (د) عدد ومواقع المجاميع المعوضة. (هـ) الحالة الغذائية للعقل والنباتات الام. (و) التوازن الهورموني). (ز) الفعل التعاضدي بين المركبات الفينولية و IAA. (هـ) اشكالها التأينية والرنينية، ومع ذلك فأن العوامل الملائمة اعلاه قد تعود الى خفض العمليات التأكسدية التي تحدث خلال عمليات الشد، من خلال اكتساح الالكترونات الحرة المسببة للأكسدة خلال نظام التعاقب الالكتروني لذلك تسبب ارتفاع استجابة التجذير في عقل الماش المعرضة للشد قيد الدراسة.



شكل (٢) المحتوى الاوكسيني IAA(ملي مولر/غم نسيج نباتي) لهايبوكوتيل عقل الماش الطرية المعاملة بمحلول $pbCl_2$ بتركيز (٥٠٠ و ١٠٠ جزء بالمليون) و SA بتركيز (٢٥ و ٥٠٠ جزء بالمليون) وتوليفاتهما (pb500+SA،٠.١ جزء بالمليون) و (pb500+SA,500 جزء بالمليون) وبأس هيدروجيني (4.7، 5.5، ٣.٩، ٢.٩، 5.6، 2.8) على التوالي.

قيمة L.S.D على مستوى احتمالية ٠.٠٥ = (٠.٩٢١) وعلى مستوى احتمالية ٠.٠١ = (١.٤٥٧)

**A تأثير ايجابي معنوي على مستوى احتمالية (٠.٠١)

A** تأثير سلبي معنوي على مستوى احتمالية (٠.٠١)

المصادر

الجبوري، رحاب عيدان، ٢٠٠٨. تأثير عنصري الرصاص والنيكل في تركيب الانسجة وبعض المؤشرات البايولوجية في نباتي الماش (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) والذرة (*Zea mays* L.). اطروحة دكتوراه– كلية العلوم–جامعة بابل.

محمد، عبد العظيم كاظم. ١٩٨٥. علم فسلجة النبات. الجزء الثاني، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة الموصل، مديرية دار الكتب للطباعة والنشر.

محمد، عبد العظيم كاظم، واليونس، مؤيد احمد. ١٩٩١. اساسيات فسيولوجيا النبات. ثلاثة اجزاء، جامعة بغداد، دار الحكمة للطباعة والنشر.

References

Aberg, B., 1981. Plant growth regulators XLI. Monosubstituted benzoicacid *Swedish J. Agric. Res*., 11: 93-105.

Almagro, L., Gomez, L.V.; Navarro, S.B., Barcelo A.R., and Pedreno M.A. 2009. Class III peroxidase in plant defence reactions. *J.Exp. Bot.,* 60:377-390.

Alscher, R.G., J. Donahue and L.L. Cramer, 1997. Reactive oxygen species and antioxidants: relationships in green cells. *Physiol. Plant.* 100: 224-233.

Apel , K., Hirt , H., (2004). Reactive Oxygen species : metabolism , oxidative stress and signal transduction . *Annu . Plant Biol*. 55 , 373 – 399 .

Aravind, P., Prasad, M.N.V., 2005. Modulation of cadmium-induced oxidative stress in *Geratophylum demersum* by zinc involves ascorbate-gultathione cycle and glutathione metabolism. *Plant physiol. Biochem*. 43, 107-116.

Atici, O; Agar, G. and Battal, P. 2005. Changes in phytohormone contents in chickpea seeds germinating under lead or zinc stress. *Biologia Platarum*, 49(2): 215-222.

Barkosky, R.R. and F.A. Einhelling, 1993. Effect of salicylic acid on plant water relationship *J. Chem. Ecol.* 19: 237-247.

Basra, S.M.A., Farooq M., Rehman H. and Saleem B.A. 2007. Improving the germination and early seedling growth in melon (*Cucumis melo* L.) by pre-sowing salicylicate treatments. *Int J. Agric. Biol*., 9: 550-554.

Becerril, J.M., C. Gonzalez-Murua, A. Munoz-Rucda, and M.R. De Felipe 1989, *Plant physiol. Biochem*., 27, 913-918.

Breckle, S.-W. and H. Kahle 1992, *Vegetatio*, 101, 43-53.

Campbell, P.G.C., A.G. Lewis, P.M. Chapman, A.A. Crowder, W.K. Fletcher, B./ Imber, S.N. Luoma, P.M. Stokes, and M. Winfrey, 1988. Biologically available metals in sediments. *National Research Council, Canada.* No. 27694. *Assoe. Comm. Sci. Criteria for Environ. Qual*., P. 298.

Canakci, S. and O. Munzuroglu, 2009. Effects of salicylic acid on growth and chlorophyll destruction of some plant tissues. *World Journal of Agricultural Sciences* 5(5): 577-581, 2009.

Canakcy, S., 2003. Effect of acetyl salicylic acid on fresh weight, pigment and protein content of bean leaf discs (*Phaseolus vulgaris* L.), *Acta Biologica Hungarica*, 54(3-4): 385-391.

El-Tayeb, M.A., 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regul*., 45: 215-224.

Fletcher, R.A. and J.A.G. Poku, 1976. Cytokinins in relation to chlorophyll productiom in ageing cotyledons. *In Ninth International conference on Plant Growth Substances* (P.E. Pilet, Ed.) *Lausanne*. Pp:98-100.

Grace, S.C., 2005. Phenolics as antioxidants. In: Smirnoff, N. (Ed.), Antioxidants and reactive oxygen species in plants. *Blackwell Publishing Ltd.,* pp. 141-168.

Groten, J.P. and P.J. Vanbladeren 1994, *Trends Food Sci. Technol.* 5, 50-55.

Harper, J.P. and N.E. Balke, 1981. Characterization of inhibition of K+ absorption in oat roots by salicylic acid. *Plant physol.,* 68: 1349-1353.

Hatch, D.J., L.H.P., Jones, and R.G. Burau 1988, *Plant soil Bot.* 105, 121-126.

Hess, C.E. 1961. The mung bean bioassay for detection of root promoting substances. *Plant Physiol*., 36: Suppl. 21.

Karanov, E., L. Iliev, V. Alexieva, Ts. G. Georgiev, N.T. Thang and L. Natova, 1995. Synthesis and Plant Growth Regulating. Activity of some noval 2-methoxy-4-(1-or-2-propenyl)-6-substituted phenols, *Bulg. J. Plant Physiol*. 2(4): 39-47.

Khalid, R.A., R.P. Gambrell and W.H. Patrick, Jr. 1981, *J. Environ. Qual,* 10, 523-528.

Khan, W., B. Prithiviraj and D. Smith 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *J. Plant Physiol.* 160: 485-492.

Kimbrough, D.E., Chohen, Y., Winer, A.M., Creelman, L., mabuni, C., 1999. A critical assessment of chromium in the environment . *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol*. 29, 1-46.

Larque-Saavedera, A., 1979. Stomatal closur in response to acetyl salicylic acid treatment. *Z. Pflannzenphysiol.,* 93: 371-375.

Lethmam, D., P. Goodwin and T. Higgins (Eds.), 1978. Phytohormones and Related compounds-A comprehensive treatise. *Elsevier/Nord-Holland Biomedical Pres, Vol. 1 and 2, Amstredam-Oxford-New York.*

Malecka, A.; Jarmuszkiewiez, W. and Tomaszewska, B. 2001. Antioxidative Defense to lead stress in Subcellular compartments of Pea Root Cells. *Acta Biochimica Polonica* 43(3): 687-69.

McCord, J.M. and I. Fridovich, 2000. Superoxide dismutase. An enzymic function for erythrocuprein (hemo cuprein). *J. Bio. Chem*., 244: 6049-6055.

Middleton, W., Jarvis, B.C., and Booth, A. 1978a. The boron requirement for root development in stem cuttings of *Phoseolus aureus* Roxb. *New Phytol*., 81: 287-297.

Mittler, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends Plants Sci*., 7: 405-410.

Munns, R. 2005. Genes and Salt tolerance: bringing them together. *New Phytol*. 167: 645-663.

Munns, R., S. Husain, A.R. Rivelli, R.A. James, A.G. Condon. M.P. Lindsay, E.S. Lagudah, D.P. Schachtman and R.A. Hare 2002. Avenues for increasing salt tolerance of crops and the role of physiologically-based selection traits. *Plant Soil*, 247: 93-105.

Park, S.W., P.P.; Liu, F. Forouhar, A.C. Vlot, L. Tong and F. Klessig, 2009. Use of a synthetic salicylic acid analog to investigate the roles of methyl salicylate and its esterases in plant disease resistance. *J. Biol*. Chem., 284: 7307-7317.

Piechalak, A.; Malecka, A.; Wasinkiewicz, K.; Kozka, M.; Baralkiewicz, D. & Tomaszewska, B. 2005. The Tolerance of Lead in the Environment by Pisum sativum & Phaseolus vulgaris plants. *Biological Lett., 42(2): 189.*

Plieninger, H., Muller, W. and Weinerth, K. 1964. Indol-α-pyrone and indole-α-pyridone. *Chemissche Berichte*, 97, 667-81.

Raskin, I., 1992. Role of salicylic acid in plant. *Annul. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol*., 43:439-463.

Ross, S.M. (Ed.) 1994. Toxic metals in soil plant systems. *Wiley Chichester UK*, 469pp.

Sakhabutdinova, A.R., D.R. Fatkhutdinova, M.V. Bezrukova and F.M. Shakirova, 2003. Salicylic acid prevents the damaging action of stress facors on wheat plants. *Bulg. J. Plant Physiol., Special Issue*, pp: 314-319.

Salisbury, F.B. and Ross, C.W. 1985. *Plant Physiology 3rd. edition wadsworth publishing company . Belmont, California*.

Shaheed, A.I. 1987. The control of adventitious root development in cutting of *Phaseolus aureus Roxb. Ph. D. Thesis*., *University of Shefield, U.K*.

Spiegle, M.R. 1975. Theory and problems of probability statistic schaums outline series in mathematic. *McGraw Hill Books Company, New York*.

Stickler, F.C., S. Wearden and A.W. Pauli 1961. Leaf area determination in grain sorghum. *Agron* J. 53: 187-188.

Stoessl, A. and Venis, M.A. 1970. Dtermination of submicrogram levels of indole-3-acetic acid, A new, highly specific method. *Anal. B iochem*. 34: 344-51.

Vasquez, M.D., Poschchenrieder, C., Barcelo., J., 1987. Chromium VI induced structural and ultrastructural changes in bush plants, (*Phaseolus rulgaris* L.) . *Ann. Bot.* 59, 427-438 .

Zengin, F.K. and Munzroglu, O. 2004. Effects of lead (pb^{+2}) and Copper (Cu^{+2}) on the growth of root, shoot, and leaf of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Seddlings. G.U. *Journal of Science*. 17(3): 1-10.

Zhang, S.G., J.Y. Gao and J.Z. Song, 1998. The effects of salicylic acid and asprine on the Na^+, K^+ and Cl^- contents and distribution in the wheat seedlings under salinity stress, *Beijing Agric. Sci*, 16: 1-5.