The change of IAA concentrations accompanied with the role of Zn in removing B toxicity in different plant species different in their tolerance to B

تغير تراكيز اندول حامض الخليك المصاحب لدور الزنك في ازالة سمية البورون في انواع نباتية مختلفة في تحملها للبورون

خالد علي حسين عبدالله ابراهيم شهيد عبد عون هاشم علوان
جامعة كربلاء/ كلية العلوم جامعة بابل/ كلية العلوم جامعة كربلاء/كلية العلوم
مستل من اطروحة دكتوراه للباحث الاول

المستخلص :-

أجريت هذه الدراسة التغيرات في مستويات اندول حامض الخليك المصاحبة لدور الزنك في ازالة سمية البورون في انواع نباتية مختلفة في تحملها للبورون الماش (حساس) و الخيار (معتدل التحمل) و الطماطة (متحمل) واظهرت النتائج الاتي :-

سبب التركيز السام من البورون انخفاضا معنويا لمستويات اندول حامض الخليك وزيادة معنوية لفعالية أنزيم IAA Oxidase وعند المعالجة بكبريتات الزنك فان الزنك سبب ارتفاع مستوى IAA وانخفاض معنوي بفعالية أنزيم IAA Oxidase والتي لم تختلف من الناحية الاحصائية عن معاملة السيطرة . ان تركيز الزنك الابتدائي في عقل الانواع النباتية الثلاث له علاقة بقابلية النباتات على التحمل وكان التركيز الاعلى في الطماطة ويلية الخيار ثم الماش . كما ان التركيز السام من البورون خفض وبشكل معنوي تركيز الزنك في اجزاء عقل الانواع الثلاث والمعالجة بالزنك اذ سبب رفع تركيز الزنك في عقل الانواع الثلاث الى تراكيز لا تختلف احصائيا عن تراكيز عقل السيطرة وفي اجزائها ، المستوى السام من البورون سبب زيادة في تركيز البورون في جميع أجزاء عقل النباتات المدروسة وتنخفض جميع قيم البورون في الاجزاء الثلاث الى ما يقارب قيمتها الابتدائية بعد المعالجة بكبريتات الزنك . ان ميكانيكية التحمل التي يبديها النبات للتركيز السام من البورون هي زيادة اخذ الزنك وتقليل اخذ البورون .

Abstract :

This study was conducted to study the change levels of IAA content accompanied with Zn in removing B toxicity in different plant species that are different in their tolerance to B toxicity namely : mung bean (sensitive) , cucumber (moderately tolerant) and tomato (tolerant). Results revealed that , the toxic level of B caused reduction of IAA levels and a significant increase in IAA - oxidase activity . When Zinc sulphate was added ,Zn caused an increase in IAA level and a decrease in IAA oxidase activity which was not significantly different form the control. The initial concentration of Zn in plants cuttings was related to their ability to the tolerance .The highest concentration was found in Tomato followed by Cucumber and Mung bean .The toxic level of B markedly reduced Zn concentration in the parts of plants cuttings .Treating these cuttings with Zn increased Zn concentration to levels that are not statistically different from that in the control cuttings .The toxic conc. of B increased B level in all parts of cuttings but B levels values were decreased down to its initial conc. when Zn was added .The tolerance mechanism of plant to toxic levels of B is increasing the uptake of Zn and decreasing the uptake of B.

المقدمة :-

يُعد البورون من المغذيات الصغرى الاساسية لنمو وتكشف النبات [1] ولكن وجوده بتراكيز عالية يكون ساما للنبات، وعلى نحو اخر فالمدى بين النقص والسمية ضيق جيدا [2]. وكما هو معروف ولفترة طويلة فان التركيز المثالي للنوع النباتي يمكن ان يكون سام او غير كافي لنوع نباتي اخر [3] . فضلا عن ان سمية البورون تحصل بسبب التركيز الزائد والذي يحدث طبيعيا من تجوية المعادن الغنية بالبورون او من البراكين او نتيجة الري الغزير بمياة غنية بالبورون او من مياة الامطار الغاسلة لمخلفات التعدين او من مياه البحر او من تبخر المياه الجوفية الواصلة الى سطح التربة [4] . وهذه المستويات العالية من البورون وجدت في كل من العراق ، سوريا ، الاردن ، ألمغرب تركيا ، شيلي ،كاليفورنيا وجنوب استراليا [5] . وبما ان النباتات تتعرض الى انواع مختلفة من الأجهادات مثل سمية البورون فالنباتات لديها ميكانيكيات دفاعية مختلفة والتي من خلالها تكون قادرة على حفظ التوازن والبقاء في ظروف الاجهاد (سمية البورون) وهذا يحصل نتيجة الخصائص الوراثية للانواع النباتية لتحمل مستويات

عالية من البورون و/او استبعاد البورون [6,7] . تعد الهورمونات النباتية رسل كيمائية تنتج في احد اجزاء النبات وتنقل الى اجزاء النبات الاخرى حيث تقوم بتنظيم استجابات النبات الى الاجهادات وفي تراكيز واطئة جدا . على الرغم من ان المعلومات قليلة على مايبدو حول العلاقة بين الاوكسين والاجهاد الملحي وكذلك دور الاوكسين في تخفيف الاجهاد [8]). الا ان التغيرات في محتوى IAA تحت ظروف الاجهاد تبدو مشابهة الى ABA [9] . كما ان نمو النبات تحت ظروف الاجهاد يحصل نتيجة لتغير الموازنة الهرمونية وعلى هذا الاساس فان التجهيز الخارجي يزيد التحمل للاجهاد . وعلى أي حال فقد ذكر Nilsen وOrcutt [10] بان NaCl يسبب انخفاضاً معنوياً في تركيز IAA في اوراق الرز بعد التعرض لمدة خمسة ايام للاجهاد الملحي . كما ان الملوحة تسببت في اختزال (75%) في مستوى IAA في اوراق الطماطة [11] .والاوكسين يجب ان ينظم تركيزه في النبات لكي يقلل التاثيرات البيئية على النمو وهذه التاثيرات مرتبطة مع كمية الاوكسين لقدح مسارات الاشارة فيما يتعلق بنوع الرد [12]. والعلاقة بين المغذيات ومنظمات النمو النباتية مهمة لنمو وتكشف النبات تحت الظروف البيئية الطبيعية والمتطرفة [13] حيث ان منظمات النمو تلعب دورا مهما في تخفيف الاجهاد في نباتات مختلفة [14] . يُعد الزنك مهم لقدرته في التاثير في مستويات الاوكسين (IAA) والذي عرف بانه Co- enzyme لانتاج الحامض الاميني التربتوفان (البادي لتخليق IAA [15] . والزيادة الحاصلة في مستويات الاوكسين الناتجة من اضافة الزنك تحسن نمو الجذور والذي بدوره يحسن نمو وتحمل النباتات لاجهاد الجفاف . ومن المحتمل ان تعرقل الوظفية الطبيعية لل IAA في ظروف اجهاد البورون السام ،وان الحفاظ على مستويات IAA يعطي صفة التحمل تحت ظروف الاجهاد .

علاوة على ما تقدم ، فان الزنك يلعب دوراً مهماً في تحمل الاجهادات البيئية من خلال حث دفاعات مضادات الاكسدة الانزيمية واللا أنزيمية [16] . ويختزل اكسدة الدهون للاغشية السايتوبلازمية تحت ظروف الاجهاد [17] كما ان الزنك يوثر في جاهزية واخذ البورون من قبل النبات [18] ، ويشجع اخذ المغذيات وتراكيزها في الانسجة التي هي مهمة لنمو وتكشف النبات . وحسب معرفتنا تعد هذه اول دراسة مرتبطة بتغيرات IAA واستجابة نباتات مختلفة في حساسيتها لاجهادات البورون فضلا عن انها تظهر الميكانيكية الداخلية المتعلقة بمستويات IAA لتحمل سمية البورون .

المواد وطرائق العمل :-

استخدمت بذور الماش (*Phaseolus aureus* Roxb والخيار(*Cucumis sativus* L.) والطماطة *lycopersicum* (esculentin mill) وتم زراعتها بعد نقعها بماء الحنفية الجاري لمدة 12 ساعة ليلا وزرعت على نشارة الخشب باستخدام محلول هوكلاند بنصف القوه في غرفة النمو والتي تمتاز بظروف قياسية أضاءة مستمرة وبشدة 1800-1600 لوكس ودرجة حرارة 25±1°C ورطوبة نسبية 60-70% وأضيف محلول Hoagland حسب الحاجة وهيئت العقل من بادرات متماثلة بعمر عشرة ايام (الماش والخيار) وعشرون يوم (الطماطة) حسب طريقة Hess [19] . حضرت التراكيز السامة من البورون لكل من الماش والخيار والطماطة (200، 300 ، 400) مايكروغرام / مل على التوالي ، وحضر التراكيز المناسب من كبريتات الزنك لازالة سمية البورون في الماش والخيار والطماطة (15ppm ،10ppmو 15ppm) على التوالي (16) لمعالجة سمية البورون . وعوملت عقل النباتات لمدة 24 ساعة بالماء المقطر او بالبورون السام اما معاملة المعالجة تمت من خلال تعريض العقل لمدة 12 ساعة بالبورون السام ثم نقلت الى التركيز المناسب من كبريتات الزنك ولمدة 12 ساعة أخرى . ثم اخذت الاوراق الاولية للعقل لتقدير IAA وفعالية أنزيم IAA Oxidase وقدرZn و B في اجزاء العقل (الاوراق الاولية ، الهايبوكتل و الابيكوتل) .

تقدير هرمون الاوكسين Estimation of auxin Hormone

قدر هرمون الاوكسين بحسب طريقة [20]Unyayar, et al) الواردة في Ergon ,et al [21] .

تقدير فعالية انزيم IAAO حسب طريقة Sequeria and Nineo [22] الواردة في [23].

تقدير الزنك : Determination of Znic :ثم قياس ال Zn باستخدام جهاز مطياف الامتصاص الذري Atomic absorption spectrophotometer وحسب ما ورد في Page [24] .

تقدير البورون : Determination of boron

قدرالبورون حسب طريقة Hatcher و Wilcor [25] .

النتائج والمناقشة :-

يشير الجدول (1) الى أن المحتوى الابتدائي (initial amount) للاوكسين (IAA) في عقل الانواع الحساسة للبورون كالماش كان الاوطا (1.64) مايكروغرام/غم وزن طري ,بينما في الخيار والطماطة كان (5.13 و 4.68) مايكروغرام/غم على التوالي وبنسبة زيادة تساوي (212.8 و 185.3) % عن قيم IAA في الماش . وبعبارة اخرى فان IAA يزداد في العقل المتحملة (الطماطة) و المعتدلة التحمل (الخيار) الى مايعادل 200% بشكل عام عن مستواه في العقل الحساسة (الماش) .

أن التنظيم المباشر لمحتوى الاوكسين في النبات ضروري لنمو وتكشف النبات وكذلك الاستجابة الى المحفزات البيئية وعلى هذا الاساس هنالك اليتان تعتمدان على محتوى IAA هي الايض (التخليق الحيوي ، الاقتران و التحطيم) والنقل ضمن وبين الخلايا [26] .حيث ان مستويات منظمات النمو تلعب دوراً مهماً في تخفيف الاجهاد في نباتات مختلفة [14] منها ما اشار اليه Akbariوجماعته [27] من ان اضافة الاوكسين تزيد طول ووزن Hypocotyl, والوزن الطري والجاف لبادرات الحنطة تحت الملوحة . كما ان الميكانيكية الحقيقية للاوكسين هي انه يحفز استنساخ جينات عديدة والتي تعرف auxin – responsive genes أذ حددت ووصفت في انواع نباتية مثل فول الصويا soybean و*Arabidopsis* والرز [28] . وان تحديد هذه الجينات التي تشارك في الاستجابة الى الاجهاد وفر قاعدة بحثية في مجال الهندسة الوراثية لتحسين تحمل النبات ضد الاجهادات [29].

وتحت ظروف سمية البورون ، انخفض محتوى IAA في جميع الانواع النباتية قيد الدراسة، حيث كانت % للانخفاض في الانواع الحساسة (كالماش) عالية جدا % 57.8 , بينما تدرج الانخفاض الى (41%) في الخيار والى (38.5%)في الطماطة (جدول 1). وبعبارة اخرى فان الانخفاض يقل مع زيادة تحمل الانواع للبورون أي من الماش باتجاه الخيار ثم الطماطة (أي من الحساس ← معتدل التحمل ← المتحمل) . أن هذا يتفق مع ماتوصل اليه Shaheed وجماعتة [16] من ان استجابة التجذير في العقل تزداد مع زيادة معامل التحمل Tolerance index للبورون في نفس الانواع الثلاث أعلاه مما اكد أولوية IAA في سيطرتها على تكشف الجذور العرضية في العقل [30] .

علاوة على ما تقدم ، فان زيادة مستويات البورون المضافة الى وسط نمو بادرات الحنطة نتج عنه انخفاضا معنويا في مستوى IAA في البادرات [31] وجاءت النتائج متفقة مع [32] . حيث أشارا الى ان محتوى IAA في اوراق نبات زهرة الشمس (*Helianthus annuus* L.) انخفض في ظروف اجهاد البورون مقارنة بنباتات السيطرة وهذا الانخفاض يعتمد على فعالية انزيم IAA oxidase [33] , وان فعالية انزيم IAAO قد ازدادت عند معاملة كل من الماش والخيار والطماطة بالبورون السام جدول (2) .حيث وجد Nilsen و Orcutt [10] ان الملوحة تسبب انخفاضا معنويا في مستوى IAA في اوراق نبات الرز وكذلك الحال في الطماطة [11] . هذا ومن جانب أخر فان السيطرة على سمية البورون كطريقة وقائية وذلك بتجهيز كبريتات الزنك قبل ال B ، قد بينت أن محتوى ال IAA قد ارتفع في عقل جميع الانواع النباتية ليس الى مستواه في العقل غير المجهزة بل تعدى ذلك في بعض العقل وخصوصا في الماش. وبهذا نستطيع القول ان الزنك قد تسبب في ازالة سمية البورون بدلالة زيادة مستوى IAA .أن الزيادة الاخيرة لل IAA قد تكون بسبب نقصان فعالية أنزيم IAAO [34] . ولتخفيف الضرر التاكسدي على الأغشية الحيوية تحت ظروف الإجهاد الملحي فان الزنك يعمل ككاسح لانواع الاوكسجين الفعالة ROS المتولدة بسبب اجهاد البورون ويعقيق أنتاجها من خلال تفاعلات (Haber-Weiss) وان التجهيز الكافي من الزنك يمنع اخذ وتراكم الايونات السامة في الجزء الخضري من خلال اصلاح الغشاء البلازمي [35] ، كما وان الزنك يستحث نمو النبات من خلال دوره في التخليق الحيوي للحامض الاميني التربتوفان (البادي لتخليق الاوكسين [36] وهذا ينعكس على زيادة مستوى IAA . وبالاعتماد على محتوى الزنك فان فعالية نظام مضادات الأكسدة الإنزيمية مثل SOD ، APX و GR واللا إنزيمية مثل ASA و GSH تقل بانخفاض مستويات الزنك [37,38] ، كما ان نتائج دراسة Wang وجماعتة ([39] اشارت الى ان الهورمونات النباتية تلعب دور حاسم في استجابة النبات الى الملوحة ، وتتفق مع نتائج دراستنا ضمن المفهوم العام بان الاستجابة لل IAA والسيطرة على حصة المنتج الخضري وأدائه تطيل البقاء والتاقلم لظروف الاجهاد .

يشير الجدول (2) الى أن فعالية IAA- oxidase الأبتدائية Initial هي الاعلى قيمة في الانواع الحساسة وغير المعرضة لاجهاد البورون (كالماش) بينما انخفضت في الانواع معتدلة التحمل (كالخيار) بنسبة 39.3% والانواع المتحملة (كالطماطة) بنسبة 34.5% على التوالي عن فعاليتها في الماش باعتبار الاخيرة 100% . أن هذه النتائج تتناغم مع محتوى IAA في الماش وزيادته في الخيار والطماطة (الجدول 1) . وبعبارة أخرى فان IAA يزداد في الانواع معتدلة التحمل /المتحملة مقابل أنخفاض في فعالية IAA- oxidase والعكس صحيح أي يقل IAA في الانواع الحساسة كالماش نتيجة زيادة فعالية IAA -oxidase المسؤلة عن تحطيم الزيادة بهدف الحفاظ على المستويات الفسلجية لل IAA لتنظيم النمو بشكل دقيق .

هذا ومن جانب أخر، فان تعريض الانواع الثلاث لاجهاد البورون قد تسبب في رفع فعالية IAA-O بحدود78.8% (في الماش)،49.6 % (في الخيار)و12.6%(في الطماطة)عن السيطرة لكل نوع من الانواع الثلاث أعلاه.وتتفق مع Bybordi وجماعة[40] حيث بينوا بان الملوحة 200mM سببت انخفاضا في فعالية انزيم IAA –oxidase في بادرات السلجم (canola) .

أما المعالجة ب ZnSO4 فقد خفض من فعالية الانزيم الى وضعه الطبيعي كما في السيطرة أو دون ذلك في الانواع الثلاث وبهذا يكون لل Zn دورا واضحا في السيطرة على سمية البورون بدلالة فعالية أنزيم IAA –oxidase والتي تنعكس على المحتوى الاوكسيني IAA وبالتالي في أستجابة التجذير .

تشير الجداول (3 و 4 و5) الى محتوى أجزاء عقل الانواع الثلاث من ال Zn والتغير الحاصل بها عند تعرض العقل لاجهاد ال B وكذلك المعالجة بكبريتات الزنك . حيث بين الجدول (3) أن المحتوى الابتدائي (initial amount) لل Zn في الانواع الحساسة كالماش كان الاوطا في اي جزء من اجزاء العقل (كا الاوراق ,الابيكوتيل او الهيبوكوتيل) على انفراد (13.42 و8.5 و 8.61) ملغم/كغم وزن جاف على التوالي او في العقلة كاملة 10.27 ملغم/كغم مقارنة بمحتوى ال Zn في أجزاء عقل الخيار ,الطماطة على انفراد أيضا او في العقلة كاملة (جدول 4 و 5) . أي بعبارة أخرى ان Zn يزداد مع زيادة معامل التحمل عبر الانواع ذات التحمل المعتدل (كالخيار) وصولا الى الانواع المتحملة (كالطماطة) (أي ان الميكانيكية المطلوب الاشارة اليها في هذه الدراسة هي ان تحمل سمية ال B معتمدا على محتوى الZn في العقل وتوزيعه في أجزائها).

وبالاعتماد على محتوى الزنك فان نظام مضادات الأكسدة الإنزيمية مثل (SOD ، APX و GR) و اللا إنزيمية (ASA و GSH) تقل بانخفاض مستويات الزنك [37,38] كما تتفق مع Rajai وجماعته [41] الذين اشاروا الى ان بادرات الليمون منقوصة الزنك تكون أكثر حساسية لسمية البورون من البادرات المجهزة بكميات كافية منه .كذلك تتفق مع Swietikle و Ludall [42] حيث لاحظا ان زيادة الزنك في اوراق Grapefruit يخفف اعراض سمية البورون وفي دراسة أخرى ل Swietikle [43] بين فيها ان سمية البورون تكون شديدة في بادرات النارنج منقوصة الزنك . فضلا عن كون البادرات البازغة من بذور قليلة الزنك تكون حساسة الى الاجهادات البيئية abiotic stresses والاجهادات الحيوية biotic stresses [44] .

كما بين الجدول (3) ان تعرض عقل الماش الى اجهادات ال B قد خفض قيم ال Zn الى 8.79 و 5.42 و 5.09 ملغم /كغم في اجزاء العقلة أعلاه وبنسبة انخفاض (34.5 و 36.3 و 40.9) % مقارنة بالسيطرة لكل جزء من العقلة. وبصدد معالجة العقل من سمية البورون فان تجهيز ZnSO4 قد رفع مستوى Zn الى قيم تساوت عندها مع قيم السيطرة لجميع أجزاء العقلة أعلاه من الناحية المعنوية ,وبهذا يكون الزنك قد ساهم في ازالة سمية البورون كليا مما يتفق مع Shaheed وجماعتة [16] من خلال

عدد الجذور العرضية المتكشفة فضلا عن اختفاء الاعراض المورفولوجية الملازمة لمعاملة العقل بالتركيز السام من البورون لكل من الماش والخيار والطماطة على حد سواء وكذلك يتفق مع Gunes وجماعته [45] من خلال زيادة فعالية الانزيمات المضادات للاكسدة .

كما بين الجدول(4) ان المحتوى الابتدائي من الزنك في الانواع معتدلة التحمل (كالخيار) كان اعلى من قيمه في عقل الماش. حيث كانت القيم في الاوراق والابيكوتيل والهيبوكوتيل هي (28.32و21.71 و25.35) ملغم/كغم على التوالي وفي العقلة كاملة 75.38 ملغم /كغم علما بان الزيادة في الاوراق تساوي 111% من قيمتها في الماش على سبيل المثال .

ان تعرض عقل الخيار الى اجهادات البورون قد تسبب فى انخفاض قيم الزنك في جميع أجزاء العقلة اعلاه الى (17.76 و15.38 و 16.25) ملغم / كغم على التوالي بنسبة انخفاض (37.3 و 35.9 و 29.7) % عن السيطرة لكل جزء بينما كان الانخفاض في العقلة كاملة (49.39 ملغم/كغم) وبنسبة 34.6 % مقارنة بالسيطرة .

ومن جانب أخر كان تجهيز كبريتات الزنك كطريقة علاجية لسمية البورون تسببت في ارتفاع قيم الزنك كمثيلاتها من العقل في عينة السيطرة مع اختفاء الفروقات من الناحية الاحصائية ولجميع اجزاء العقلة فكانت (28.1 و26.4 و 21.87) ملغم/كغم حسب ترتيبها أعلاه فضلا عن ارتفاع محتوى الزنك في العقلة كاملة (72.37 ملغم/كغم) الى مستواه في العقل غير المجهدة (75.38 ملغم/كغم) .

أن الموقع الرئيسي الذي يهاجمه البورون في الخلية النباتية هو الغشاء البلازمي [46] ، والزنك له دور في استقرارية وحماية وسلامة الاغشية البلازمية من الضرر التاكسدي [47] كما ان الموازنة بين ROS المتكونة من اجهاد البورون والدفاعات هي التي تحدد البقاء تحت ظروف الاجهاد ، والزنك له دور في تعديل ROS من خلال تشجيع مضادات الاكسدة [48]

كما بين الجدول (5) المحتوى الابتدائي للزنك في الانواع المتحملة كالطماطة وكان اعلى من قيمه في الخيار والماش . حيث كانت في الاوراق والابيكوتيل والهيبوكوتيل هي 32.36 و 29.81 و 25.82 ملغم/كغم على التوالي وفي العقلة كاملة (87.93 ملغم/كغم) علما ان نسبة الزيادة في الاوراق تساوي 140.6% عن الماش و13.7% عن الخيار على سبيل المثال .

ان تعرض عقل الطماطة الى اجهادات البورون قد تسبب في خفض قيم الزنك في جميع أجزاء العقلة أعلاه (24.11 و 19.88 و 20.46) ملغم/كغم على التوالي ونسب انخفاض تساوي(25.4 و 33.4 و 20.8) % عن السيطرة لكل جزء، بينما كان الانخفاض في العقلة كاملة (64.45) ملغم/كغم ونسبة تساوي 26.8% مقارنة بالسيطرة (اي العقل غير المجهدة بالبورون). كما تمت الاشارة الى ان وجود البورون يمنع الزيادة الزنك في اوراق الذرة corn [18,49] ، وفي الحنطة [50] ، وفي النارنج [43]

ومن جانب اخر ، فان تجهيز كبريتات الزنك كطريقة وقائية من سمية البورون قد تسبب في رفع محتوى الزنك الى حدوده التي لا تختلف معنويا عن العقل غير المجهدة في جميع أجزائها (34.06 و 30.10 و23.97) ملغم/كغم أعلاه وكذلك في محتوى العقلة كاملة (88.13 ملغم/كغم) مما يوكد دورالزنك في ازالة سمية البورون بشكل كامل .

تشير الجداول (8,7,6) الى تأثير سمية البورون في تركيز ال B وتوزيعه في اجزاء العقل وكذلك معالجة سميتة بكبريتات الزنك . حيث بينت الجداول أعلاه خمسة نقاط أساسية هي أولا ان توزيع المحتوى الابتدائي من ال B في الانواع النباتية الثلاث (ماش, خيار, وطماطة) يأخذ نفس السياق (trend) وهو التوزيع التصاعدي Acropetal Distribution . أي وبعبارة اخرى اليقم الاوطأ في الهيبو كتيل والاعلى صعودا نحو الاوراق الاولية (مثال:- 43.45 و 49.34 و 51.00) مايكروغرام / غم كما في الماش .ثانيا تزداد جميع قيم الBفي الاجزاء الثلاث أعلاه بنفس السياق عند تعريض العقل للبورون السام اي Acropetally أيضا . ثالثا تنخفض جميع قيم ال B في الاجزاء الثلاث الى ما يقترب من قيمتها الابتدائية بعد المعالجة بكبريتات الزنك . رابعا قيم ال B في العقلة الكاملة Whole cutting ولجميع الانواع تأخذ نفس السياق ايضا حيث انها تزداد عند المعاملة بالبورون السام وتتراجع الى مستواها الابتدائي بعد المعالجة بالزنك (مثال 143.79 و 247.39 و 138.89 /الماش)علما ان أجمالي القيم الواطئة هي في الطماطة والمتوسطة في الخيار والعالية في الماش_.وتتفق النتائج مع Bagacki وجماعتة [51] الذي اشار الى ان تركيز B في اوراق نباتات الجت Medicago المتحملة هو اقل من نصف تركيزه في النباتات الجت غير متحملة .

ان اضافة البورون السام قد زادت من تركيز البورون معنويا في اجزاء عقل الانواع المدروسة والزيادة في تركيز البورون في عقل الماش كاملة هي الاعلى ومن ثم الخيار والطماطة وهذا مايوضح امكانية التحمل الخلوية في الخيار والطماطة ، وهذا يقترح بأنه الطماطة تمتلك ميكانيكية استبعاد البورون ضد تدرج التركيز ، قابلية حفظ تركيز البورون اقل مما هو في وسط النمو . تحت التجهيز الكافي والعالي من البورون يؤخذ البورون من خلال Passive influx [52] وعندما يعرض النبات الى التركيز السامة ,سيتم تفعيل استراتيجية خفض التدفق السالب واستبعاد البورون الزائد خلال التدفق او اختزال الضرر الخلوي من الاجهاد التأكسدي [53] .وان نقصان تركيز البورون بأضافة الزنك قد ذكرها [49] في انسجة الذرة و [50] في انسجة الحنطة . الطماطة والخيار لهما اليات اضافية اخرى غير الاستبعاد مثل اعاقة النقل للبورون باتجاه الاوراق من خلال اختزال نقل البورون باتجاه الاوراق قد تكون الية محتملة لتحسين تحمل سمية البورون حيث ان امتصاص ونقل البورون الى القمم يؤدي الى تراكم البورون الى المستويات السامة تحت نقص الزنك [50].

وماهو جدير بالاهتمام , فان استخراج نسبة Zn\ B من خلال الجداول (5,4,3) المتعلقة بال Zn والجداول (8,7,6) المتعلقة بالB كانت أيضا بنفس السياق ولجميع النقاط الخمسة أعلاه . وعند التركيز على الجزء الخضري و بالذات الاوراق باعتبارها الجزء المتحسس لسمية البورون تكون نسبة B/Zn عالية في الانواع الحساسة لل B كالماش (3.8) ومتوسطة في الانواع المعتدلة التحمل كالخيار (1.6) وعالية في الانواع المتحملة كالطماطة (1.41) . علما بأن قيم نسبة Zn\ B هي بنفس السياق أيضا لجميع أجزاء العقل الاخرى وكذلك الحال مع النسبة فيما يتعلق بالعقلة كاملة Whole cutting ولجميع الانواع النباتية (النتائج غير معروضة منعا للتكرار ولسهولة استنباطها) .

واعتمادا على ذلك ، فان الالية المحتملة لحصول التحمل هي اما بنقصان أخذ البورون او زيادة أخذ الزنك ، والملاحظ بان الطماطة والخيار تمتلك الية الاستبعاد وتقليل أخذ البورون بالمقابل أخذ عالي للزنك ، ومن ثم زيادة مستويات IAA .وليس هنالك دليل ان البورون يعرقل عملية حيوية هو مطلوب فيها بالقدر المطلوب[54] ، وعلى الارجح بان سمية البورون تنشا من خلال الفة البورون مع مركبات ايضية لتشكيل معقدات في الخلايا وكذلك فان نسبة الزنك تكون مؤثرة في هذه الالفة ، اشار Nasim [53] الى ان نسبة Zn\ B في الجزء الخضري تكون عالية في صنف Cippler الحساس للبورون مقارنة ب sahara المتحمل الذي له القابلية على حفظ نسبة Zn\ B واطئة ، كميكانيكية لتحمل زيادة البورون في وسط النمو، حيث أن هذا ينجز من خلال خفض اخذ البورون او زيادة اخذ الزنك .

جدول (1) تاثير سمية البورون في محتوى IAA لعقل الماش والخيار والطماطة والمعالجه بكبريتات الزنك

Teratment with :-	IAA µg/g F.W		
	Mung bean	Cucumber	Tomato
d.w for 24h	1.646	5.13	4.68
Toxic B µg/ml for 24h	0.7035	3.03	2.88
ZnSO4 15 ppm for 12h→B Toxic B µg/ml for 12h	2.04	4.69	4.45
L.S.D (0.05)	0.316	0.840	0.866

جدول (2) تاثير سمية البورون في فعالية انزيم IAAO لعقل الماش والخيار والطماطة والمعالجه بكبريتات الزنك .

Teratment with :-	µg unoxidised IAA/g h F.W		
	Mung bean	Cucumber	Tomato
d.w for 24h	7.102	4.280	4.620
Toxic B µg/ml for 24h	12.698	6.402	5.200
ZnSO4 15 ppm for 12h→B Toxic B µg/ml for 12h	6.742	3.270	2.730
L.S.D (0.05)	1.876	1.283	0.906

جدول (3) تأثير سمية البورون في تركيز Zn في أجزاء عقل الماش والمعالجة بكبريتات الزنك

Teratment in:-	Zn mg/kg d.W			Zn mg/kg d.W in whole cutting
	Leaf	Epi	Hypo	
d.w for 24h	13.42	8.5	8.61	10.27
B 200 µg/ml for 24h	8.79	5.42	5.09	6.43
ZnSO4 15 ppm for 12h→B 200 µg/ml for 12h	15.12	8.39	7.88	10.46
L.S.D (0.05)	3.430	1.711	1.264	1.00

جدول (4) تأثير سمية البورون في تركيز Zn في أجزاء عقل الخيار والمعالجة بكبريتات الزنك

Teratment in:-	Zn mg/kg d.W			Zn mg/kg d.W in whole cutting
	Leaf	Epi	Hypo	
d.w for 24h	28.32	21.71	25.35	25.12
B 300 µg/ml for 24h	17.76	15.38	16.25	16.46
ZnSO4 10 ppm for 12h→B 300 µg/ml for 12h	28.1	21.87	26.4	25.45
L.S.D (0.05)	4.651	4.388	3.657	2.35

جدول (5) تأثير سمية البورون في تركيز Zn في أجزاء عقل الطماطة والمعالجة بكبريتات الزنك

Teratment in:-	Zn mg/kg d.W			Zn mg/kg d.W in whole cutting
	Leaf	Epi	Hypo	
d.w for 24h	32.3	29.81	25.82	29.31
B 400 µg/ml for 24h	24.11	19.88	20.46	21.48
ZnSO4 15 ppm for 12h→B 400 µg/ml	34.06	30.1	23.97	29.73
L.S.D	4.192	2.034	4.898	1.55

جدول (6) تأثير سمية البورون في تركيز B في أجزاء عقل الماش والمعالجة بكبريتات الزنك

Teratment with :-	B µg /g d.W			B µg /g d.W in whole cutting
	Leaf	Epi	Hypo	
d.w for 24h	51.00	49.34	43.45	47.93
B 300 µg/ml for 24h	110.77	65.98	70.64	82.46
ZnSO4 10 ppm for 12h→B 300 µg/ml	55.10	40.10	43.74	46.29
L.S.D (0.05)	11.02	8.751	9.164	7.93

جدول (7) تأثير سمية البورون في تركيز B في أجزاء عقل الخيار والمعالجة بكبريتات الزنك

Teratment with :-	B µg/g d.W			B µg /g d.W in whole cutting
	Leaf	Epi	Hypo	
d.w for 24h	44.15	36.97	32.8	37.97
B 200 µg/ml for 24h	101.26	77.05	70	82.77
ZnSO4 15 ppm for 12h→B 200 µg/ml 12 h	45.05	33	36.10	38.5
L.S.D (0.05)	9.48	4.45	9.31	8.56

جدول (8) تأثير سمية البورون في تركيز البورون في أجزاء عقل الطماطة والمعالجة بكبريتات الزنك .

Teratment with :-	B µg /g d.W			B µg /g d.W in whole cutting
	Leaf	Epi	Hypo	
d.w for 24h	45.66	32.75	25.3	34.69
B 400 µg/ml for 24h	80.49	49.63	56	62.04
ZnSO4 15 ppm for 12h→B 400 µg/ml	50.82	24.29	30.40	35.17
L.S.D (0.05)	4.88	4.96	3.84	4.59

المصادر : References

1-Warington, K .(1923). The effect of boric acid and borax on the broad bean and certain other plants. Ann. Bot. 37: 457-466.

2- Gupta, U.C., Jame, Y.M., Campbell, C.A., Leyshon, A.J., Nicholaichuk,W.(1985).Boron toxicity and deficiency: A review. Can. J. Soil Sci., 65: 381–409.

3- Blevins, D.G., Lukaszewski, K.M .(1998) .Boron in plant structure and function. Annu.Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 49, 481-500.

4- Moore ,J.W. (1991) Inorganic Contaminants of Surface Water: Research and Mining Priorities. 1st Edition, Springer Verlag New York.

5- Landi, M., DeglInnocenti,E., Pardossi, A., Guidi, L.(2012).Antioxidant and photosynthetic responses in plants under boron toxicity:A Review. Amer.J.of Agric.& and Biol. Sci. 7(3): 255-270.

6- Hayes, J.E.& Reid, R.J. (2004). Boron tolerance in barley is mediated by efflux of boron from the roots. Plant Physiol., 136: 3376–3382.

7- Torun, A.A., Yazici, A., Erdem, H., Cakmak, I. (2006) .Genotypic variation in tolerance to boron toxicity in 70 durum wheat genotypes. Turk. J. Agric. For. 30: 49–58.

8- Javid ,M.G., Sorooshzadeh,A., Moradi ,F., Sanavy , S.A.M.S,and Allahdadi ,I .(2010). The role of phytohormones in alleviating salt stress in crop plants . AJCS 5(6):726-734 .

9-Ribaut,J.M.,Pilet,P.E.(1994).Water stress and indole-3ylacetic acid content of maize roots. Planta 193: 502-507.

10- Nilsen, E.T., and Orcutt, D.M. (1996).The physiology of plants under stress.John Wiley & Sons Inc. New York, USA. 687 p.

11- Dunlap, J.R., Binzel, M.L. (1996). NaCl reduces indole-3-acetic acid levels in the roots of tomato plants independent of stressinduced abscisic acid. Plant Physiol., 112: 379-384.

12- Teale,W.D., Paponov,I.A., Ditengou,F., Palme,K.(2005).Auxin and th developing root of *Arabidopsis thaliana*. Physiol. Plant.,23: 130–138.

13-Siddiqui, M. H., Mohammad, F., Khan, M. M. A., Al-Whaibi, M.H. (2012) Cumulative effect of nitrogen and sulphur on (*Brassica juncea* L.) genotypes under NaCl stress . Protoplasma 249:139 –150 .

14- Vardhini ,B.V., S. Anuradha, E., Sujatha, S.S.and Rao, R. (2010) . Role of brassinosteroids in alleviating various abiotic and biotic stresses - A Review. In: N. A. Anjum, (Ed.), Plant Nutrition and Abiotic Stress Tolerance I. Plant Stress (Special Issue 1)**,** London: Global Science Books, pp.56- 61.

15- Mano, Y. and Nemoto, K. (2012): The pathway of auxin biosynthesis in plants. J. Exp. Bot., 63: 2853-2872.

16-Shaheed, A. I., Alwan , A . H., and Hussein, K. A.(2013). The role of Znic in alleviation of B-toxicity in plants differing in their sensitivity to boron in terms of rooting response of cuttings.(under publ.)

17- Weisany,W., Sohrabi,Y., Heidari,G., Siosemardeh,A. and Ghassemi-Golezan.K.(2012). Changes in antioxidant enzymes activity and plant performance by salinity stress and zinc application in soybean (*Glycine max* L.) . POJ 5(2):60- 67 .

18- Aref,F. (2011). Concentration of zinc and boron in corn leaf as affected by zinc sulfate and boric acid fertilizers in a deficient soil . Life Science J., V. 8 pp 2 6- 31 .

19- Hess, C.E.(1961). The mung bean bioassay for detection of root promoting substances. Plant Physiol.,36(l):supplement 21.

20- Nyayar ,S., Topcuo,Û.,Lu ,P.F., .Nyayar, A. (1996). A modified method for extraction and identification of indole-3-acetic acid (IAA) gibberellic acid (GA3), abscisic acid (ABA) and zeatin produced by *Phanerochate chrysosporium* ME 446. Bulg. J. Plant Physiol. 22 (3- 4): 105-110.

21- Ergon,N. , Topcuoğlu, Ş .F. and Yildis, A. (2002). Auxin (indole-3-acetic acid),gibberellic acid (GA3), abscisic acid(ABA) and cytikinin (zeatin) production by some species of mosses and lichens. Turk J.Bot., 26 :13-18.

22- Sequeria,L., and L.Mineo, 1966: Partial purification and kinetics of Indole acetic acid oxidase from tobacco roots. Plant Physiol 41,1200 – 1208.

23-Brindha,S.,Maragathavalli,S., Gangwar ,S.K. and Annadurai,B.(2012) .Purification of indole acetic acid oxidase produced by *Alternaria cepula* during hyper auxiny of leaf blight disease of Onion .G.J.B.B., 1:12-17.

24-Page, A.I. (1982).Methods of Soil analysis Part 2.Chemical and Microbiological properties. Amer. Soc. Agron. Midison Wis. USA.

25- Hatcher J.T.and Wilcox,I.V.(1950). Colorimetric determination of boron using carmine . Analyt.Chem. 22:567-569.

26- Hloušková,P. (2013).Role of E3 ubiquitin ligase COP1 in boron regulated hypocotyl elongation in *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh.Diploma Thesis. Palacky University in Olomouc .

27- Akbari, G., Sanavy, S.A, Yousefzadeh, S. (2007) .Effect of auxin and salt stress (NaCl) on seed germination of wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). Pakistan J Biol Sci., 10: 2557-2561 .

28- Hagen, G.and Guilfoyle, T. (2002) .Auxin-responsive gene expression:genes,promoters and regulatory factors. Plant Mol Biol., 49:373–385 .

29- Zhu, J.K. (2002). Salt and drought stress signal transduction in plants. Annu Rev Plant Biol 53:247-273.

30- Blakesley, D., Weston, G.D. and Hall, J.F. (1991) . The role of endogenous auxin in root initiation. Part I: Evidence from studies on auxin application and analysis of endogenous levels. Plant Growth Regul., 10:341-353.

31- Gemici, M., Aktaş, L.Y., Türkyılmaz, B., Güven, A .(2002). The effects of the excessive boron applications on Indole-3-Acetic Acid levels in *Triticum durum* Desf cv. Gediz seedlings. Cumhuriyet -niversitesi Fen Bilimleri Dergisi 23(2): 17-24.

32- Akçam-Oluk, E. and Demiray, H. (2004): The Effects of boron on growth of sambro no.3 sunflower (*Helianthus annuus* L.). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 41: 181-190.

33- Cohen,j.D. and Bandurski,R.S.(1978). The bound auxins: protection of indole-3- acetic acid from peroxidase-catalyzed oxidation," *Planta*. 139 (3) : 203–208.

34- Paull, J.G., Nable, R.O., Lake, A.W.H., Materne, M.A., Rathjen ,A.J .(1992) . .Response of annual medics (*Medicago* spp.) and Field Peas(*Pisum sativum*) to high concentration of boron: genetic variation and the mechanism of tolerance .Aust. J. Agric. Res., 43: 203-213.

35- Dang, H., R. Li, Y. Sun, X. Zhang and Y. Li.(2010). Absorption, accumulation and distribution of zinc in highly-yielding winter wheat. Agric. Sci.China 9(7):965-973.

36- Alloway, B. J. 2004. Zinc in Soils and Crop Nutrition. Publ. of International Zinc Association.http://www.iza.com/Documents/Commuations /Publications/ALLOWAY-PRINT.pdf.

37- Jain, R., S. Srivastava, S. Solomon, A. K.Shrivastava and A. Chandra.(2010) . Impact of excess zinc on growth parameters, cell division, nutrient accumulation, photosynthetic pigments and oxidative stress of sugarcane (*Saccharum* spp.). Acta Physiol.,Plant. 32:979 - 986.

38- Ivanov, Y. V., Savochkin Y. V., and Kuznetsov, V. V.(2012) . Scots pine as a model plant for studying the mechanisms of conifers adaptation to heavy metal action: 2.Functioning of antioxidant enzymes in pine seedlings under chronic zinc action. Russ. J.Plant Physiol.,59 (1):50-58.

39- Wang, Y., Mopper, S., Hasentein, K.H. (2001). Effects of salinity on endogenous ABA, IAA, JA, and SA in *Iris hexagona*. J Chem. Ecol., 27: 327-342 .

40-Bybordi,A.,Tabatabaei,S.J., Ahmedov,.A.(2010). Effect of salinity on the growth and peroxidase and IAA oxidase activities in canola. J.Food, Agric. & Environ. 8 (1) : 109 -112.

41- Rajaie, M., A.K. Ejraie, H.R. Owliaie, and A.R. Tavakoli. 2009. Effect of zinc and boron interaction on growth and mineral composition of lemon seedlings in a calcareous soil. Inter. J. Plant Prod., 3(1): 39-50.

42- Swietlik, D., and J.V. Laduke. 1991. Productivity, growth, and leaf mineral- composition of orange and grapefruit trees foliar-sprayed with zinc and manganese. J. Plant Nutr.,14:129-142.
43- Swietlik, D.,(1995). Interaction between zinc deficiency and boron toxicity on the growth and mineral nutrition of sour orange seedlings. J. of Plant Nutr., 18 (6):1191-1207.
44- Obata, H., Kawamura, S., Senoo, K., Tanaka, A .(1999) .Changes in the level of protein and activity of Cu/Zn Superoxide dismutase in Zinc deficient rice plants(*Oryza savita* L.) Soil Sci. Plant Nutr. ,45: 891-896.
45- Gunes ,A.,Inal,A.,and Bagci,E.G.(2009). Recovery of bean plants from boron induced oxidative damage by zinc supply.Russ. J. plant physiol. 56(4) :503- 509.
46- Logani ,M.K., Davies ,R.E. (1980). Lipid oxidation: biologic effects and antioxidants - A review. Lipids 15: 485-495.
47- Bettger, W.J, O'Dell ,B.L .(1981) .A critical physiological role of zinc in the structure and function of biomembranes. Life Sci 28: 1425-1438.
48- Zago,M.P ., Oteiza, P.I .(2001). The antioxidant system properties of znic interaction with iron and antioxidants . Free rad Biol Med 3:266- 274.
49- Hosseini, S. M., Maftoun, M., Karimian, N., Rounaghi , A.and Emam, Y. (2007). Effect of zinc × boron interaction on plant growth and tissue nutrient concentration of corn. J. Plant Nutr. ,30:773−781.
50- Singh, J. P., D. J. Dahiya, and R. P. Norwal. (1990). Boron uptake and toxicity in wheat in relation to zinc supply. Fert. Res., 24: 105−110.
51-Bogacki, P.,David, M.P., Ramakrishnan , M.N., Jake ,H. and Klaus ,H.O.(2013).Genetic analysis of tolerance to boron toxicity in legume *Medicago truncutula* .BMC plant Biol.2013 13:54.
52- Dannel, F., Pfefferm, H.and Römheld, V.(2002). Update on boron in higher plants- uptake, primary translocation and compartmentation. Plant Biology 4: 193–204.
53- Nasim, M.(2010) . Screening of doubled haploid barley population from the cross Clipper x Sahara for boron toxicity tolerance and evaluation of role . of zinc in alleviation of boron toxicity . Post Doctoral Fellowship Program,The University of Western Australia.pp
54 - Reid, R. (2010). Can we really increase yields by making crop plants tolerant to boron Toxicity. Plant Sci. 178 (1) : 9-11.