



جمهورية العراق

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

جامعة كربلاء

كلية التربية للعلوم الصرفة – قسم علوم الحياة

دراسة فلسجية تشريحية بايوكيميائية
لنباتات مختلفة التحمل
لسمية البورون ومعالجتها بأملاح
الزنك بدلالة استجابة التجذير

أطروحة مقدمه الى مجلس كلية التربية للعلوم الصرفة / جامعة كربلاء

وهي جزء من متطلبات نيل درجة الدكتوراة فلسفة في علوم
الحياة/نبات(فلسجة نبات)

تقدم بها

خالد علي حسين اليساري

باشراف

أ.د عبد الله أبراهيم شهيد

باشراف

أ.د عبدعون هاشم علوان

م 2014

1434 هـ

Ministry of Higher Education & Scientific Research

University of Karbala / College of Education for

Pure Science – Department of Biology



**Physiological, Biochemical and Anatomical
Study of Plants differing in their tolerance to
boron toxicity and its recovery by Zinc salts, in
terms of rooting response.**

A thesis

Submitted to the council of the Education for Pure Sciences,
University of Karbala as a partial fulfillment of the requirements for
the Ph.D Degree in Biology- Botany (Plant Physiology).

By

Khalid Ali Hussein AL-yasari

Supervised By

Prof. Dr.

Abdoun Hashim Alwan

Prof. Dr.

Abdullah Ibrahim Shaheed

2014 AD

1434 AH

III

الرَّحْمَنُ ۞ عَلَّمَ الْقُرْآنَ ۞
خَلَقَ الْإِنْسَانَ ۞ عَلَّمَهُ
الْبَيَانَ ۞ الشَّمْسُ وَالْقَمَرُ
بِحُسْبَانٍ ۞ وَالنَّجْمُ
وَالشَّجَرُ يَسْجُدَانِ ۞

صدق الله العلي العظيم

(الآيات من 1-6/ سورة الرحمن)

الإهداء

إلى

من لا تدركه الإبصار جل جلاله .
النبى المختار محمد صلى الله عليه
واله وسلم .

أهل بيته الأطهار عليهم السلام
المنبت الطيب وينبوع الحنان . . .
والدي ووالدتي
إخوتي وأخواتي . . . أدامهم الله لي
ذخراً .

لمن تحملوا العناء طيلة فترة البحث
زوجتي وأولادي . . . وفقني الله لإسعادهم .

الأيدي التي زودتي بسلاح العلم
وحملتني أمانته . . أساتذتي الأفاضل

إلى وطني الغالي العراق حماه الله من
كل مكروه وبسط الأمن والأمان في ربوعه
اهدي جهدي المتواضع

الباحث

خالد علي اليساري

شكر وتقدير

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على اشرف الأنبياء والمرسلين وعلى آله
الطيبين الطاهرين .

- يسرني أن أتقدم بجزيل شكري وعظيم الامتنان ووافر احترامي وتقديري إلى أساتذتي
الأفاضل ، الأستاذ الدكتور عبد عون هاشم الغانمي والأستاذ الدكتور عبد الله إبراهيم
شهيد على اقتراحهما موضوع البحث وخطة واللذين أجادا عليّ بجهودهم وتوجيهاتهم
القيمة طوال مدة الدراسة والبحث فأدعو الله لهما بدوام الصحة والعمر المديد لما بذلوه
من جهد متواصل وعناء كبير في انجاز هذه الأطروحة.
- وعرفاناً بالجميل أقدم شكري وتقديري إلى الأستاذ المساعد الدكتور قيس حسين
عباس مساعد رئيس جامعة كربلاء للشؤون الادرية لدعمه المتواصل لطلبة
الدراسات العليا.
- شكري وتقديري إلى رئاسة قسم علوم الحياة كلية التربية للعلوم الصرفة ومنتسبي
القسم كافة لاسيما من قدّم يد العون والمساعدة والنصح القيمة.
- شكري وتقديري إلى رئاسة قسم علوم الحياة كلية العلوم/ جامعة كربلاء ومنتسبي
القسم كافة لاسيما الأستاذ المساعد الدكتور ناجح هاشم رئيس قسم علوم الحياة
والأستاذ المساعد الدكتور علي عبد الكاظم الغانمي والاستاذ ليث طه والى كل من مد
لي يد المساعدة.
- كما لا يفوتني أن اشكر أساتذتي وطلبة الدراسات العليا في قسم علوم الحياة في كلية
التربية/جامعة كربلاء.
- شكري وامتناني إلى أسرتي وإلى والدي ووالدتي وكذلك أخوتي وأخواتي وزوجتي
وأولادي الذين ساندوني وقدموا لي الدعم والمساعدة طوال الدراسة والبحث.

الخلاصة

درس أثر الزنك في تخفيف سُمية البورون (B) بدلالة تكوين الجذور العرضية في عُقل نباتات مختلفة في حساسيتها للبورون (الماش حساس *Phaseolus aureus* Roxb ، الخيار معتدل التحمل *Cucumis sativus* L. والطماطة متحمل *Lycopersicum esculentum* mill.) ، وقد استعملت العُقل بعدها نظاماً تجريبياً من بادرات نامية لمدة عشرة أيام (الماش والخيار) وعشرين يوماً (الطماطة) تحت ظروف قياسية (إضاءة مستمرة وبشدة ضوئية 1600-1800 لوكس، ودرجة حرارة 25 ± 1 م° ورطوبة نسبية (60-70) % . وكانت النتائج كالآتي:

ان مستويات السمية للـ B هي (200-300-400) مايكروغرام/مل، للماش ، للخيار وللطماطة على التوالي اختزلت مؤشرات النمو بدلالة استجابة التجذير الى النصف تقريبا وبنسبة انخفاض 55.16% ، 50.83% ، 53.49% لكل من الماش ، الخيار والطماطة على التوالي مقارنة بعينة السيطرة، مع ظهور البقع النخرية في حواف الاوراق للنباتات الثلاثة .

تم اختبار ثلاثة أملاح من الزنك هي كبريتات ، نترات وكلوريد الزنك وحدد أفضل ملح وأفضل تركيز وكانت الكبريتات للنباتات الثلاثة وبتراكيز 15ppm ، 10ppm و 15ppm لكل من الماش ، الخيار والطماطة بالتتابع

إن إزالة سُمية البورون كاملة بمعاملة العُقل بكبريتات الزنك في الماش والطماطة بتعرضها الى كبريتات Pre –application حدث قبل سُمية الـ B اما في الخيار تمت ازالة السمية بتجهيزه في أن واحد بالبورون مع الزنك و قبل سُمية الـ B Pre –application ، تبدو واضحة من خلال الزيادة المعنوية لاستجابة التجذير .

سببَ التركيز السام من البورون انخفاضاً في مؤشرات النمو المتمثلة بمحتوى أوراق العُقل من الكلوروفيل والوزن الطري والجاف لهذه العُقل والمساحة الورقية لأوراقها الابتدائية وكذلك معدل النتج فيها ونسب الانخفاض كانت عالية في الماش الحساس والأقل في الطماطة المتحمل والخيار يمثل حالة وسطية.

سببَ التركيز السام من البورون ضرراً معنوياً في النباتات الثلاثة للغشاء البلازمي في خلايا أنسجة الورقة من خلال زيادة نفاذية الغشاء البلازمي بدلالة EC % ونسبة زيادة 111.05% ، 50.01% و 30.65% للماش والخيار والطماطة على التوالي وبوجود الجذور كانت نسبة الضرر أقل مما في العُقل وكانت 83.74% ، 42.59% و 9.91% للبادرات كل من الماش (الحساس) ، الخيار (معتدل التحمل) والطماطة (متحمل) على التوالي عند تعريضها لسُمية البورون وهذا ما يؤكد ميكانيكية الاستبعاد للبورون على مستوى الجذور.

سبب التركيز السام من البورون انخفاضاً معنوياً 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 التي لم تختلف من الناحية الاحصائية عن معاملة السيطرة.

سبب التركيز السام من البورون انخفاضاً معنوياً لمستويات الكاربوهيدرات والبروتينات في أوراق العُقل بتجهيز كبريتات الزنك قبل التعرض لسمية البورون أدت الى زيادة مستويات الكاربوهيدرات والبروتينات الى قيم لم تختلف من الناحية الاحصائية عن معاملة السيطرة ان تركيز الزنك الابتدائي في عُقل الانواع النباتية الثلاثة له علاقة بقابلية النباتات على التحمل وكان التركيز الأعلى في الطماطة ويليهِ الخيار ثم الماش . كما ان التركيز السام من البورون خفض وبشكل معنوي تركيز الزنك في اجزاء عُقل الانواع الثلاث والمعالجة بالزنك إذ سبب رفع تركيز الزنك في عُقل الانواع الثلاثة الى تراكيز لا تختلف احصائياً عن تراكيز عُقل السيطرة وفي اجزائها .

المستوى السام من البورون سبب زيادة في تركيز البورون في جميع أجزاء عُقل النباتات المدروسة وأنخفضت جميع قيم البورون في الاجزاء الثلاثة 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 .

محتوى الكلوتاثيون GSH وحامض الاسكوربيك ASA وفعالية انزيمات (CAT) Catalase ، Superoxide dismutase (SOD) ، وAscorbate peroxidase (APX) قد انخفضت في عُقل الماش . في حين ازدادت بنسبة 124 % ، 19.5 % ، 75 % ، 55 % ، و 12.3 % في الخيار و 256 % ، 40.3 % ، 175 % ، 1017 % ، و 55 % في الطماطة على التوالي مقارنة مع عُقل الماش . وفي معاملة الإجهاد المتسبب بالمستوى السام من البورون باستعمال كبريتات الزنك قبل إضافة البورون أدت إلى زيادة محتوى GSH و ASA وفعالية CAT ، SOD و APX .

أدت سُمية البورون الى ارتفاع مستويات (MAD)Malondiadehyde والبرولين وبنسب عالية في الماش وقليلة في الطماطة وفي الخيار كانت حالة وسطية وزيادة فعالية انزيم Lipoxigenase (LOX) في النباتات الثلاثة ونسبة زيادة 13.57 % ، 26 % في الخيار والطماطة بالنسبة إلى الماش، بينما انخفضت فعالية LOX في الانواع النباتية المدروسة عند تجهيز كبريتات الزنك .

سببت سُمية البورون تغيرات في القياسات النسيجية في أوراق عُقل الماش والخيار والطماطة فقد أدت الى انخفاض سُمك كل من الورقة والعرق الوسطي والطبقة الاسفنجية وطول الحزمة

الوعائية وزيادة سُك الطبقة العمادية و عرض الحزمة الوعائية في الماش والخيار، وزيادة كل هذه المؤشرات في اوراق عُقل الطماطة .

التركيز السام من البورون اختزل كل من سُك نسيج hpocotyl، سُك طبقة القشرة وعدد الحزم الوعائية في الماش والخيار في حين ازدادت ابعاد الحزم الوعائية في الماش وقُلَّت في الخيار. كما ازدادت كل القياسات النسيجية المذكورة أنفأ في الطماطة وان تجهيز الزنك حسَّن الصفات التشريحية للأوراق والجزء القاعدي للعُقل وهذا يعني أن الزنك قلل التأثيرات المؤذية لإجهاد البورون في الترايب التشريحية لكل من النباتات الثلاثة.

المحتويات

رقم الصفحة	الموضوع
I	الخلاصة بالعربية
IV	المحتويات
XI	قائمة الأشكال
XII	قائمة الجداول
XVI	قائمة المختصرات
1	1-المقدمة
5	الهدف من الدراسة
5	أهمية البحث
	2- استعراض المراجع
6	1-2- نبات الماش Mung bean plant
7	2-2- نبات الخيار Cucumber plant
8	2-3- نبات الطماطة Tomato plant
8	2-4- الاجهادات stresses
9	2-5- البورون boron
11	2-6- أخذ وتوزيع البورون في النبات Boron uptake and distribution in plant
14	2-7- سُمية البورون Boron toxicity
15	2-8- تكوين الجذور العرضية Adventitious roots formation
17	2-9- تعاقب الاطوار في التجذير العرضي Successive phases of adventitious rooting
18	2-10- دور الاوكسين في تكوين الجذور العرضية : Auxin
19	2-11- إنزيم : Indole acetic acid oxidase (IAAO)
21	2-12- دور الكاربوهيدرات في تكوين الجذور العرضية Carbohydrates
22	2-13- دور البروتينات في تكوين الجذور العرضية :
23	2-14- البورون والجذور العرضية
24	2-15- الاجهاد التاكسدي وانتاج ROS في النباتات : Oxidative stress and ROS

26	16-2- الأضرار المتسببة بواسطة ROS و MG في النباتات : Damages caused by ROS in plants
28	17-2- النظام المضاد للأكسدة في النبات Antioxidative defense system in plants
28	1-17-2 - مكونات نظام مضادات الأكسدة اللا إنزيمية : Nonenzymatic components of antioxidant defense system
29	1-1-17-2 الاسكوربيت : (ASA) Ascorbate (ASA)
30	2-1-17-2 - الكلوتاثيون : (GSH) (GSH) Glutathione
32	2-1-17-2 - الحامض الاميني البرولين : Amino acid proline
33	2-17-2 - المكونات الإنزيمية للنظام المضاد للأكسدة: Enzymatic components of antioxidant defense system
34	1-2-17-2 إنزيم (SOD) Superoxide dismutase
36	2-2-17-2 - إنزيم الكاتليز (CAT) Catalase (CAT)
37	3-2-17-2 - إنزيم (APX) Ascorbate peroxidase
38	18-2- أكسدة الدهون وتكوين Malondialdehyde (MDA)
39	19-2- إنزيم (LOX) Lipoxygenase
40	20-2- الزنك Zinc
41	21-2- دور الزنك في سلامة الاغشية الخلوية The role of Zinc in integrity of cell membranes
43	22-2- دور الزنك في إزالة سمية ROS The Role of Zinc in detoxification of reactive oxygen species (ROS)
44	23-2 تحمل الاجهادات
45	23-2 1 التحمل النسبي لسُمية البورون Relative tolerance to boron toxicity
46	23-2 2 ميكانيكيات تحمل سمية البورون
48	23-2 3 فرضية الاستبعاد Exclusion mechanism
48	23-2 4 فرضية تقييد النقل Restriction of uptake and transport
50	23-2 5 ميكانيكيات التحمل الداخلية Internal tolerance mechanisms
	24-2 التكيفات التشريحية للإجهادات
	3- المواد وطرائق العمل
53	3-1 مصدر البذور Source of seeds
53	3-2 زراعة البذور Cultivation of seeds
55	3-3 تحضير المحلول المغذي : Nutrient solution

55	4-3 تهيئة العقل Preparation of cuttings
56	5-3 تحضير المحاليل Preparation of solutions
56	1-5-3 محلول حامض البوريك Boric acid
57	2-5-3 محلول الزنك Znic solution
57	6-3 المعاملة القاعدية للعقل Basal treatment of cutting
57	7-3 حساب عدد الجذور
57	8-3 تقدير محتوى الكلوروفيل الكلي Total chlorophyll estimation
57	9-3 الوزن الطري والجاف للعقل : Dry and fresh weight of cutting
58	10-3 قياس المساحة الورقية Leaf area measurement
58	11-3 تقدير معدل النتج Measurement of Transpiration:
58	12-3 قياس شدة الأجهاد Stress intensity measurement
58	13-3 قياس دليل تحمل الأجهاد الملحي Stress tolerance index measurement
59	14-3 انضوح الغشاء البلازمي Electrolyte leakage
59	15-3 تقدير محتوى Estimation of Malondialdehyde (MDA)
60	3-16 تقدير فعالية إنزيم (LOX)Lipoxygenase
61	17-3 تقدير البروتين: Estimation of protein
63	18-3 تقدير الكربوهيدرات -: Estimation of carbohydrate
65	19-3 تقدير الاوكسين Estimation of auxin
66	20-3 تقدير فعالية إنزيم IAAO
67	21-3 تقدير الزنك : Determination of Zinc
68	22-3 تقدير البورون : Determination of Boron
69	23-3 تقدير محتوى الاسكوربيت الكلي Estimation of total ascorbic acid content
72	24-3 تقدير محتوى Estimation of Glutathione (GSH)
74	25-3 تقدير البرولين : Estimation of Proline
76	26-3 تقدير فعالية إنزيم (SOD) Superoxide dismutase
78	27-3 تقدير فعالية إنزيم (CAT) Catalase
79	28-3 تقدير فعالية إنزيم APX
80	29-3 تحضير المقاطع المستعرضة

82	30-3 التحليل الإحصائي
	4- النتائج
83	1-4- التجارب الفسلجية
83	1-1-4 - تحديد قوة محلول هوكلاند Hoagland بدلالة استجابة تجذير العقل
84	2-1-4 تحديد التركيز السام للبيورون
84	1-2-1-4 تحديد التركيز السام للبيورون في عقل الماش
85	2-2-1-4 تحديد التركيز السام للبيورون في عقل الخيار
86	3-2-1-4 تحديد التركيز السام للبيورون في عقل الطماطة
87	3-1-4 -تأثيرسمية البيورون في محتوى الكلوروفيل
87	4-1-4 تأثيرسمية البيورون في الوزن الطري للعقل
87	5-1-4 تأثيرسمية البيورون في الوزن الجاف للعقل
88	6-1-4 تأثيرسمية البيورون في المساحة الورقية
88	7-1-4 تأثيرسمية البيورون في معدل النتج
89	8-1-4 شدة الإجهاد
89	9-1-4 دليل التحمل
90	10-1-4 تحديد ملح الزنك الأفضل والتركيز الأمثل من الملح
90	1-10-1-4 تحديد ملح الزنك الأفضل والتركيز الأمثل من الملح لعقل الماش
90	1-10-1-4 - تحديد التركيز الأمثل من كبريتات الزنك لعقل الماش
91	2-1-10-1-4 تحديد التركيز الأمثل من نترات الزنك لعقل الماش
92	3-1-10-1-4 تحديد التركيز الأمثل من كلوريد الزنك لعقل الماش
92	2-10-1-4 - تحديد ملح الزنك الأفضل والتركيز الأمثل من الزنك لعقل الخيار
92	1-2-10-1-4 تحديد التركيز الأمثل من كبريتات الزنك لعقل الخيار
93	2-2-10-1-4 تحديد التركيز الأمثل من نترات الزنك لعقل الخيار
94	3-2-10-1-4 تحديد التركيز الأمثل من كلوريد الزنك لعقل الخيار
95	3-10-1-4 - تحديد التركيز الأمثل من كلوريد الزنك لعقل الطماطة
95	1-3-10-1-4 تحديد التركيز الأمثل من كبريتات الزنك لعقل الطماطة
96	2-3-10-1-4 تحديد التركيز الأمثل من نترات الزنك لعقل الطماطة
96	3-3-10-1-4 تحديد التركيز الأمثل من كلوريد الزنك لعقل الطماطة

97	11-1-4 تأثير الزنك Zn في إزالة سُمية البورون B في عُقل الماش
98	12-1-4 تأثير الزنك Zn في إزالة سُمية البورون B في عُقل الخيار
99	13-1-4 تأثير الزنك Zn في إزالة سُمية البورون B في عُقل الطماطة
100	2-4 التجارب الكميوحويية
100	1-1-2-4 تأثير سمية البورون في ضرر الغشاء البلازمي لعُقل الماش
101	2-1-2-4 تأثير سمية البورون في ضرر الغشاء البلازمي لعُقل الخيار
102	3-1-2-4 تأثير سمية البورون في ضرر الغشاء البلازمي لعُقل الطماطة
103	2-2-4 - دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى MDA
103	1-2-2-4 - دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى MDA في عُقل الماش
103	2-2-2-4 - دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى MDA في عُقل الخيار
104	3-2-2-4 - دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى MDA في عُقل الطماطة
105	3-2-4 - دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة فعالية إنزيم LOX Lipoxygenase
105	1-3-2-4 - دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة فعالية إنزيم LOX Lipoxygenase في عُقل الماش
105	2-3-2-4 - دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة فعالية إنزيم LOX Lipoxygenase في عُقل الخيار
106	3-3-2-4 - دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة فعالية إنزيم LOX Lipoxygenase في عُقل الطماطة
106	4-2-4 - دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى البروتين
106	1-4-2-4 - دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى البروتين في عُقل الماش
107	2-4-2-4 - دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى البروتين في عُقل الخيار
108	3-4-2-4 - دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى البروتين في عُقل الطماطة
108	5-2-4 دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى carbohydrate
108	1-5-2-4 دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى carbohydrate في عُقل الماش
109	2-5-2-4 - دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى carbohydrate في عُقل الخيار
109	3-5-2-4 - دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى carbohydrate في عُقل الطماطة
110	6-2-4 - دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى IAA
110	1- 6-2-4 - دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى IAA في عُقل الماش
111	2-6-2-4 - دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى IAA في عُقل الخيار
111	3-6-2-4 - دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى IAA في عُقل الطماطة
112	7-2-4 - دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة فعالية إنزيم IAAO

112	1-7-2-4- Zn في إزالة سُمية B بدلالة فعالية إنزيم IAAO في عُقل الماش
112	2-7-2-4- Zn في إزالة سُمية B بدلالة فعالية إنزيم IAAO في عُقل الخيار
113	3-7-2-4- Zn في إزالة سُمية B بدلالة فعالية إنزيم IAAO في عُقل الطماطة
114	8-2-4- دور الزنك في إزالة سُمية البورون بدلالة توزيع العناصر
114	1-8-2-4- دور الزنك في إزالة سُمية البورون بدلالة توزيع الزنك في أجزاء عُقل الماش
114	2-8-2-4- دور الزنك في إزالة سُمية البورون بدلالة توزيع الزنك في أجزاء عُقل الخيار
115	3-8-2-4- دور الزنك في إزالة سُمية البورون بدلالة توزيع الزنك في أجزاء عُقل الطماطة
116	4-8-2-4- دور الزنك في إزالة سُمية البورون بدلالة توزيع البورون في أجزاء عُقل الماش
117	5-8-2-4- دور الزنك في إزالة سُمية البورون بدلالة توزيع البورون في أجزاء عُقل الخيار
117	6-8-2-4- دور الزنك في إزالة سُمية البورون بدلالة توزيع البورون في أجزاء عُقل الطماطة
118	9-2-4- دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة مضادات الأكسدة اللا إنزيمية
118	1-9-2-4- دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى ASA
118	1-1-9-2-4- دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى ASA في عُقل الماش
118	2-1-9-2-4- دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى ASA في عُقل الخيار
119	3-1-9-2-4- دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى ASA في عُقل الطماطة
120	2-9-2-4- دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى GSH
120	1-2-9-2-4- دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى GSH في عُقل الماش
120	2-2-9-2-4- دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى GSH في عُقل الخيار
121	3-2-9-2-4- دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى GSH في عُقل الطماطة
121	3-9-2-4- دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى البرولين
121	1-3-9-2-4- دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى البرولين في عُقل الماش
122	2-3-9-2-4- دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى البرولين في عُقل الخيار
123	3-3-9-2-4- دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى البرولين في عُقل الطماطة
123	10-2-4- دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة مضادات الأكسدة الإنزيمية
123	1-10-2-4- دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة فعالية إنزيم SOD
123	1-1-10-2-4- دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة فعالية إنزيم SOD في عُقل الماش
124	2-1-10-2-4- دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة فعالية إنزيم SOD في عُقل الخيار
124	3-1-10-2-4- دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة فعالية إنزيم SOD في عُقل الطماطة

125	2-10-2-4 Zn في إزالة سُمية B بدلالة فعالية إنزيم CAT
126	1-2-10-2-4 Zn في إزالة سُمية B بدلالة فعالية إنزيم CAT في عُقل الماش
126	2-2-10-2-4 Zn في إزالة سُمية B بدلالة فعالية إنزيم CAT في عُقل الخيار
126	3-2-10-2-4 Zn في إزالة سُمية B بدلالة فعالية إنزيم CAT في عُقل الطماطة
127	3-10-2-4 دور الزنك في إزالة سُمية البورون بدلالة فعالية إنزيم (APX) Ascorbateperoxidase
127	1-3-10-2-4 دور الزنك في إزالة سُمية البورون بدلالة فعالية إنزيم (APX) Ascorbate peroxidase في عُقل الماش
127	2-3-10-2-4 دور الزنك في إزالة سُمية البورون بدلالة فعالية إنزيم (APX) Ascorbate peroxidase في عُقل الخيار
128	3-3-10-2-4 دور الزنك في إزالة سُمية البورون بدلالة فعالية إنزيم (APX) Ascorbate peroxidase في عُقل الطماطة
129	4 – 3 الجانب التشريحي
129	1-3-4 دور الزنك في إزالة سُمية البورون بدلالة التغيرات النسجية للأوراق
129	1-1-3-4 دور الزنك في إزالة سُمية البورون بدلالة التغيرات النسجية لأوراق عُقل الماش
130	2-1-3-4 دور الزنك في إزالة سُمية البورون بدلالة التغيرات النسجية لأوراق عُقل الخيار
130	3-1-3-4 دور الزنك في إزالة سُمية البورون بدلالة التغيرات النسجية لأوراق عُقل الطماطة
131	2-3-4 دور الزنك في إزالة سُمية البورون بدلالة التغيرات النسجية لـ Hypocotyl العقل
131	1-2-3-4 دور الزنك في إزالة سُمية البورون بدلالة التغيرات النسجية لـ Hypocotyl عُقل الماش
132	2-2-3-4 دور الزنك في إزالة سُمية البورون بدلالة التغيرات النسجية لـ Hypocotyl عُقل الخيار
133	3-2-3-4 دور الزنك في إزالة سُمية البورون بدلالة التغيرات النسجية لـ Hypocotyl عُقل الطماطة
140	5- المناقشة
166	الاستنتاجات
167	التوصيات
169	المصادر العربية
170	المصادر الأجنبية
a	الخلاصة باللغة الانكليزية

قائمة الأشكال

رقم الصفحة	العنوان	رقم الشكل
25	Schematic representation of generation of reactive oxygen species (ROS) in plant	1
26	Imbalance in any cell compartment between the production of ROS and antioxidative defence system leads to stress	2
27	Reactive oxygen species (ROS) induced oxidative damage to lipids, proteins, and DNA.	3
44	دور نقص الزنك في توليد ROS وتأثيرات ROS في النمو	4
63	المنحنى القياسي لاليومين	5
64	المنحنى القياسي للككوز	6
66	المنحني القياسي لأكسجين	7
71	المنحني القياسي للاسكوريك اسد	8
73	المنحني القياسي للكلوتاثيون	9
76	المنحني القياسي للبرولين	10
134	مقاطع المستعرضة لأوراق عُقل الماش (A- السيطرة ، B - السمية، C- المعالجة)	11
135	مقاطع المستعرضة لأوراق عُقل الخيار (A- السيطرة ، B - السمية، C- المعالجة)	12
136	مقاطع المستعرضة لأوراق العقل عُقل الطماطة (A- السيطرة ، B - السمية، C- المعالجة)	13
137	مقاطع المستعرضة لـ Hypocotyl عقل الماش (A- السيطرة ، B - السمية، C- المعالجة)	14
138	مقاطع المستعرضة لـ Hypocotyl عُقل الخيار (A- السيطرة ، B - السمية، C- المعالجة)	15
139	مقاطع المستعرضة لـ Hypocotyl عقل الطماطة (A- السيطرة ، B - السمية، C- المعالجة)	16

قائمة الجداول

رقم الصفحة	العنوان	رقم الجدول
46	Relative tolerance to B of some agronomic and horticultural crops	.1
55	مكونات محلول هوكلند	.2
83	استجابة تجذير عُقل الماش و الخيار والطماطة المهينة من بادرات نامية بقوى مختلفة من محلول Hoagland	.3
84	تحديد سُمية البورون بدلالة استجابة التجذير في عُقل الماش	.4
85	تحديد سُمية البورون بدلالة استجابة التجذير في عُقل الخيار	.5
86	تحديد سُمية البورون بدلالة استجابة التجذير في عُقل الطماطة	.6
87	تأثير التركيز السام من البورون في المحتوى الكلوروفيل لعقل الماش والخيار والطماطة	.7
87	تأثير التركيز السام من البورون في الوزن الطري (غم) لعقل الماش والخيار والطماطة	.8
88	تأثير التركيز السام من البورون في الوزن الجاف (غم) لعقل الماش والخيار والطماطة	.9
88	تأثير التركيز السام من البورون في المساحة الورقية (سم ²) لعقل الماش والخيار والطماطة	.10
89	تأثير التركيز السام من البورون في معدل النتج ($\mu\text{ml/cutting/h}$) لعقل الماش والخيار والطماطة	.11
89	شدة الإجهاد للتركيز السام من البورون في بادرات وعقل الماش ، الخيار والطماطة	.12
90	دليل التحمل للتركيز السام من البورون لبادرات وعقل الماش ، الخيار والطماطة	.13
91	تحديد تركيز كبريتات الزنك الأمثل بدلالة استجابة التجذير في عُقل الماش	.14
92	تحديد تركيز نترات الزنك الأمثل بدلالة استجابة التجذير في عُقل الماش	.15
93	تحديد تركيز كلوريد الزنك الأمثل بدلالة استجابة التجذير في عُقل الماش	.16
94	تحديد تركيز كبريتات الزنك الأمثل بدلالة استجابة التجذير في عُقل الخيار	.17
95	تحديد تركيز نترات الزنك الأمثل بدلالة استجابة التجذير في عُقل الخيار	.18
96	تحديد تركيز كلوريد الزنك الأمثل بدلالة استجابة التجذير في عُقل الخيار	.19
96	تحديد تركيز كبريتات الزنك الأمثل بدلالة استجابة التجذير في عُقل الطماطة	.20
97	تحديد تركيز نترات الزنك الأمثل بدلالة استجابة التجذير في عُقل الطماطة	.21
98	تحديد تركيز كلوريد الزنك الأمثل بدلالة استجابة التجذير في عُقل الطماطة	.22
99	استجابة التجذير لعقل الماش المعالجة بالزنك	.23
100	استجابة التجذير للعقل الخيار والمعالجة بالزنك	.24
101	استجابة التجذير للعقل الطماطة والمعالجة بالزنك	.25

102	الضرر النسبي للغشاء البلازمي Electrolytic leakage المتسبب بالبورون السام لعقل وبادرات الماش والمعالجة بالزنك	.26
103	الضرر النسبي للغشاء البلازمي Electrolytic leakage المتسبب بالبورون السام لعقل وبادرات الخيار والمعالجة بالزنك	.27
103	الضرر النسبي للغشاء البلازمي Electrolytic leakage المتسبب بالبورون السام للعقل وبادرات الطماطة والمعالجة بالزنك	.28
104	تأثير سُمية البورون في محتوى MDA لعقل الماش والمعالجة بكبريتات الزنك	.29
105	تأثير سُمية البورون في محتوى MDA لعقل الخيار والمعالجة بكبريتات الزنك	.30
105	تأثير سُمية البورون في محتوى MDA لعقل الطماطة والمعالجة بكبريتات الزنك	.31
106	تأثير سُمية البورون في فعالية إنزيم Lipoxigenase (LOX) لعقل الماش والمعالجة بكبريتات الزنك	.32
107	تأثير سُمية البورون في فعالية إنزيم Lipoxigenase (LOX) لعقل الخيار والمعالجة بكبريتات الزنك	.33
107	تأثير سُمية البورون في فعالية إنزيم Lipoxigenase (LOX) لعقل الطماطة والمعالجة بكبريتات الزنك	.34
108	تأثير سُمية البورون في محتوى البروتين لعقل الماش والمعالجة بكبريتات الزنك	.35
108	تأثير سُمية البورون في محتوى البروتين لعقل الخيار والمعالجة بكبريتات الزنك	.36
109	تأثير سُمية البورون في محتوى البروتين لعقل الطماطة والمعالجة بكبريتات الزنك	.37
110	تأثير سُمية البورون في محتوى carbohydrate لعقل الماش والمعالجة بكبريتات الزنك	.38
110	تأثير سُمية البورون في محتوى carbohydrate لعقل الخيار والمعالجة بكبريتات الزنك	.39
111	تأثير سُمية البورون في محتوى carbohydrate لعقل الطماطة والمعالجة بكبريتات الزنك	.40
111	تأثير سُمية البورون في محتوى IAA لعقل الماش والمعالجة بكبريتات الزنك	.41
112	تأثير سُمية البورون في محتوى IAA لعقل الخيار والمعالجة بكبريتات الزنك	.42
112	تأثير سُمية البورون في محتوى IAA لعقل الطماطة والمعالجة بكبريتات الزنك	.43
113	تأثير سُمية البورون في فعالية إنزيم IAAO لعقل الماش والمعالجة بكبريتات الزنك	.44
114	تأثير سُمية البورون في فعالية إنزيم IAAO لعقل الخيار والمعالجة بكبريتات الزنك	.45
114	تأثير سُمية البورون في فعالية إنزيم IAAO لعقل الطماطة والمعالجة بكبريتات الزنك	.46
115	تأثير سُمية البورون في تركيز Zn في أجزاء عقل الماش والمعالجة بكبريتات الزنك	.47
116	تأثير سُمية البورون في تركيز Zn في أجزاء عقل الخيار والمعالجة بكبريتات الزنك	.48
116	تأثير سُمية البورون في تركيز Zn في أجزاء عقل الطماطة والمعالجة بكبريتات الزنك	.49

117	تأثير سُمية البورون في تركيز B في أجزاء عُقل الماش والمعالجة بكبريتات الزنك	.50
118	تأثير سُمية البورون في تركيز B في أجزاء عُقل الخيار والمعالجة بكبريتات الزنك	.51
118	تأثير سُمية البورون في تركيز B في أجزاء عُقل الطماطة والمعالجة بكبريتات الزنك	.52
119	تأثير سُمية البورون في محتوى ASA لعقل الماش والمعالجة بكبريتات الزنك	.53
120	تأثير سُمية البورون في محتوى ASA لعقل الخيار والمعالجة بكبريتات الزنك	.54
120	تأثير سُمية البورون في محتوى ASA لعقل الطماطة والمعالجة بكبريتات الزنك	.55
121	تأثير سُمية البورون في محتوى Glutathione لعقل الماش والمعالجة بكبريتات الزنك	.56
122	تأثير سُمية البورون في محتوى Glutathione لعقل الخيار والمعالجة بكبريتات الزنك	.57
122	تأثير سُمية البورون في محتوى Glutathione لعقل الطماطة والمعالجة بكبريتات الزنك	.58
123	تأثير سُمية البورون في محتوى البرولين لعقل الماش والمعالجة بكبريتات الزنك	.59
124	تأثير سُمية البورون في محتوى البرولين لعقل الخيار والمعالجة بكبريتات الزنك	.60
124	تأثير سُمية البورون في محتوى البرولين لعقل الطماطة والمعالجة بكبريتات الزنك	.61
125	تأثير سُمية البورون في فعالية إنزيم SOD لعقل الماش والمعالجة بكبريتات الزنك	.62
125	تأثير سُمية البورون في فعالية إنزيم SOD لعقل الخيار والمعالجة بكبريتات الزنك	.63
126	تأثير سُمية البورون في فعالية إنزيم SOD لعقل الطماطة والمعالجة بكبريتات الزنك	.64
126	تأثير سُمية البورون في فعالية إنزيم CAT لعقل الماش والمعالجة بكبريتات الزنك	.65
127	تأثير سُمية البورون في فعالية إنزيم CAT لعقل الخيار والمعالجة بكبريتات الزنك	.66
128	تأثير سُمية البورون في فعالية إنزيم CAT لعقل الطماطة والمعالجة بكبريتات الزنك	.67
128	أثير سُمية البورون في فعالية إنزيم Ascorbate proxidase (APX) لعقل الماش والمعالجة بكبريتات الزنك.	.68
129	تأثير سُمية البورون في فعالية إنزيم Ascorbate proxidase (APX) لعقل الخيار والمعالجة بكبريتات الزنك	.69
129	تأثير سُمية البورون في فعالية إنزيم Ascorbate proxidase (APX) لعقل الطماطة والمعالجة بكبريتات الزنك	.70
130	تأثير سُمية البورون في بعض القياسات النسيجية لأوراق عُقل الماش والمعالجة بكبريتات الزنك	.71
131	تأثير سُمية البورون في بعض القياسات النسيجية لأوراق عقل الخيار والمعالجة بكبريتات الزنك	.72
131	تأثير سُمية البورون في بعض القياسات النسيجية لأوراق عقل الطماطة والمعالجة بكبريتات الزنك	.73
132	تأثير سُمية البورون في بعض القياسات النسيجية لـ Hypocotyl عُقل الماش والمعالجة بكبريتات الزنك	.74

133	تأثير سُمية البورون في بعض القياسات النسيجية لـ Hypocotyl عُقل الخيار والمعالجة بكبريتات الزنك	.75
133	تأثير سُمية البورون في بعض القياسات النسيجية لـ Hypocotyl عُقل الطماطة والمعالجة بكبريتات الزنك	.76

List of abbreviations

APX	Ascorbate peroxidase
ARF	Adventitious Roots Formation
ASA	Ascorbic acid
ATP	Adenotriphosphate
B	Boron
BOR	boron -transporting proteins
BSA	Bovine serum albomin
CA	Carbonic anhydrase
CAT	Catalase
DCP	2,4-Dichloro phenol
DHA	Dehydroascorbate
DNA	Deoxnucleic acid
DNPH	2,4 Dinitropheny hydrazine method
DTNB	5, 5-dithiobis or 2-nitrobenzoic acid
DTNB	5,5Di thio bis2-nitro benzoic acid
EC	Electrical Conductivity
EDTA	Ethylene Di Amine Tetra Acetic Acid
EDTA- Na₂	Ethylene diamine Tetraacetic disodium
GSH	Glutathione
GSSG	Oxidized glutathione
H	Hour
IAA	Indole-3-acetic acid
IAAO	IAA oxidase
LO	Lipid peroxidation
LOX	Lipoxygenase
m- HPO₃	Metaphosphoric acid
MDA	Malondialdehyde
MDHA	Monodehydroascorbate
MG	Methylglyoxal
NADH	Nicotinamide adenine dinucleotide
NADPH	Nicotinamide adenine dinucleotide phosphate
NBT	Nitro blue tetrazolium
NO	Nitric oxide
PUFAs	polyunsaturated fatty acids
RNA	Ribonucleic acid
ROS	Reactive oxygen species
SOD	Superoxide dismutase
STI	Stress tolerance index
TBA	2-thiobarbituric acid
TBA	Thiobar butric acid
TCA	Trichloroacetic acid
TIBA	triiodobenzoic acid
Zn	Zinc
μl	Microlitre

مقدمة عامة : General introduction

أصبحت مشاكل انخفاض الإنتاج الزراعي في العالم مخيفة بسبب قلة إنتاجية النبات وزيادة النمو السكاني ، وحسب خبراء FAO بان الإنتاج الزراعي يحتاج إلى زيادة 70% في عام 2050، وان أسباب قلة الإنتاجية قد تعزى إلى التغيرات البيئية التي تؤثر في نمو وتكشف وإنتاجية النبات وزيادة النمو السكاني لاسيما في الدول النامية حيث توجد مشاكل جوهريّة في التغذية وهناك زحف سكاني على المناطق الزراعية ، ولضمان الغذاء لآبد من ان تكون هنالك زيادة في الإنتاج توازي الزيادة في النمو السكاني (Dyson, 1999). كما ان التجهيز القليل غير المتوازن للمغذيات المعدنية وقله خصوبة التربة الضعيفة هي مشاكل تسبب النقص في الإنتاج الزراعي العالمي وخصوصا في الدول النامية ويخمن بان حوالي 60% من الترب الزراعية فيها مشاكل محددة للإنتاج الزراعي مشتركة مع نقص أو سُمية المغذيات المعدنية (Cakmak, 2002). واستنادا إلى (Byrnes and Bumb (1998) ففي العشرين سنة القادمة استهلاك الأسمدة يجب أن يزداد بمقدار ضعفين لتحقيق الزيادة المطلوبة في إنتاج الغذاء لذا فان البحث في مجال تغذية النبات ستكون لها الأولوية والتي تساهم في زيادة الإنتاج. أما التغيرات البيئية التي تؤثر في نمو وتكشف وإنتاجية النبات مثل درجات الحرارة المتطرفة ، ارتفاع CO₂ ، الجفاف ، الملوحة ، المعادن الثقيلة ، بالإضافة إلى قلة او زيادة المغذيات في التربة تزداد نتيجة النمو السكاني المتزايد . وهذه الاجهادات تساهم بشكل هام في خفض الإنتاج الزراعي وتتراوح نسبة الانخفاض ما بين (54-82)% ، واغلب الانخفاض المتسبب بالاجهادات البيئية ناتج من الملوحة ودرجات الحرارة المتطرفة والضوء الزائد والتجهيز غير الكافي او سمية المغذيات المعدنية لذا فان دعم الأمن الغذائي يوجه نحو تقليل أضرار الاجهادات البيئية على إنتاج المحاصيل بواسطة الموازنة في تجهيز المغذيات المعدنية . وقد طورت النباتات آليات للتحمل وللبقاء تحت ظروف الاجهادات البيئية المختلفة والأدلة المتزايدة اقترحت بان حالة المغذي المعدني تلعب دور حاسم في زيادة تحمل النبات لظروف الاجهادات البيئية (Marschner, 2012) .

ان استعمال المغذيات النباتية المعدنية في الحقيقة هو خيار محتمل الذي يمكن ان يخفف التأثيرات أو الأضرار التي تسببها الاجهادات على النبات (Anjum, 2010) ، حيث ان المغذيات المعدنية مهمة في نمو وتكشف النبات وزيادة الإنتاج الأمثل للكثير من النباتات النامية في ظروف بيئية مختلفة (Cakmak, 2005). بالإضافة إلى ازدياد الأدلة المقترحة فان الحفاظ على حالة المغذيات المعدنية في حالة توازن للنبات تلعب دور حاسم في زيادة كل من الإنتاجية والتحمل لاجهادات البيئية المختلفة (Cakamak, 2005; Umar et al., 2008). لذا فان من الضروري تحسين تأقلم وتحمل النباتات للاجهادات وذلك للحفاظ على الإنتاج الزراعي الذي يوازي الطلب

المتزايد على الغذاء وان زيادة أو قلة المغذيات تكون مؤذية للنبات وتعد من الاجهادات غير الحيوية (Ayvaz *et al.*, 2012). ومن المشاكل الجوهرية والمحددة لإنتاجية النبات في المناطق الجافة وشبه الجافة من العالم هي سمية البورون كما هي مجسدة ميدانيا في استراليا ، بلدان البحر الأبيض المتوسط ، كاليفورنيا ، تشيلي، العراق ، مصر ، الأردن ، ليبيا ، المغرب ، سوريا وتركيا (Aquea *et al.*, 2012 ; Landi *et al.*, 2012; Yau *et al.*, 1995) وتنشأ الزيادة في مستوى البورون في محلول الترب من خلال التصريف السيئ للترب الملحية ذات pH العالي (Grieve and Poss, 2000). وربما تحدث بصورة طبيعية في التربة نتيجة الاستخدام المفرط لمياه الري الغنية بالبورون وقلة التصريف. تبخر المياه الجوفية الواصلة إلى سطح التربة بواسطة الخاصية الشعرية الحاوية على تراكيز عالية من البورون الاستهلاك المفرط من الأسمدة الحاوية على البورون كذلك تساهم في تراكم البورون بالتربة (Nable *et al.*, 1997; Tanaka and Fujiwara, 2008). وكذلك من جراء استخدام التصريف كبديل للمياه العذبة كما يحصل في العراق بسبب قلة المياه مما يدعو المزارعين لاستخدام مياه الآبار أو الينابيع المفتوحة ، فضلاً عن الفضلات الناتجة من التعدين والترميد الجاف Ash fly والصناعات الكيماوية (Nable *et al.*, 1997 ; Alpaslan and Gunes, 2001). تحتوي بعض الترب كميات غير كافية من البورون لدعم النمو الطبيعي للنبات بينما الترب الحاوية على البورون الزائد والذي تسبب السمية في البعض الآخر من النباتات (Esim *et al.*, 2012). وسمية البورون تحدث في الترب الحاوية لأكثر من 12mg/kg (Hall, 2010). وسمية البورون تتحقق في الترب المتأثرة بالقاعدية والملوحة وقلة الأمطار (Marschner, 1995; Nable *et al.*, 1997) وتختلف متطلبات البورون بين الأنواع النباتية وكذلك بين التراكيب الوراثية لنفس النوع فعلى سبيل المثال النباتات الحساس (الماش ، التفاح وفاكدو) يمكن أن تنمو في أمان في تراكيز 0.3 mg B/L ، النباتات معتدلة التحمل (الشوفان ، الذرة ، الخيار والبطاطا) تنمو في 1-2 mgB/L أما النباتات المتحملة (الطماطة ، الجزر، الجت وبنجرالسكر) فتتمو في 2-4 mg B/L دون ضرر (Keren and Bingham, 1985). وان إدارة سمية البورون أكثر صعوبة من النقص كذلك أن النقص يمكن منعه بالتسميد وعلى أي حال فالتسميد لتفادي النقص يؤدي إلى السمية ويكون المدى بين النقص والسمية للـ B أضيق من أي مُغذٍ ضروري للنبات (Herrera-Rodrigues *et al.*, 2010; Siddiqui *et al.*, 2012) ، أن تخفيف مستوى البورون العالي من الترب يكون غاية في الصعوبة من خلال عملية الارتشاح leaching. حيث انه بالإمكان ارتشاح البورون بعيداً عن منطقة الجذور فقط في المناطق ذات الأمطار الغزيرة أو تحت وفرة من عمليات الري فأنها تعاني من نقص البورون ، إلا انه في المناطق الجافة أو الترب ذات الطبقات

التحتية غير المنفذة فان تراكيز البورون في منطقة الجذور تكون عالية (McDonald *et al.*, 2010). لذا فان معالجة الترب الحاوية على تراكيز سامة من البورون غير مجدية لان المياه تكون محدودة في المناطق الجافة وان تخفيفها غاية في الصعوبة. والنباتات لديها مدى من أنظمة الدفاع الذي قد يشترك في المقاومة وتحمل الاجهادات الغذائية (Metwally *et al.*, 2012). وعلى هذا الأساس فان البحوث قد ركزت على الجوانب الأكاديمية العلمية ، ودراسة تأثيراتها على نباتات مختلفة ، دراسة ميكانيكيات المقاومة أو تحمل سمية البورون ، إنتاج سلالات نباتية مقاومة من خلال الهندسة الوراثية أو اكتشاف الجينات المسؤولة عن تحمل البورون في النباتات المتحملة لهذا العنصر ثم دراسة التعبير الجيني لها (Hossain *et al.*, 2011). واعتمادا على ذلك فان تحسين حالة الزنك التغذوية للنباتات النامية في الظروف الملحية له أثر حاسم في حماية النبات من سمية الأملاح ، ودور الحماية هذا يرجع إلى حفظ تركيب وسلامة الأغشية السايטوبلازمية والسيطرة على أخذ الايونات السامة (Cakmak and Marschner, 1988) ، فضلاً عن ادوار الحماية التي يقوم بها الزنك ضد الجذور الحرة اقترحت بان أيونات الزنك تحمي النباتات المجهددة ليس فقط من أخذ السامة عبر الغشاء بل من ضرر مهاجمة ROS أيضاً. علاوة على ذلك فان الإجهاد المعدني المتمثل بسمية البورون يعهد من الاجهادات التأكسدية (Del Rio *et al.*, 2003) والتي تنتهي بتكوين الـ (ROS) كالـ superoxide والـ hydroxyl والـ H₂O₂ (Esim *et al.*, 2012 ; Mittler, 2002). ومما هو جدير بالذكر فان تجمع ROS يحصل تحت ظروف تراكم البورون عن الحد اللازم وكذلك تحت ظروف نقص الزنك في كثير من النباتات مما يتسبب في التلف التأكسدي للدهون والبروتينات و DNA ويؤدي إلى موت الخلية (Molassiotis *et al.*, 2006). لذا فان أخذ هذه المشكلة بنظر الاعتبار وهي سمية البورون ونقص الزنك في المناطق الجافة وشبه الجافة والتي من ضمنها العراق كان السبب الذي من اجله قامت هذه الدراسة وذلك لفحص نباتات مختلفة في حساسيتها للبورون ومعالجتها بالزنك وفهم ادوار الزنك كمضاد للأكسدة وإدراك الآليات الفسلجية والتشريحية والبايوكيميائية التي تقف وراء العلاقة بين التغذية بالزنك والاختلافات في تحمل سمية البورون ، لذلك تم استخدام الزنك لمعالجة سمية البورون في هذه الدراسة لمعالجة الإجهاد التأكسدي. ومما يؤكد هذه الحالة التقارير المنشورة حول أثر الحماية للزنك ضد سمية البورون في نباتات الشعير (Singh, 1990) والحنطة (Graham *et al.*, 1987; Nasim, 2010) والطماطة (Gunes *et al.*, 2000) والفاصوليا bean (Gunes *et al.*, 2009) ، على الرغم من كونها لم تشفع سمية البورون بالآليات التأكسدية إلا أنها قد تكون عن طرق أخرى. وقد تضمنت الدراسة المحاور الآتية :

A- المحور الأول الجانب الفسيولوجي وشمل

1- تحديد قوة (strength) محلول (Hoagland) المؤثرة ايجابيا في نمو البادرات قيد الدراسة وهي :

A- الماش / حساس للبورون (B)

B - الخيار / معتدل الحساسية أو التحمل للبورون

C - الطماطة / متحمل للبورون (Mass, 1989)

2- تحديد مستوى السمية Toxic level للبورون المجهز من الخارج لعقل النباتات قيد الدراسة. الذي يسبب تثبيط إستجابة تجذير العقل بشكل معنوي عن عينة السيطرة. المتوقع أن مستويات السمية تختلف حسب النوع والحساسية للبورون . ان مستوى السمية يعني اختزال النمو 50% بدلالة عدد الجذور العرضية /العقلة إضافة إلى اختزال الوزن الجاف واليخضور فضلاً عن الاختزال المتوقع في المساحة الورقية وكذلك في معدل النتج .

3- تجهيز التركيز نفسه أعلاه (التركيز السام من البورون) لبادرات الأنواع قيد الدراسة لمعرفة دور الجذور في الاليات التحمل مقارنة بالبادرات أو عقل السيطرة من خلال قياس:

A- شدة الإجهاد.

B - دليل تحمل الإجهاد الملحي.

4- تحديد التركيز الأمثل من Zn بدلالة تكوين الجذور العرضية في العقل للأنواع الثلاثة قيد الدراسة بعد إضافته للمحلول المغذي (نصف القوة) على هيئة $ZnSO_4$ ، $ZnCl_2$ و $Zn(NO_3)_2$ واختيار الأفضل .

5 - استعمال التركيز الأمثل من Zn (لأفضل مادة مؤثرة إيجابياً لأملح Zn لإزالة سمية البورون للأنواع قيد الدراسة عندما يجهز قبل وبعد وإثناء المعاملة بالبورون السام .

B-المحور الثاني : جانب القياسات البايولوجية وشمل:

1- تقدير متطلبات التجذير الأساسية من أوكسين (IAA) وبروتينات والكاربوهيدرات وأنزيم IAA oxidase .

2 - متطلبات Lipid peroxidation بعد مهاجمة البورون للأغشية الساييتوبلازمية ونواتج ذلك : (MDA) Malondialelyde وفعالية أنزيم Lipoxygenase.

3 - قياس اضطراب النفاذية بدلالة EC في العقل المعرضة لسمية البورون والمعالجة بالزنك وتقدير مستويات B و Zn في أجزاء العقلة المعرضة لسمية البورون والمعالجة بـ Zn.

ولكون الإجهاد المعدني للـ B يعد واحداً من الاجهادات التأكسدية ، لذا يتطلب تقدير متطلبات الأوكسدة :

A - اللانزيمية : Ascorbic acid ، Glutathione و Proline

B - الأنزيمية : (SOD) Superoxidase dismutase و (CAT) Catalase و Ascorbate

peroxidase (APX).

C – الجانب التشريحي وتضمن :

أخذ مقاطع عرضية في أجزاء مختلفة من العقلة و البادرة كالساق، الجذر أو الورقة . تلك الأجزاء التي تظهر عليها أعراض سمية B قبل وبعد معالجتها بالـ Zn.

الهدف من الدراسة :

تهدف الدراسة إلى تحديد أثر الزنك في إزالة سمية البورون فسيولوجيا من خلال الفعل المتبادل بينهما وتوقيت ذلك بوجود بيئة متوازنة من المغذيات في المزارع المائية وبايوكيميائياً كون الزنك يعد co-factor لعدد من الإنزيمات المضادة للأوكسدة وأثرها في كسح الـ (ROS) وحماية النبات من التلف التأكسدي. والى جانب ذلك أثر الزنك في بناء البروتينات والكاربوهيدرات التي تُعد من المتطلبات الأساسية لنشوء وتكشف البادئات الجذرية لأنواع النباتية الثلاثة قيد الدراسة التي تختلف في حساسيتها وتحملها للبورون.

ومن جانب آخر فإن نتائج الاختلافات المتوقعة في الجانب التشريحي قد تعكس وتؤكد الآليات التي من خلالها تم تصنيف النباتات إلى حساس ومتحمل وما بينهما وفي حالة تطابقها أو تزامنها مع نتائج الجانب الفسيولوجي و نتائج الجانب البيوكيميائي سيكون من السهل استيضاح ادوار الزنك أعلاه.

أهمية البحث :

تكمن أهمية البحث في إمكانية إضافة الزنك إلى الأراضي المتأثرة بزيادة البورون لتقليل سميته على النباتات المزروعة كما أن نجاح العملية قد يوفر قاعدة لاستراتيجيات متطورة التي قد تسمح لنا في النهاية بتطوير نباتات مهندسة وراثيا لها قدرات لتحمل البورون و/أو تراكم البورون وهذه النباتات مفيدة لتطوير المحاصيل النامية في الترب الملوثة بالبورون أو تطوير نباتات تقاوم تراكم البورون لاختزال المخاطر المرتبطة بسمية البورون والحفاظ المستمر على الإنتاج النباتي.

2- مراجعة المصادر

1-2- نبات الماش Mung bean

نبات الماش Mung bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) من العائلة البقولية (Leguminase) واسعة الانتشار وتحتل المرتبة الثالثة لأكبر العوائل النباتية الزهرية التي تضم حوالي 650 جنساً وما يقارب 20 ألف نوعاً (Doyle, 1994). الماش له العديد من الأسماء المحلية منها بقلة الماش Mung bean، الماش الذهبي golden gram، الماش الأخضر green gram، الماش المهروس mash bean أو الصويا الخضراء green soy bean (Rubatzky and yamauchi, 1997).

الماش من المحاصيل الغذائية المهمة لأنه مصدر للبروتين النباتي في كثير من المناطق المأهولة بكثافة سكانية عالية ويكون بسعر أقل من البروتين الحيواني، وبذور الماش مصدر للبروتين النباتي للذين يفضلون البروتين النباتي على الحيواني عند الحماية الغذائية، والماش مصدر مهم لحامض الفوليك ومصدر جيد للمغنسيوم والفسفور والثيامين Thiamin. (Rubatzky and yamauchi, 1997). يعد نبات الماش من النباتات الحولية annuals ومن محاصيل الفصول الدافئة، هو نبات كثير التفرع يمتلك أوراقاً متعاقبة ثلاثية الورقيات trifoliolate وأحياناً يتكون من خمس ورقيات leafletes ذات لون أخضر داكن بيضوية الشكل من 5 إلى 12 سم طولاً ومن 2 إلى 10 سم عرضاً، يزهر بعد (50-60) يوماً من الزراعة وبعده يستمر في التزهير لبضع أسابيع وعند النضج تتكون عناقيد من القرينات الحاوية على البذور التي قد تنفجر عند الجفاف وتحتوي القرنة من 8 إلى 20 بذرة ووزن البذرة يتراوح من 15 إلى 85 ملغم (Baldev, 1988). يزرع الماش في مدى واسع في الهند والمناطق المجاورة منذ آلاف السنين وانتشر إلى البلدان الاستوائية وشمال أفريقيا وحالياً هو منتشر في أوروبا وأستراليا، الماش الآن هو المحصول الأكثر أهمية (في المرتبة الأولى) في تايلند والفلبين وفي المرتبة الثانية في سيريلانكا وفي المرتبة الثالثة في الهند وبورما وبنغلاديش واندونيسيا. وهو محصول منتشر أيضاً في الصين، إيران، كينيا، كوريا، ماليزيا، الشرق الأوسط، بيرو، تايوان والولايات المتحدة الأمريكية (Summerfield and Roberts, 1985).

يزرع الماش بموسمين الأول (منتصف آذار وحتى أوائل نيسان) والثاني (أوائل حزيران وحتى أواخر آب)، ويزرع في المناطق المعتدلة والمناطق الجافة والأراضي المرتفعة والمنخفضة والسهول العشبية والرطبة (NAS/NRC, 1979) وأفضل الترب لزراعته هي الترب المزيجية (Poehlman, 1979) Loam soil.

2-2- نبات الخيار Cucumber

يعود الخيار (*Cucumis sativus* L.) إلى العائلة القرعية (*Cucurbitaceae*) التي تضم 118 جنساً و 825 نوعاً وهذه الاجناس متوزعة في المناطق الاستوائية وشبة الاستوائية من العالم (Wang, et al. 2007). والاجناس الأكثر أهمية في هذه العائلة هي الرقي watermelon (*Citrullus lanatus*) والخيار (*Cucumis sativus*) والبطيخ melon (*Cucumis melon*) (FAO, 2006). عائلة القرعيات تضم تحت عوائل *Zanonioideae* و *Cucurbitaceae* وتحت العائلة *Cucurbitaceae* تشمل ثمانى رتب التي منها *Melothrieae* و ينتمى لها جنس *Cucumis* ويتضمن هذا الجنس 30 نوعاً وأنواع هذا الجنس منتشرة في كافة أنحاء العالم. والخيار كمحصول أخضر له أهمية اقتصادية كبيرة وأكثر الخيار المنتج في العالم يصدر إلى السوق طازجا والصين هو البلد الأكثر إنتاجاً، وهو يستعمل بشكل رئيس للسلطات. عُرف الخيار لأول مرة في الهند ثم توزع إلى اليونان وإيطاليا وادخل إلى الصين حول 100 قبل الميلاد (Plader et al., 2007) وفي أفريقيا يستخدم الخيار في علاج التهاب الأمعاء الدقيقة وفي الصين تطبخ الثمار غير الناضجة لمعالجة الزحار عند الأطفال (Grubben and Denton, 2004) بالإضافة إلى أن مستخلصات الخيار لها مميزات فهي مطهرة ومنظفة مما جعلها مهمة في صناعة مواد التجميل، يدخل، أيضاً في صناعة المبيدات بسبب احتوائه على الستيرويدات Steroids من ضمنها Cucurbitacins (Wang et al., 2007). الخيار يتطلب جواً دافئاً، في البلدان الباردة ينمو فقط في البيوت الزجاجية، و درجات الحرارة النهارية المثلى التي تعطىها 30 م° ودرجات الحرارة المثلى الليلية هي من 18 الى 21 م°. الحساسية إلى الضوء تؤثر في الناتج من خلال تحديد الصفات الجنسية وكذلك نوع النمو وعلى سبيل المثال النهار القصير يشجع النمو الخضري وإنتاج الثمار الأنثوية. الخيار يحتاج الى كميات كبيرة من الماء، بسبب المساحة الورقية الكبيرة له يزهر بعد 40-45 يوم من الزراعة، الأزهار الذكرية تتطور مبكراً قبل الأنثوية، الثمار يمكن ان تجنى بعد 1 - 2 أسبوع من التزهير (Grubben and Denton, 2004; Wang et al., 2007).

فيما يتعلق بالتركيب الغذائي للخيار فان المكون الأغلب له الماء مع البروتينات ودهون وكاربوهيدرات ومعادن وكذلك الألياف المهمة لجهاز الهضمي، والخيار يحتوي على بعض الفيتامينات الأساسية ومضادات الأكسدة التي هي ضرورية لصحة الإنسان، بالإضافة إلى cucurbitacin التي تكون في الأوراق والثمار ويحمي الثمار من مهاجمة الحشرات (Grubben and Denton, 2004; Wang et al., 2007).

3-2- نبات الطماطة *Tomato plant*

نبات الطماطة (*Lycopersicon esculentum* Mill.) واحد من المحاصيل التي نجحت زراعتها في المزارع المكشوفة والمغطاة كما زرعت بدون تربة (Kaloo, 1989). وتعد الطماطم بعد البطاطا، من الخضراوات الأكثر شعبية في الاستهلاك العالمي (Matoo and Handa, 2008). نبات الطماطة من العائلة الباذنجانية Solanaceae التي يعتقد بان أصلها من الساحل الغربي لأمريكا الجنوبية ومنه انتشرت إلى جميع أنحاء العالم. ثمانية أنواع تنتمي إلى جنس *Lycopersicon* وكذلك الأنواع البرية في الشريط الضيق على الساحل الغربي لأمريكا الجنوبية ما بين جنوب الإكوادور وشمال شيلي مروراً ببيرو (ما بين خط الاستواء وخط العرض 23 جنوباً) (Warnock, 1991). ينمو محصول الطماطة بمدى مناخي متغير يتراوح بين المنطقة المدارية والدرجات القريبة للدوائر القطبية (Foolad, 2004). وفي دراسة لـ Gol عام (2006) بيّن أنه على الرغم من هذا التوزيع الواسع، إلا أن الإنتاج يتركز في المناطق قليلة الجفاف والحرارة المعتدلة (البحر الأبيض المتوسط، أجزاء أمريكا الجنوبية والغربية كذلك المكسيك). الطماطة ذات قيمة غذائية عالية التنوع، إذ تُعد مصدراً جيداً للبتواسيوم وفيتامين A، C، (Saeed and Ahmad, 2009)، كما تحتوي على اللايكوبين Lycopene ومركبات فينولية مختلفة والمعادن ومضادات الاكسدة (Grierson and Kader, 1986)، فإنها تمتاز بالقدرة على اختزال مخاطر العديد من الأمراض السرطانية Cancers وهذا ما أشار إليه Gol (2006). وينصح بأكلها للمصابين بداء السكري وأصبحت لا تخلو منه مائدة في أي وجبة وتستهلك في الصناعات الغذائية فضلاً عن الاستهلاك الطازج (Delaplace et al., 2009).

4-2- الاجهادات Stresses:

يعرف الإجهاد Stress في عالم الأحياء بأنه أي عامل بيئي (خارجي) يسبب تأثيرات غير ملائمة تؤدي إلى تحييد الكائن عن أداء وظائفه الأصلية، وقد أطلق مصطلح الشد Tension للتعبير عن الظروف غير الملائمة التي يعيش فيها الكائن الحي، وان استخدام هذا التعبير يكون قريباً إلى الجانب الميكانيكي المعروف في عالم الفيزياء على الرغم من عدم تطابق التفاصيل بشكل كامل في هذين العالمين. ففي عالم الفيزياء واستناداً إلى قوانين نيوتن في الحركة فان القوة المسلطة على جسم معين تجابه بقوة معاكسه لها بالاتجاه و مساوية لها بالمقدار، والقوة هنا تمثل حالة الشد الذي تعرض له الجسم الذي يكون بمثابة الإجهاد stress على ذلك الجسم ومن ثم التغيير في حجمه، ويزداد التغيير في أبعاد الجسم كلما زاد الإجهاد. ويختلف الإجهاد في عالم الأحياء عن الإجهاد الميكانيكي بنقطتين رئيسيتين هما:

يقاس الإجهاد الميكانيكي بوحدات القوة فيما يقاس الإجهاد الإحيائي بوحدات الطاقة. يرتبط مفهوم الإجهاد في عالم الأحياء مع إمكانية حدوث الشد الضار Injurious strain (ياسين، 2001). تقسم الاجهادات التي يتعرض لها النبات إلى قسمين ، الأول يدعى اللاحيوي Abiotic stress الذي يظهر من خلال زيادة أو نقص في البيئة الكيميائية أو الفيزيائية مثل الجفاف، الملوحة، الضوء العالي، الإشعاع فوق البنفسجية، درجات الحرارة المتطرفة (صدمة حرارية، برودة)، المعادن الثقيلة ، التلوث الجوي (الأوزون ، SO₂). الإجهاد الميكانيكي ، الأجسام الغريبة xenobiotics ، مبيدات الأعشاب Herbecides ، السموم ونقص العناصر الغذائية وغيرها (Sharma et al., 2012). الاجهادات البيئية تثبط النمو وتحد من الإنتاجية في كثير من الأنواع النباتية بأكثر من 50% (Gao et al., 2007). وعرف (Mane et al., 2011) الإجهاد غير الحي بكونه كل عامل ذات تأثير سلبي على الكائنات الحية في بيئة معينة.

وسمية البورون هي واحدة من الاجهادات البيئية Abiotic stresses (العوامل غير الحية) التي تحدد نمو وإنتاج النبات في المناطق الجافة وشبه الجافة (Agbool et al., 2012). والثاني يدعى بالإجهاد الحيوي Biotic stress الذي ينتج بفعل كائنات أخرى مثل مسببات المرضية pathogens التي تهاجم النبات (بكتريا ، فطريات والفيروسات) (Dangl and Jones, 2001). وتُشير تلك الدراسات إلى أن النباتات التي تتعرض إلى واحد أو أكثر من تلك الاجهادات فإن قيم و تراكيز أنواع الأوكسجين الفعالة (ROS) سوف ترتفع نتيجة ذلك الإجهاد (Reddy et al., 2004). وفي دراسة للـ Parida and Das (2005) بينت أن الإجهاد الملحي يؤثر في الخصائص المظهرية ، الفسلجية، الكيموحيوية والتشريحية.

والإجهاد التغذوي (الإجهاد المعدني) ظاهره معقدة وتتطلب جهود من قبل الباحثين في مجال التربة ، البيئة ، فسلجة النبات ، الكيمياء الحيوية والبايولوجي الجزيئي . والإجهاد الغذائي قد ينتج من نقص عنصر غذائي او من تواجد العنصر بكميات زائدة أو احد العناصر بتراكيز عالية قد يؤدي إلى نقص عنصر آخر وبشكل عام فإن العنصر المعدني الذي يسبب السمية ينتج عنه بعض الأعراض المميزة ، والأعراض الأكثر أهمية هي إعاقة النمو وفقدان الكلوروفيل Chlorosis و قد تكون ناشئة من سمية خاصة للمعدن إلى ذلك النبات أو بسبب تضاد antagonism مع مغذيات أخرى (Rao et al., 2006).

2-5- البورون Boron:

البورون عنصر شبه معدني في الزمره الثالثة من الجدول الدوري الذي له عدد ذري 5 ووزن ذري 10.81 غم /مول ورمزه كيميائي B يوجد في كل مكان من البيئة ، ولكن وفرة البورون في الكون منخفضة جدا ومع هذه القلة فانه واسع الانتشار في القشرة الأرضية Lithospher والمائية

Hydrospher. و تراكيز البورون تتراوح بين 5-10 ملغم/ كغم في الصخور و 3-30 ملغم/ كغم في البحار و 4-5 ملغم/ كغم في الأنهار (Kot, 2009). ولا يوجد البورون بشكل معدن لوحد في الطبيعة لكن يوجد في الصخور ويتركز في الرواسب مثل البلورات ومن خلال عمليات التجوية وتفطيت الصخور يذهب البورون بسهولة إلى محلول التربة وبصوره رئيسة كحامض البوريك (Nable *et al.*, 1997). وفي محلول التربة يوجد حامض البوريك ويمكن أن يترشح بسهولة تحت ظروف المطر مما يؤدي إلى نقص البورون في النباتات النامية في مناطق كثيرة من اليابان والصين والولايات المتحدة الأمريكية والبرازيل وفي المناطق التي تمتاز بقلّة الأمطار لا يترشح بشكل كافي وبذلك يتجمع إلى مستويات تكون سامة لنمو النبات وهذه غالباً ما تكون في المناطق الجافة وشبه الجافة (Yan *et al.*, 2006; Reid, 2007a).

أول من قدّم الأدلة والبراهين المقنعة لضرورة البورون في تغذية النبات هو العالم الفرنسي Maze عام 1919 ومن ثم أكد نتائجه العالم الانكليزي Warington (1923) في دراسة على نبات الفاصوليا ، وذكر ان البورون ضروري للنباتات وجاهزية البورون في التربة وماء الري ضروريان في تحديد الإنتاج النباتي (Tanaka and Fujiwara, 2008) , ونقصه أو سُميته تسبب تلف أو إضعاف لبعض العمليات الفسلجية (Chamacho-Cristobal, 2008). البورون من المغذيات الصغرى الضرورية للنمو الطبيعي للنبات (Emebiri *et al.*, 2009) ، وهو مطلوب في الجدار الخلوي (Reid, 2010) ويساهم في مسامية الجدار الخلوي (Fleischer *et al.*, 1999) وقوة الشد (Ryden *et al.*, 2003) ويعتبر في نقل السكر sugar transport ، أيضاً الكاربوهيدرات carbohydrate metabolism ، بناء الجدار الخلوي cell wall synthesis وانقسام الخلية cell division (Moore, 2004) ، تحفيز الحامض النووي. وتنشيط العديد من الإنزيمات (Rehman *et al.*, 2006) وظيفه الغشاء المطلوبة في عملية البناء الضوئي (Paull, 1990) وتكوين أنبوب اللقاح (Hassan, 2007) ونقص البورون يصاحبه زيادة في فعالية الإنزيمات المؤكسدة لهرمون IAA إنزيم IAA-oxidase ونقصان في محتوى الحامض النووي RNA (Hopkins, 1999). وبسبب الوظيفة التركيبية للبورون ومحدودية حركته في اغلب الأصناف جعلت البورون واجب التجهيز بشكل مستمر خلال حياة النبات لذلك فان السيطرة على جاهزيته في الترب تعد من الأمور الزراعية المهمة (Herrera-Rodriguez *et al.*, 2010). وتختلف نباتات ذوات الفلقة الواحدة عن ذوات الفلقتين في متطلبات البورون (Asad *et al.*, 2001) من المحتمل ان يعمل البورون كإشارة خلوية من خلال تداخله مع عوامل الاستنساخ. وهذه الوظائف مستمدة من قابلية البورون على تكوين معقدات مع أنواع مختلفة من المركبات البيولوجية التي تحتوي على مجموعة الهيدروكسيد Hydroxyl group في التركيب Cis ويمكن ان يكون ساماً إذا توافر

في الترب بمستويات مفرطة ، والحد من انتاجية المحاصيل ونوعيتها من المشاكل الزراعية التي تعاني منها كثير من مناطق العالم وخصوصا المناطق الجافة وشبه الجافة (Sakamoto, 2011) .

2-6- أخذ وتوزيع البورون في النبات

Boron uptake and distribution in plant

نقص وسُمية البورون تسبب اضطرابا كبيرا في النبات مما يؤدي الى الحد من نمو النبات في المناطق ذات الامطار الغزيرة والمناطق الجافة وشبه جافة (Nable *et al.*, 1997)، لذلك يجب فهم وادراك الأليات التي يتم من خلالها نقل وتوزيع البورون في النبات. وخلال السنوات الاخيرة ظهرت خطوات لتوضيح او شرح الميكانيكيات الجزئية المستعملة في أخذ البورون بواسطة خلايا الجذور وتجمع البورون فيها . اذ يوجد البورون في التربة بشكل حامض البوريك H_3BO_3 وكذلك يكتسب $(B(OH)_3)$ وبسورات BO_3 وثابت التفكك لحامض البوريك $B(OH)_3$ وفي $pH = 9.25$ المتعادل يميل التوازن باتجاه حامض البوريك $B(OH)_3$. وكما هو معروف، النباتات تأخذ البورون من محلول التربة بهذا الشكل الكيميائي (Marschner, 2012). وأشار Schulin وجماعته (2010) الى ان انتقال B يتبع مجرى الماء السليبي من الجذور إلى الأوراق ويتراكم بشكل خاص في نهايات عروق الأوراق ، ولوحظ ان هذه الانسجة تكون أعراض السُمية أكثر وضوحاً فيها مثل chlorosis و necrosis ولاوقات طويلة كان يعتقد بان هذا العنصر المغذي ينتشر بشكل سلبي passive (نقل لايتحفز بواسطة البروتينات) عبر الاغشية البلازمية ومعدل أخذ البورون محكوم بتركيز البورون في الوسط الخارجي ، ومعقدات البورون الداخلية واستعمال النبات للماء. حتى التسعينات يعد قادرا على تلبية متطلبات النباتات من البورون وهذه الفرضية تستند الى نفاذية حامض البوريك عبر طبقات الدهن الثنائية (Raven, 1980) بواسطة خلايا الجذور من خلال ميكانيكية الانتشار البسيط . وان الأخذ غير الفعال يلبي متطلبات النبات من هذا العنصر تحت الظروف الكافية من البورون والزيادة في جاهزية البورون فالنقل السالب يمثل المسار الرئيسي في نقل البورون (Tanaka and Fujiwara, 2008). ومن العيوب الرئيسية لفرضية أخذ البورون سلبياً أنها لا تشرح الاختلافات الملاحظة بين الأنواع النباتية المختلفة في تحملها للبورون ، ووجد أن تراكم البورون في الأصناف الحساسة أكثر مما في الأصناف المتحملة إذا نمت في الظروف نفسها (Nable, 1988). وهذه الفرضية غير صحيحة الان ، ومن جانب آخر وتحت ظروف نقص أو قلة تجهيز البورون هنالك ميكانيكيات أخرى ضرورية لنقل البورون ضد تدرج التركيز (Dannel *et al.*, 2000). وأول ناقلات بروتينية للبورون boron-transporting proteins (BOR) حددت في نبات *Arabidopsis thaliana* وهذا البروتين مطلوب لنقل حامض البوريك

ضد تدرج التركيز تحت ظروف قلة تركيز البورون ولوحظ بأنها ضرورية عند التجهيز الواطئ من البورون (Takano *et al.*, 2002). و BOR تنظم في مستوى ما بعد الاستنساخ post-transcriptional وتتحلل هذه البروتينات عند التجهيز الكافي والعالي من البورون واقترح بان هذا التنظيم المتطور هو للحفاظ على أخذ البورون تحت ظروف النمو المتغيره (Takano *et al.*, 2005, 2010). وتحديد هذه الناقلات اظهر الوظائف الفسولوجية لهذه الناقلات في حفظ توازن البورون حيث النباتات تسيطر على اخذ وتوزيع البورون داخل النبات في استجابتها الى جاهزية البورون في التربة من خلال تنظيم ناقلات البورون في الجذور لتفادي تراكم البورون (Miwa and Fujiwara , 2010). كما ان BOR4 هو نوع اخر من ناقلات البورون efflux-type borate transporter لايتحلل في مستوى ما بعد الترجمة كما يحدث في BOR1.

كذلك افترضت الدراسات الموفولوجية وجود النقل الفعال في الجذور (Dannel *et al.*, 2002) ودعمت هذه الفرضية بواسطة نتائج التجارب الملاحظة في كل من المثبطات الايضية واجهادات البرودة بانها تثبط امتصاص البورون بواسطة الجذور (Dannel *et al.*, 2000). وان نظام النقل الفعال يتم بواسطة BOR وهي المسؤولة بشكل رئيسي عن تصدير البورون باتجاه الخشب تحت ظروف نقص البورون. وعندما يُحمَل البورون الى الخشب فانه ينتقل خلال الانسجة الوعائية الى الجزء الخضري Shoot بواسطة تيار النتج (Shelp *et al.*, 1995). علاوة على ذلك (Takano *et al.*, 2006) ذكر بان قناة أخرى NIP5 مطلوبة لنباتات أذان الفار *Arabidopsis* النامية تحت نقص البورون ووضعت ثلاث ميكانيكيات جزئية لنقل حامض البوريك من محلول التربة باتجاه خلايا الجذور وتحميل البورون الى الخشب وهذا يعتمد على جاهزية B. كما ان نقل البورون يمكن ان ينجز بواسطة :

1- عمليات النقل السلبي Passive transport التي تنجز بواسطة الانتشار البسيط وهذا النظام يعمل عند توفر كميات زائدة من البورون في وسط النمو.

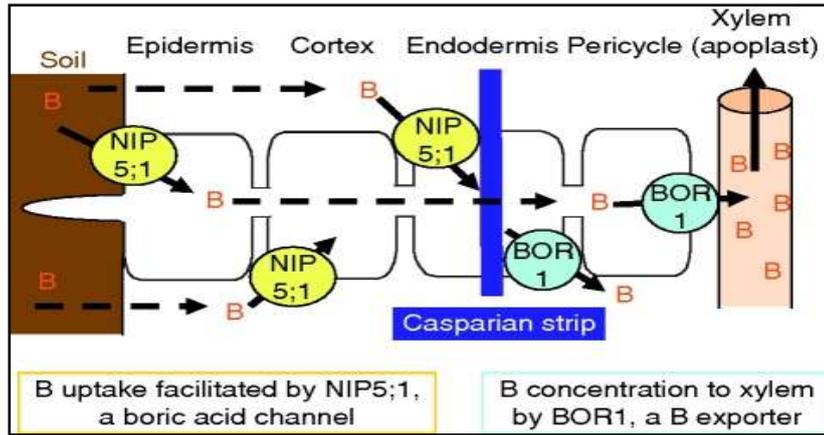
2- Energy depended high affinity transport الذي يتم كاستجابة الى التجهيز الواطئ ويتم عن طريق ناقلات B (BOR).

3- Faciliated transport والذي ينفذ بواسطة قنوات بروتينية NIP.

(Tanaka and Fujiwara, 2008)

ووجد بان البورون بعد ان يدخل الورقة يبقى ثابتاً في أكثر الأنواع النباتية لذا تظهر اعراض السمية في حواف الاوراق بينما في انواع اخرى وخصوصا الثمار الحجرية يمكن إعادة انتقاله الى الثمار أو أجزاء أخرى من النبات. على أي حال يمكن أن ينقل البورون عن طريق اللحاء الى كل من الانسجة الخضرية والتكاثرية (Shelp *et al.*, 1995 ; Matoh and Ochiai, 2005) وبالرغم من

أن هذه قدره تختلف بين الأنواع النباتية (Brown and Shelp, 1997) فان واحدة من الاليات التي اقترحت لنقل البورون خلال اللحاء هي تكوين معقدات Boron diol complex كجزيئات ناقلة ، وفي الحقيقة فان حامض البوريك يرتبط بسرعة مع Cis hydroxyl group للسكريات الكحولية mannitol والسوربيتول sorbitol مكوناً diol-boron complexes التي تسمح للبورون بالانتقال خلال اللحاء (Hu et al., 1997). كما وجد (Bellaloui et al. (1999) ان نباتات التبغ المهندسة وراثياً لرفع مستويات Sorbitol ذات قدرة عالية على نقل البورون بواسطة اللحاء مما زاد من تحملها لنقص البورون . في حين وجد (Matoh and Ochiai (2005) ان النقل اللحائي للبورون يحصل في نبات زهرة الشمس Sunflower الى الأنسجة التي لا تستطيع إنتاج هذه الأنواع من الكربوهيدرات لذا تُعد هذه الميكانيكية غير واضحة لحد الآن. وأشار (Tanaka et al. (2008) الى أن قناة حامض البوريك NIP6;1 تستعمل في نقل البورون من الخشب باتجاه اللحاء في الأجزاء الخضرية الفتية تحت التجهيز الواطئ من البورون لنبات *Arabidopsis thaliana* .



A schematic model of B transport in *Arabidopsis thaliana* roots Under B limitation, NIP5;1 increases the permeability of boric acid to cell membranes, and facilitates influx of B into root cells from the soil. BOR1 exports B out of the cells toward the xylem against the concentration gradient. It is likely that the co-ordinated expression patterns of BOR1 and NIP5;1 are essential for efficient transcellular transport of B as NIP5;1 possibly facilitates B influx, following the B concentration gradient that BOR1 generates. Under high levels of B supply, expression of both NIP5;1 and BOR1 is decreased by transcriptional and post-transcriptional regulation, respectively. The downregulation of NIP5;1 and BOR1 might be beneficial for avoidance of overloading of high concentrations of B to shoots. (Miwa and Fujiwara, 2010)

7-2- سمية البورون Boron toxicity

عُرفت سُمية البورون لنباتات المحاصيل منذُ مدة طويلة بوصفها مُشكلة من مشاكل التغذية المعدنية Cheristensen عام 1934. سُمية البورون مشكلة عالمية وهي تحدد بشكل ملحوظ إنتاجية النباتات في المناطق الزراعية لاستراليا وشمال افريقيا وجنوب اسيا التي تتميز بترب ملحية وقاعدية وقلة الامطار وندرة الترشيح ، بالإضافة الى ان الترب الغنية البورون تحدث كنتيجة للتسميد العالي وأوالري بمياة حاوية على مستويات عالية من البورون (Nable *et al.*, 1997; Rosessner *et al.*, 2006). وعلى سبيل المثال ، الترب في العراق ، سوريا ، الهند ، جنوب استراليا وتركيا التي تحتوى مستويات من البورون أعلى من المعدلات وفي بعض المواقع تكون سامة (Rashid and Ryan, 2004). والأنواع النباتية تختلف في تحملها لسمية البورون (Stiles *et al.*, 2010). ولوحظ أن الانواع النباتية تختلف في تحملها لسمية البورون بسبب الاختلافات في نفاذية الغشاء لحامض البوريك (Hu and Brown , 1997) ، وتراكيز البورون السامة تؤدي الى تأثيرات فسلجية مختلفة في دورة حياة النباتات الوعائية. ولاحظ Banuelos (1999) تثبيط نسبة الإنبات لكل من الذرة ، الجزر ، الطماطة والجت ، علاوة على ذلك فان البورون الزائد يثبط نسبة الإنبات وفعالية إنزيم Polyphenol oxidase في الأجنة Embryos والاندوسبرم Endosperm (Olcer and Kocacaliskan, 2007).

دُرست التأثيرات السامة للبورون منذ عقود ، ولُوحظ أن عدداً من العمليات الفسلجية تتأثر بالبورون الزائد وهذه تولد اضطراباً في تكشّف الجدار الخلوي ، وكذلك في الأيض الحيوي من خلال ارتباط البورون بسكر الرايبوز ribose لكل من ATP, NADH و NADPH وتثبيط الانقسام الخلوي واستطالة الخلية (Reid *et al.* 2004) ، اختزال لانقسام خلايا الجذر (Hui *et al.*, 2000) ، وتثبيط تمدد الجدار الخلوي ونمو المجموع الجذري والخضري وخفض محتوى الورقة من الكلوروفيل ومعدل البناء الضوئي ونقصان محتوى السوبرين واللكتينين (Nable *et al.*, 1997; Reid, 2007a) ، وزيادة تسرب الغشاء وأكسدة الدهون وتغير فعالية مضادات الاكسدة (Karabal *et al.*, 2003; Keles *et al.*, 2004). كما أشار Reid (2007a) الى ان تثبيط نمو الجذور بالبورون الزائد سوف يحد من قابلية النبات في الحصول على المغذيات والماء من محلول التربة بينما التنخر وفقد صبغة الكلوروفيل في الاوراق سوف يحد من عملية البناء الضوئي ومن ثم تجهيز المواد الايضية الى الثمار والبذور واعضاء الخزن . وتحدث الأعراض الابتدائية لسمية البورون في أطراف الأوراق القديمة وهذا الجزء يكون متخراً Necrotic وفاقداً للكلوروفيل Chlorotic بشكل متواصل على طول حافة الورقة وفي نصل الورقة والتأثيرات السامة مرتبطة بتراكم التراكيز العالية من البورون (Tanaka and Fujiwara, 2008). بالإضافة الى ان

النباتات التي تعاني من سمية البورون تظهر زيادة في محتويات (MDA) malondialdehyde و hydrogen peroxide (H_2O_2) ناتج من الاجهاد التاكسدي واكسدة الغشاء membrane peroxidation (Cervilla *et al.*, 2007, 2009; Ardic *et al.*, 2009). ثلاثة أسباب رئيسية اقترحت لتأخذ في الحسبان ، هي كيميائية البورون ، اذ يرتبط البورون بقوة إلى cis -diols التي تتضمن Ribose و apiose الموجود في أغلب جدران خلايا النباتات الوعائية (Hunt , 2012) على ربط المركبات ثنائية hydroxyl groups بشكل Cis- configuration تغير تركيب الجدار، ضرر أیضي من خلال ربط انصاف من سكر الرايبوز الى جزيئات مثل ATP ، NADH و NADPH وتحطيم انقسام وتكشف الخلية من خلال الارتباط بسكر ribose اما كسكر حر أو ضمن جزيئة الحامض النووي RNA (Reid *et al.*, 2004) ، سكر الرايبوز Ribose من المحتمل أن يكون هو أكثر تائراً بسُمية البورون والبورون الزائد يمكن أن يتداخل مع عملية الاستنساخ أو الترجمة من خلال الارتباط مع cis hydroxyls في جزيئات ribose والتي تصبح مكشوفة خلال t-RNA (Reid, 2010). البورون الزائد يسبب تأثيرات في تركيب كروسومات كل من البصل onion وفول الصويا soybean ولوحظ من خلال تشوهات الكروموسوم المستحثة بمعاملة البورون الزائد (Konuk *et al.*, 2007) وموت الخلايا الملاحظ تحت ظروف زيادة البورون قد يكون ناشئاً من تراكم اضرار DNA المتسبب بزيادة البورون (Sakamoto, 2011) ومعاملات البورون الزائد تؤدي الى عيوب في تعاقب أدوار الخلية (Sakamoto, 2011). وأشار (Aquea *et al.*, 2012) بان إضافة حامض البوريك BA بالتركيز السامة يختزل حجم مرستيم الجذر الذي يكون مرتبط بتثبيط نمو الجذر ونقصان حجم مرستيم الجذر بسبب انخفاضاً لأنقسام الخلايا . بعض التقارير اشارت الى زيادة فعالية الانزيمات المضادة للاكسدة تحت ظروف التجهيز العالي من البورون

(Gunes *et al.*, 2006; Crevilla *et al.*, 2007; Eraslan *et al.*, 2007b ; Ardic *et al.*, 2009 ; Wang *et al.*, 2011)

بالرغم من ان البيانات الفسلجية والبايوكيميائية التي تم الحصول عليها , الاليات الجزيئية لسُمية البورون تبقى غير واضحة (Aquea *et al.*, 2012).

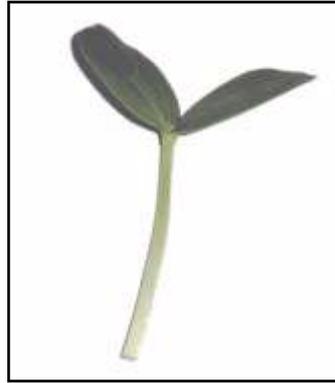
8-2- تكوين الجذور العرضية (A. R. F.) Adventitious Roots Formation

يتألف النظام الجذري في النباتات الراقية من الجذور الاولية والجانبية وأحياناً الجذور العرضية ، والجذور العرضية هي جذور تنشأ من مواقع غير الجنين postembryonic roots (حيث يمكن نشؤها من الساق او من hypocotyl الخ) بمقارنة مع الجذور الجنينية الأولية embryonic root (López-Bucio *et al.*, 2003). كما أشار Lindsey و Casson and

(2003) الجذور الجديدة *de novo* تتكون من الخلايا التي فقدت تمايزها *De-differentiation* (الساق أو انسجة hypocotyls) ، علاوة على ذلك فالجذور العرضية تشير الى الجذور التي تتكون في مواقع غير عادية او في الظروف غير العادية مثل إضافة الهورمون أو التجريح (Hochholdinger *et al.*, 2004) ومن جانب آخر ، الجذور العرضية يمكن ان تتكون طبيعياً على العقل الساقية او تتكشف نتيجة الاستجابة الى التجريح في موقع القطع (Koyuncu and Balta, 2004). الجذور العرضية تشير الى الجذور التي تظهر خارج التعاقب الزمني و/ أو في مواقع غير طبيعيه والتجذير العرضي عملية فريدة ومعقدة وضرورية لاكثر النباتات (Ford *et al.*, 2001). يعتمد نجاح تكثير النباتات خضرياً بالعقل على نشوء الجذور أولاً، ثم كسر كمون البراعم ونموها ثانياً، وذلك لمنع التنافس على العوامل الغذائية المخزونة في العقلة، اللازمة لعملية التجذير والتبرعم (شهيد، 2013). وعند تهيئة العقل الساقية من النباتات الأم النامية تحت الظروف الملائمة فانها تنتج نظام جذري للموازنة بين المجموع الجذري والخضري.



ج- جذور عرضية في عقلة خيار



ب- عقل خيار



أ- بادرة خيار

وهذه الأحداث تتضمن تغيرات تشريحية وفسلجية وجزئية ارتبطت باستجابة التجريح، بالإضافة الى الأحداث التي تشترك في تكوين الجذر نفسه وأن موضوع استجابة التجذير لنباتات الماش والخيار والطماطة تحت ظروف اجهاد البورون ومعالجتها بالزنك هو الموضوع الرئيس في هذه الدراسة. تتأثر عملية تكوين الجذور العرضية بعدة عوامل مثل الهورمونات والمركبات الفينولية والحالة الغذائية والصفات الوراثية (Hand, 1994). والإكثار بالعقل هو الوسيلة العملية الوحيدة للحفاظ على النقاوة الوراثية (Daivs and Haissig, 1994) وأكثر من 70% من أنظمة الإكثار المستعملة في مشاتل نباتات الزينة يعتمد على نجاح تجذير العقل (Davies *et al.*, 1994) ، والعقل الساقية للنباتات غير الخشبية هي أنظمة مثالية لدراسة عمليات تكوين الجذور العرضية والنباتات التي

درست بشكل جيد هي مثل *Phaseolus aureus* Roxb و *Phaseolus vulgaris* وكثير من البحوث البايوكيميائية والفسلجية اجريت لتوضيح السيطرة على تكشف العمليات المهمة (Haissig and Riemenschneider, 1992).

9-2- تعاقب الاطوار في التجذير العرضي

Successive phases in adventitious rooting

ان عملية تكوين الجذور العرضية تحدث في طورين أساسيين، الأول- طور النشوء Initiation Phase، والآخر - طور النمو والتكشف Growth and Development Phase والتي تختلف في المتطلبات (Claudia and Arthu, 2005). وقد أشار Jarvis (1986) إلى إمكانية تقسيم طور النشوء في عقل الماش *Phaseolus aureus* Roxb إلى أطوار ثانوية هي:-

أولاً: طور التحفيز Induction Phase وهي المدة التي لم يلحظ فيها احداث مورفولوجية بشكل واضح، تشمل التغيرات الجزيئية والبايوكيميائية ويتميز بتراكم الاوكسين في منطقة نشوء الجذور مصحوباً بقلّة فعالية إنزيم IAA-oxidase (Foong and Barnes, 1981), كما ان انتقال الاوكسين يرافقه انتقال الكربوهيدرات وحاميات الاوكسين O-Diphenols (Stonier, 1970).

ثانياً: طور النشوء المبكر Early Initiation phase وفيه يحدث انقسام الخلايا بفعل الاوكسين المتراكم مما يؤدي الى تكوين البادئات الجذرية لاحقاً.

ثالثاً: طور النشوء المتأخر Late Initiation Phase وفيه ينخفض مستوى الاوكسين نتيجة لنشاط إنزيم IAA-oxidase مسبباً تحفيز البادئات الجذرية وتكشفيها لاحقاً.

الطور الثاني في عملية تكوين الجذور هو (طور النمو والتكشف)، فتتحول فيه البادئات الجذرية إلى جذور مرئية Visible Roots (Kevers et al., 1997). والتي تعتمد على دور البورون في زيادة نشاط الإنزيم IAA-oxidase (Shaheed, 1987) مسبباً انخفاض مستوى الاوكسين من خلال تكوين معقدات بين البورون و الفينولات التي كانت تعمل حاميات للاوكسين Auxin protectors IAA. وفي العقل الدقيقه الخشبية للتفاح (microcuttings) فان المراحل التكتشفية للجذور العرضية حددت بفقد التمايز dedifferentiation من (0.0-24 ساعة) والاستحثاث induction من (24-96 ساعة) والتمايز differentiation من (96 ساعة - صعوداً) (De Klerk, 1999) ونجاح عملية التجذير الكاملة تعتمد على التواصل المثالي لاطوار التجذير أعلاه (Bellamine et al., 1998). لكون تكوين الجذور العرضية هي عمليات معقدة جداً فان

المراحل التكوينية المتعاقبة تتطلب إشارات هورمونية مختلفة وعوامل أخرى (De Klerk *et al.*, 1999). وكثير من التقارير بينت ان الاوكسين له الاثر المركزي في نشوء ونمو هذه الاعضاء (والاوكسين من الهورمونات الأكثر أهمية لأنه يشجع انقسام الخلايا وتكوين البادئيات الجذرية (Casimiro *et al.*, 2001). بالإضافة الى عوامل بيئية مثل حجب الضوء Etiolation والتجريح (Sorin *et al.*, 2005)، تجهيز النتروجين والأحماض الامينية Amino Acids (Suzuki and Kohno, 1983)، التغذية المعدنية (Schwambach *et al.*, 2005) أو انزيمات الاكسدة (Metaxas *et al.*, 2004). فضلاً عن الأدلة على ان تكوين الجذور العرضية يعتمد على دور الاثيلين ethylene (De Klerk *et al.*, 1999) بعد التجريح (Blakesley, 1994) وتنشأ الجذور العرضية من أماكن مختلفة وعادة في النباتات العشبية تنشأ مباشرة خارج الحزم الوعائية وبينها (Fahan, 1982). أما منشأ الجذور العرضية في العُقل الساقية للنباتات الخشبية المعمرة فيكون عادة من اللحاء الثانوي الفتى، كما يمكن ان تنشأ من الاشعة الوعائية Vascular Rays، والكامبيوم أو اللب Pith (Mashlsted and Watson, 1952).

2-10- دور الاوكسين في تكوين الجذور العرضية Auxin:

تلعب الاوكسينات دوراً مركزياً في عملية تكوين الجذور العرضية (Jarvis, 1986; Davis and Haissig, 1994) ويمكن اثبات ذلك من خلال تثبيط التجذير الحاصل بعد إزالة المصادر الداخلية للاوكسين (كالبراعم والأوراق الفتية) وتعاد عملية تكوين الجذور العرضية بالتجهيز الخارجي للاوكسين (Eliasson and Areblad, 1984). فصل العُقل المشتقة من النباتات المانحة تكون في موقفين احدهما أسوأ من الثاني العزلة عن وظائف النبات المانح الكامل، والضرر بعد انفصال القطع من الجزء الخضري. يساهم النقل القطبي Polar auxin transport (PAT) للاوكسين من قمة العُقلة في تراكم الاوكسين في الجزء القاعدي (Garrido *et al.*, 2002) كما ظهر من بعض الدراسات عند إضافة مثبطات النقل القطبي للاوكسين مثل مثل triiodobenzoic acid (TIBA) يتسبب في تثبيط التجذير بقوة في العُقل (Liu and Reid, 1992) وبشكل عام وما هو مقبول ان ARF يعتمد على الاوكسين، وارتفاع الاوكسين الحر في قاعدة العُقلة يساهم في الاحداث المبكرة من هذه العملية (De Klerk *et al.*, 1999; Sorin *et al.*, 2005). وان المراحل الفسلجية التي تشتمل عليها عملية ARF ترتبط بالتغيرات في تراكيز الاوكسين الداخلية بالذات (Heloir *et al.*, 1996). على الرغم من تكوين الجذور في أسفل العُقل، ان الاوكسين الداخلي لهذه النباتات ينتج في القمم وينتقل قاعدياً الى أسفل العُقل ويعمل كقادح وان إزالة القمم يختزل كل من المستويات الاوكسين الداخلية في

الجزء القاعدي للعقل وعدد الجذور المتكونة ، علاوة على ذلك فان إضافة الاوكسين تزيد بقوة عدد الجذور (Liu and Reid, 1992) والاكسين المجهز يكون اكثر فائدة لزيادة التجذير في النباتات صعبة التجذير من نباتات سهله التجذير (Hunt *et al.*, 2011). و كما هو معروف فان إضافة الاوكسين الطبيعي أو الصناعي يدعم التجذير وعلى وفق ذلك فان هذه الهرمونات (الاكسينات) لها الأولوية لهذه العملية (Lyndon, 1990). حث الاوكسين للجينات (GH3) (Staswick *et al.*, 2006; Sorin *et al.*, 2005) وارتباط الاوكسين بالاحماض الامينية ، سكريات أو inositol (Crozier *et al.*, 2000)، بروتينات تدفق وقذف الاوكسين (AUX1 و PIN) (Muday and DeLong, 2001) قد تلعب دوراً تنظيمياً في تكوين الجذور العرضية. كما لوحظ في النوع النباتي المختلف بان التراكيز العالية من الاوكسين مطلوبة خلال طور الحث لتكوين الجذور العرضية ، بينما خلال نمو وتكشف الجذور هذا الهرمون يكون مثبتاً (De Klerk, *et al.*, 1999). كذلك تجهيز الاوكسين ينشط أيض الكربوهيدرات لتحرير الطاقة الى ARF (Husen, 2012). ولكن عمليات تكوين ARF تتطلب طاقة عالية ، فقد لوحظ مرارا بان محتوى السكريات والنشا تكون عالية في العقل بعد المعاملة بالاكسين مقارنة بالسيطرة (Husen, 2008) علاوة على ذلك ، يلعب الاوكسين دورا مهما في حركة الكربوهيدرات من الاوراق والجزء العلوي الى منطقة التجذير (Husen and Pal, 2007). وان الاوكسين يزيد من وفرة السكريات في موقع الجذور العرضية بسبب زيادة حركة النشا من خلال زيادة فعالية الانزيمات المحللة والانزيمات الضرورية لانقسام وتكشف الخلايا (Husen, 2012). ومن ناحية أخرى ، هنالك دليل على أن تراكم وتوزيع الكربوهيدرات ضمن العقلة يمكن ان يكون اكثر اهمية من محتوى العقلة نفسها (Ruedell *et al.*, 2013).

العقل غير الخشبية عادة عالية الاستجابة لتجهيز الاوكسين بالرغم من ان استجابة التجذير لاي عقلة تعتمد على عمر النسيج النباتي الأم الذي أخذت منه ونوع الاوكسين المستعمل وتركيزه، مدة المعاملة Duration والوقت بين أخذ العقلة وبداية المعاملة بالاكسين Aging period (شهيدي، 2009). تستجيب العقل الى إضافة الاوكسين بشكل مثالي خلال طور فقد التمايز في ARF وتكون أقل في الأطوار المبكرة والمتأخرة (Luckman and Menary, 2002).

11-2- أنزيم : Indole acetic acid oxidase (IAAO)

حامض أندول الخليك IAA واحد من الاوكسينات التي تنظم النمو والتكشف كهرمون نباتي طبيعي ، وان وظيفة انزيم IAAO هي تنظيم نمو النبات من خلال ضبط (تنظيم) مستويات IAA الداخلية (Mudan *et al.*, 2008). ذكر (Dash *et al.*, 2011) بان انزيم IAA-Oxidase هو من Peroxidase الذي له وظائف خلوية أهمها السيطرة على مستويات IAA الداخلية (الحر) أثناء

اطوار التجذير الثلاثة الذي يكون عاليا في طور النشوء ويتناقص بعد ذلك . كما ذكر Dugger (1983) أن نقص البورون يلعب دوراً مهماً في التخليق الحيوي للـ IAA في مرستيم النبات أي مرستيم الساق/الجذر/كلاهما. علاوة على ذلك لوحظ ان نباتات زهرة الشمس الناقصة البورون تحتوي IAA أكثر من نباتات السيطرة وكذلك نقصان فعالية IAAO وأقترح أنه ناشئ بسبب المستويات العالية من Phenolic acids (Cohen and Bandurski, 1978). وأشار Gemici *et al.* (2002) الى أن زيادة مستويات البورون في وسط الزراعة أعطى علاقة خطية في نقصان مستويات IAA . والتغيرات في فعالية IAAO قد أُقترحت كعلامات بايوكيميائية لتعاقب أطوار التجذير (Li *et al.*, 2009).

والياً أكد أن Peroxidase أفضل علامة لاطوار التجذير في العقل الساقية (Syros *et al.*, 2004; Naija *et al.*, 2008). ولوحظ أن فعالية هذا الانزيم تنظم من خلال الاوكسين على مستوى التعبير الجيني (Tyburski and Tretyn, 2010).

وفي دراسة لـ Nag *et al.* (2013a) لتحديد فعالية انزيم Peroxidase والتغيرات المصاحبة لها خلال السيطرة على تكوين الجذور العرضية في Hypocotyl لعقل الماش Mung bean (*Vigna radiata wilzch .cv. 105*) حُدِثت ثلاثة أطوار لتكوين الجذور العرضية هي: طور الحث induction (0 – 24 ساعة) وطور البدء (24 – 72 ساعة) وطور التعبير Expression (بعد 72 ساعة). يحصل انخفاض لفعالية Peroxidase خلال طور الحث (0 – 24 ساعة) التي تتزامن مع الزيادة الاولى للـ IAA في 24 ساعة وهي تشير الى نهاية طور الحث ، زيادة فعالية Peroxidase (0 – 24 ساعة) مع خفض مستويات IAA في 24 ساعة في 72 ساعة الذي يشير الى نهاية طور البدء وبعد 72 ساعة تهبط فعالية Peroxidase تزداد ببطأ مستويات IAA وهذا يوصف بطور التعبير Expression.

لقد لوحظ انه تحت ظروف نقص الـ B يتراكم Caffeic acid و Chlorogenic acid والناتج هو تثبيط للفعالية IAAO مما يؤدي الى تراكم الاوكسين الداخلي. في طور الحث مستويات عالية من الاوكسين مطلوبة وهذه يمكن الحفاظ عليها من التجهيز الخارجي للاوكسين أو من خلال قلة تجهيز البورون الى حد الإجهاد (النقص) والمرحلة الأخيرة من تطور الجذور تتطلب مستويات منخفضة من الاوكسين ، ومستويات الاوكسين الواطنة يمكن الحفاظ عليها بإزالة التجهيز الخارجي وكذلك من إضافة تراكيز عالية من البورون الى وسط النمو والذي يختزل مستويات الاوكسين الداخلي (Dhananjay *et al.*, 2012). كما وجد ان فعالية IAAO تبدو أنها تستخدم أو تشارك في قدح طور Initiation واستطالة البادئيات الجذرية (Husen, 2012). انخفاض فعالية انزيم IAAO خلال طور نشوء الجذور يؤدي الى تجميع الاوكسين الى المستوى الملائم لطور النشوء. ان فعالية هذا

الانزيم يجب ان تكون واطئة للسماح للاوكسين من التجمع عند قاعدة العقل ، ويبدأ الانقسام الخلوي Mitosis لتكوين البادئات الجذرية. ومن المفترض ان تكون فعالية هذا الانزيم عالية في بداية الطور الثاني الذي يتطلب تركيزا واطئا في الاوكسين وهو طور النمو والتكشف الذي تتحول فيه البادئات الجذرية الى جذور عرضية مرئية (Dhananjay et al., 2012).

2-12- دور الكاربوهيدرات في تكوين الجذور العرضية

لوحظ ان تجمع الكربون وقابلية أخذ الكاربوهيدرات هي من العوامل الأكثر حسماً في تكشف الجذور العرضية في العقل (Rapaka et al., 2005) ولكون عمليات ARF تتطلب طاقة، وكذلك الحاجة الى هياكل الكربون بات من الضروري تأمين التجهيز الكافي من الكاربوهيدرات الى منطقة توليد الجذور. الكاربوهيدرات قد تكون وظيفتها فقط كمصدر لوقود الايض الحيوي واطتمام تكوين الجذور العرضية. كما ان الكاربوهيدرات قد تؤثر في حالة الاوكسين في العقل وبذلك تؤثر في التجذير وبهذا الخصوص أقتَرَحَ ان تخليق ونقل الاوكسين مرتبط بتجهيز المواد التي تنتجها عملية البناء الضوئي photosynthesis بالرغم من أن هذه الفرضيات لم تُخْتَبَرِ بشكل جيد.

وجد Haissig (1984) ان هنالك علاقة ارتباط موجبة بين تراكم الكاربوهيدرات وتكشف ARF في بادرات *Pinus banksiana* والمستويات المنخفضة من الكاربوهيدرات في العقل في بداية مدة التجذير يمكن ان تحد من سرعة وكثافة ARF (Druege et al., 2004) ، وبموجب ذلك إضافة السكريات الى وسط التجذير تزيد من تكوين ARF (Takahashi et al., 2003). كما ان انقسام الخلايا واستطالاتها خلال ARF يتطلب مدخلات عالية للطاقة والكربون . ان المصدر الرئيس للكربون هو السكروز sucrose الذي يتكون في انسجة البناء الضوئي وينقل باتجاه قاعدة الساق ويستعمل بوصفه مصدراً مباشراً للكربون او يتحول الى مركبات مخزونة بشكل النشا (Ahkami et al., 2009). بالرغم من توفر بيانات مترابطة كثيرة فان الدور المهم للكاربوهيدرات في ARF والوظائف الدقيقة في اطوار الكشف المختلفة للـ ARF تبقى غير معروفة (Klopotek et al., 2010). تبدأ في قاعدة ساق *petunia* مستويات السكريات الذائبة وغير الذائبة تبدأ بالزيادة بعد 24 ساعة من فصل العقل بالرغم من ان الفعالية الايضية تبدأ من 12 الى 24 ساعة من القطع (Ahkami et al., 2009). وتجهيز سكر الكلوكوز يساعد في تجذير عقل الماش وإيقاف عمليات التعمير (Shaheed et al., 2009).

وتحت أي ظرف بيئي فان كثافة الجذور العرضية ترتبط بشكل ايجابي مع مستويات السكروز لانه يلعب دوراً مهماً كعامل مساعد في نقل المركبات الى قاعدة الساق وتحديد الفعالية لبعض مسارات glycolytic و pentose phosphate. علاوة على ذلك فقد اقترح بان إضافة السكريات مختلفة مثل الكلوكوز ، السكروز والنشا لها وظائف مميزة في أطوار تكوين الجذور العرضية المختلفة

(Druege *et al.*, 2004; Correa *et al.*, 2005). وبين Leung and Li (2000) بأن تراكم النشا قد يكون مؤشر بايوكيميائي للمراحل المبكرة الحرجة في تكوين الجذور العرضية في hypocotyls لعقل Radiate pine. كما اقترح Correa *et al.* (2005) بان سكر الكلوكوز والسكريوز والنشا بالإضافة الى دورهما كمصدر للطاقة فان الكربوهيدرات قد تلعب أدوار أخرى في AFR على سبيل المثال ان تراكم الكربوهيدرات في منطقة التجذير قد يؤثر في التنظيم الازموزي Osmoregulation و بالإضافة الى ان السكريات المفسفرة phosphorylated sugars التي يمكن ترشيحها candidates لتنظيم بداية التجذير (Veierskov, 1988). بالإضافة الى الدور التنظيمي للسكريات في نمو النبات، فان السكريات تتداخل مع نقل الهرمونات والإشارة (Correa, *et al.*, 2005; Rolland, *et al.*, 2006). وعلى أي حال فان آليات تكوين الجذور العرضية بواسطة الكربوهيدرات تبقى مجهولة أو غير واضحة.

2-13- دور البروتينات في تكوين الجذور العرضية

البروتينات والإنزيمات المحللة لها والرنا RNA من بين العوامل الداخلية المهمة لتكشف البادئات الجذرية (Haissig, 1974). أستخدم Anzai (1975) مثبطات صناعة البروتين والحوامض النووية واقترح بأن تكوين الجذور العرضية في عقل *Phaseolus mungo* يمكن ان يقسم على الأقل على مرحلتين، المرحلة الحساسة الى مثبطات الرنا وصناعة البروتين ومرحلة حساسة الى مثبطات الدنا واقترح بان الخلايا يجب ان تصنع الرنا والبروتينات لتكوين الجذور العرضية. وذكر Céline *et al.* (2006) أنه خلال اطوار التجذير فان كثيراً من البروتينات تعمل معاً لتساعد العقل على البقاء والتجذير، وفي تراكيب وراثية مختلفة من نبات *Arabidopsis* تم تحديد 11 بروتينا مرتبطا مع محتوى الهرمونات الداخلية وعدد الجذور العرضية وذكر ان التغيرات في صناعة البروتين ونتاج RNA تشترك في كشف الجذور العرضية. علاوة على ذلك لوحظ أن المعاملة بالاكسجين تؤثر في الأحماض النووية والبروتينات خلال التجذير (Davies and Hassing, 1994). كما ان المحتوى الكلي للبروتينات يكون متوافقا مع محتوى البروتين.

صناعة البروتين العالي مسبوقة ب RNA عالي. البروتينات الذائبة تزداد في الطور المبكر من التجذير (0-72) ساعة لكن البروتينات غير الذائبة تنخفض خلال الطور المبكر وعلى أي حال هنالك فعالية عالية لانزيمات Protases (القاعدية، الحامضية) في طور التعبير (72-120) ساعة وعلى العكس في طور البدء (0-24) ساعة، مما قد يشير بأنها تشترك في تحول البروتينات خلال طور التكشف والنمو في عقل الماش Mung bean (Nag *et al.*, 2013b). ووجد Liu *et al.* (2013) ان البروتينات في قاعدة عقل *chrysanthemum* مرتبطة مع أيض

الكاربوهيدرات وأيضا الطاقة وبنسبة 19% والتخليق الحيوي للـ Ascorbate بنسبة 3% والبناء الضوئي بنسبة 16% ومصير البروتينات 10% وتركيب الخلية بنسبة 6% ودفاع النبات بنسبة 7% وايضا النترات بنسبة 3% ومع RNA بنسبة 3% والهورمونات النباتية بنسبة 7% وكذلك مرتبطة مع ARF بنسبة 3% وغير معروفة بنسبة 23% ، ان تحديد وتوصيف هذه البروتينات ممكن أن يعطي فهماً عميقاً للميكانيكيات الجزئية في السيطرة على ARF .

تكون الزيادة في محتوى البروتين ناشئة من زيادة التعبير الجيني خلال مدة بدء التجذير (Kang *et al.*, 1995). وأثبت ان التدفق الخارجي efflux للاوكسين (خلال النقل القطبي) مسيطر عليه بواسطة عائلة من البروتينات PIN التي تقع بشكل متناظر في الغشاء البلازمي للخلايا المتعامدة طولياً (اي الجانب الاسفل او القاعدي من الخلية) الذي يوجة تدفق efflux الاوكسين ، علاوة على ذلك فزيادة مستويات التعبير الجيني للبروتينات يشجع النقل القطبي للاوكسين من الأوراق الى قاعدة الساق (العقلة) وانخفاض النقل القطبي في النباتات الطافرة للبروتينات PIN يؤثر في تكشف النبات مما يشير الى دور هذه البروتينات في النقل القطبي لاوكسين polar auxin transport وتكشف الجذور (Galweiler *et al.*, 1998). وقد درست فعالية العديد من الأنزيمات وعلاقتها بالتجذير (Molnar and La Croix, 1972) وفعالية الانزيمات peroxidase ، RANase ، cytochrome oxidase ، succinic dehydrogenase ، تزداد الانزيمات المحللة للنشا قبل ان يحدث الانقسام الخلوي ، مع هذا فان دور هذه الانزيمات في التجذير يبقى غير واضح ، وزيادة الانزيمات المحللة للنشا starch hydrolyzing enzymes مهمة لتحطيم النشا وتوفير الكوكوز الذي بدوره يوفر الطاقة لعمليات التجذير (Bhattacharya and Nanda, 1978).

2-14- البورون والجذور العرضية

كان دور البورون في تكوين الجذور العرضية في حكم المتجاهل في العديد من البحوث وقد يعود السبب في ذلك الى عدم إمكانية اجراء تجارب تتضمن وجود البورون في بعضها وغيابه في الأخرى وربما يعزى ذلك الى وجوده في كل مكان تقريباً (Middleton *et al.*, 1978). قد تحتوي العقول على كميات كافية من البورون لتكشف بعض الجذور على الأقل او ان التجذير يكون يسيراً من خلال عدة طرق منها الماء ، الأدوات الزجاجية ، حاويات ووسط الزراعة وبعض المواد الكيماوية الأخرى التي تجهز للعقل والتي تحتوي على البورون كملوث Contaminant (Middleton *et al.*, 1978). كما ان العديد من الدراسات على عقل زهرة الشمس Sunflower أوضحت ان لا دور للبورون الخارجي في نشوء الجذور العرضية (Liu and Reid, 1992). وأكد (Middleton *et al.*, 1978) ان البورون مهم فقط في النمو والتكشف للبدئات الجذرية وتحويلها الى جذور مرئية ولاحظوا ان عقل الماش

(*Phaseolus aureus* vr. Berkin) لا تجذر حتى إذا جهزت بأفضل المعاملات الاوكسينية لكن نمو وتكشف البادئات الجذرية لا يتم إلا عند تجهيز العقل فقط بالبورون. كما بيّن Shaheed (1987) ان حاجة عقل الماش للبورون لكي تتحول البادئات الجذرية الى جذور مرئية تظهر بعد 48 ساعة من انتهاء المعاملة الاوكسينية التي تستغرق 24 ساعة، بحيث لا تتجاوز إضافته 72 ساعة الأولى من أخذ العقل وعلى هذا الأساس يمكن تجهيز الـ B لاستحثاث التجذير العرضي في ثلاث حالات: الأولى يجهز لنبات الأم ، والثانية يجهز للعقلة أثناء المعاملة بالاكسين والثالثة يجهز للعقل بعد المعاملة الاوكسينية المستحثة شرط ان لا تتعدى 72 ساعة من أخذ العقل. وقد أقرح الأخير ان البورون يعمل على خفض مستوى الاوكسين IAA عن طريق زيادة فعالية انزيم IAA-Oxidase ، ان هذا قد يحصل عن طريق اتحاد الـ B مع مركبات Orthodiphenols (التي تعمل كحاميات للاوكسين من الفعالية الانزيمية) ، وبالتالي سحبها من ساحة التفاعل وفسح المجال لأنزيم IAA-Oxidase لممارسة دوره في تحطيم IAA ، ونتيجة لذلك ينخفض مستوى الاوكسين ليبدأ طور النمو والتكشف أي تحول البادئات الجذرية الى جذور مرئية Visible roots.

2-15- الاجهاد التأكسدي وإنتاج ROS في النباتات

Oxidative stress and ROS Production in plants

من المظاهر المميزة التي تحدث عند تعرض النبات لعوامل الإجهاد الحيوية وغير الحيوية هو الانتاج المفرط لما يسمى بانواع الاوكسجين الفعالة

MG (methylglyoxal) و Ractive /Activated oxygen species (AOS)/ROS و Nitric oxide (NO) (Anjum *et al.*, 2012; Sharma *et al.*, 2012) .

وتتضمن (ROS) : Singlet Oxygen (1O_2) و Super-oxide و anion O_2^- جذور الهيدروكسيل Hydroxyl radical ($O\cdot H$) و hydrogen peroxide (H_2O_2). (Brosché, *et al.*, 2010).

وبالمقارنة مع جزيئة الاوكسجين كل هذه الأنواع تكون أكثر فعالية من O_2 وقد تصل لحد السمية وتلعب دوراً سريعاً في تفاعلات الأكسدة الكيميائية لذا أصطلح عليها إجمالاً بالـ ROS (Bartosz, 1997). الميزة الكيميائية لـ ROS تنشأ من التحولات الداخلية من واحد إلى الآخر في هذا الأسلوب تعد تفاعلات Fenton and Haber-Weiss مفتاح الأحداث في تحولات ROS ، تختلف ROS في الخصائص والفعالية ، كما في التسلسل التالي من اليسار الى اليمين $O\cdot H > O_2^- > H_2O_2 > ^1O_2$ (Sweetlove and Moller, 2009). تنتج ROS في كل من الخلايا المجهدة وغير المجهدة في بعض المواقع منها chloroplasts ، mitochondria ، plasma

cell walls, endoplasmic reticulum, apoplast, peroxisomes, membranes شكل (1) تتكون ROS من التسرب الحتمي للإلكترونات إلى الأوكسجين من فعاليات نقل الإلكترون في mitochondria, chloroplasts, و plasma membranes أو كنواتج عرضية من مسارات أيضية مختلفة تقع في أجزاء خلوية مختلفة (Sharma *et al.*, 2012). وهناك مصادر جديدة للـ ROS حددت في النباتات البعض منها أنزيمات تولد ROS منها NADPH oxidases, oxalate oxidases, peroxidases (Mittler, 2002). والأنزيم المرتبط بالغشاء NADPH oxidases وأنزيمات peroxidases المشتركة بالجدار الخلوي هي مصادر رئيسية لـ (O_2^-) و H_2O_2 المنتج من أنزيمات apoplast (Mhamdi *et al.*, 2010). وأشار Pourrut *et al.* (2008) إلى أن توليد ROS يستحث في أنزيم NADPH oxidases كاستجابة إلى إجهاد الرصاص في نبات الباقلاء (*Vicia faba*)، والميزة المشتركة لـ ROS و (MG) بأنها سامة جداً لخلايا النبات ولها القدرة على إلحاق الضرر التأكسدي للبروتينات، الدهون والـ DNA ونظام الدفاع الحيوي التي يقوم بحماية هذه الخلايا والأنسجة النباتية تحت ظروف الإجهاد وبالتالي التعطيل الأيضي الذي لا يمكن إصلاحه فالموت.

يحصل الإجهاد التأكسدي في حالة عدم التوازن بين إنتاج ROS ودفاعات مضادات الأكسدة في أي جزء خلوي (شكل 2)، تنتج ROS في كل من الخلايا المجهدة وغير المعرضة للإجهاد وفي مواقع مختلفة من الخلية، ومن الضروري أن تسيطر الخلايا على مستوى ROS بشكل متوازن من دون إزالة، إذ لها عدة أدوار داخل الخلية فهي مهمة في مراحل محددة من حياة النبات مثل تكوين عناصر القصيبات واللكنة والموت الخلوي المبرمج programmed cell death (Gratao *et al.*, 2005).

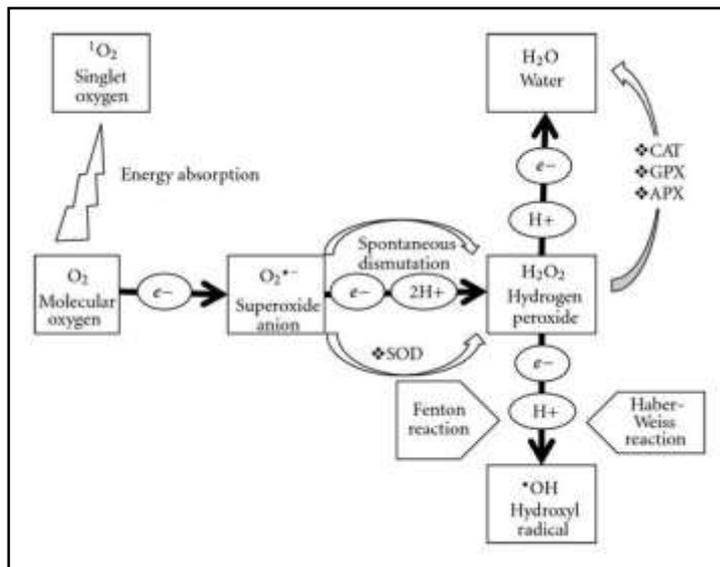


Figure 1: Schematic representation of generation of reactive oxygen species (ROS) in plant (Sharma *et al.*, 2012)

الخلايا النباتية مجهزة بعده وسائل لازالة السمية منها الانظمة المضادات للاكسدة Antioxidative defense system الانزيمية وغير الانزيمية ، وتحت الظروف الطبيعية Normal conditions تقوم بحماية النظام الخلوي من الأوكسجين النشط والتي تكون بمستويات واطئة في الظروف الطبيعية . ولكن عند زيادة الأوكسجين النشط بدرجة عالية جداً يكون نشاطه أكبر من طاقة النظام الدفاعي المضادة للأكسدة antioxidant system كما هو الحال في ظروف stress فإن إجهاد الأكسدة يظهر بوضوح (Hossain *et al.*, 2012). يمكن تعريف الاجهاد التأكسدي ببساطة ، بأنه عدم التوازن بين انتاج وازالة ROS والمؤدي الى بعض التحديات في أي جزء نباتي والميزان المفترض بين ROS ومضادات التأكسد يمكن أن يضطرب بسبب التراكم الزائد من ROS وتقليل أو إضعاف مضادات الأكسدة وتقرير أو تحديد مصير النبات، ينتج الإجهاد التأكسدي من عدم التوازن بين ROS ونظام الدفاع للمضادات الاكسدة ADS ، يتغير توازن الاكسدة والاختزال عندما تزداد مستويات ROS وتقل ADS . يقال عن الخلية أنها في حالة إجهاد تأكسدي.

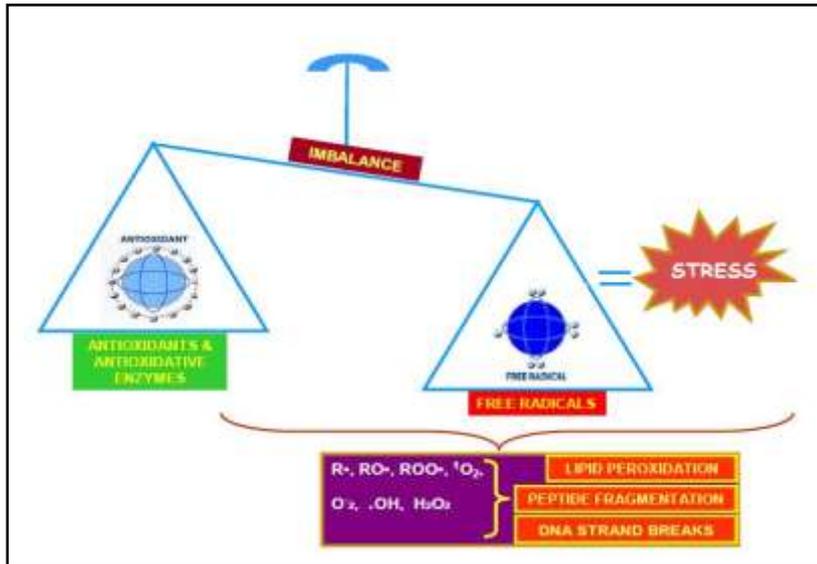


Fig (2) Imbalance in any cell compartment between the production of ROS and antioxidative defence system leads to stress (Foyer and Shigeoka, 2011) .

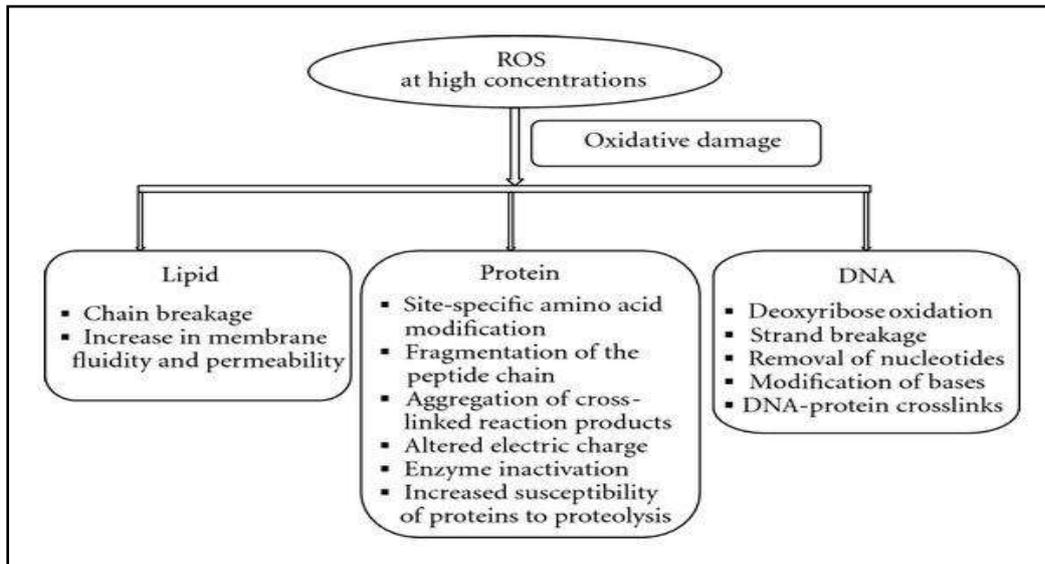
16-2- الأضرار المتسببة بواسطة ROS وMG في النباتات :

ينتج ارتفاع مستويات ROS أضراراً تأكسدية Oxidative damages ويمكن أن تسبب أضرار للجزيئات البايولوجية مثل الدهون والبروتينات ، الكاربوهيدرات، DNA وصبغات البناء الضوئي والنتيجة النهائية موت الخلية (Gechev *et al.*, 2006 ; Hossain *et al.*, 2011). وأكسدة البروتين تؤدي الى تجزؤ السلاسل الببتيدية وانسطار العمود الفقري لجزيئة البروتين وتجمع

نواتج تفاعلات التصالب التي غالباً ما تستعمل كعلامات تشخيصية للإجهاد التأكسدي (Moller *et al.*, 2007).

وتحدث الأوكسدة لدهون الغشاء عندما تتفاعل ROS مع الاحماض الدهنية غير المشبعة و polyunsaturated fatty acids (PUFAs) اذ إن الأحماض الدهنية غير المشبعة حساسة إلى $O_2^{\cdot -}$ و $O^{\cdot}H$ التي تؤدي الى تكوين خليط معقد من بروكسيدات الهيدروكسيل الدهنية (Mueller -Navarra *et al.*,2004). ان أكسدة الأحماض الدهنية غير المشبعة تقلل سيولة الغشاء وتزيد التسرب وتسبب تجفيف سريع وتلف ثانوي لبروتينات الغشاء وموت الخلية (Halliwell,2006). يمكن أن يغير ROS الحامض النووي DNA بطرق مختلفة مثل الحذوفات deletions و الطفرات mutations وفك الأشرطة strand breaks والتأثيرات الوراثية القاتلة الأخرى (Srivalli *et al.*, 2003) شكل (3).

هنالك أدلة كثيرة تشير الى أن MG تستحث الإجهاد التأكسدي في أنواع مختلفة من الخلايا الحية و يسبب MG إجهادا تأكسديا في mitochondria وزيادة NO, $O_2^{\cdot -}$ وأكسدة النترات بالإضافة الى ذلك يثبط MG بشكل معنوي فعالية أنزيم SOD و complex III و أنزيم SOD هو الخط الانزيمي الاول لتحويل ($O_2^{\cdot -}$) و complex III ينقل الالكترونات من ubiquinone الى cytochrome c وهذا التثبيط لل complex III بواسطة MG يولد اضطرابا في سلسلة النقل الالكتروني مما يؤدي الى تسرب الالكترونات لتكوين ($O_2^{\cdot -}$) (Desai *et al.*, 2010). كذلك يسبب MG إجهادا تأكسديا بشكل غير مباشر من خلال تكوين نواتج glycation النهائية، مواد كيميائية محورة غير عكسية و مواد التصالب في البروتينات (Desai *et al.*, 2010).



Fig(3): Reactive oxygen species (ROS) induced oxidative damage to lipids, proteins, and DNA

17-2- النظام المضاد للأكسدة في النبات

Antioxidative Defense System in Plants

تؤدي الإجهادات غير الحية المختلفة إلى فرط إنتاج ROS في النباتات, وبسبب الفعالية والسُمية العالية التي تملكها ROS فإنها تحطم البروتينات, الدهون, الكربوهيدرات و DNA لتنتهي بحدوث الإجهاد التأكسدي Oxidative stress (Gill and Tuteja, 2010). تستعمل النباتات ميكانيكيات داخلية المعروفة بنظام مضادات الأكسدة كيميائية دفاعية لتنظيم مستويات ROS و MG حسب احتياجات الخلية في وقت معين الذي يشتمل على مضادات الأكسدة الانزيمية اللانزيمية لكسح ROS و MG في الخلايا النباتية كما في الإنزيمات الآتية:

(CAT) Catalase, (SOD) Superoxide dismutase, (APX) Ascorbate peroxidase, (GR) Glutathione reductase, (MDHAR) Monodehydro ascorbate reductase, reductase (DHAR) Dehydro ascorbate, (GPX) Glutathione peroxidase, (GST) Glutathione s-transferase.

واللانزيمية كما في المركبات الآتية: حامض الأسكوربيك ASA, الكلوتاثيون GSH, مركبات فينولية, برولين, أشباه قلويدات و α -tocopherols (Hossain and Fujita, 2011). وهذه الأنظمة تعمل بتنظيم متسلسل مسيطر عليه جينياً لحماية الخلايا النباتية (Gill and Tuteja, 2010). لوحظ من نتائج العديد من الدراسات الأخيرة أن تخفيف ضرر التأكسدي وزيادة المقاومة لاجهادات غير الحيوية غالباً ما يرتبط بكفاءة مضادات الأكسدة ونظام glyoxalase system وفي السنوات الأخيرة بيّن التفاعل بين هذين المسارين المهمين في تحسين تحمل الإجهاد التأكسدي (Hossain et al., 2012). والنباتات الحاوية على مستويات عالية من مضادات الأكسدة سواء أكانت موجودة أو مستحثة فقد ذكر أنها تمتلك مقاومة كبيرة للضرر التأكسدي (Foyer and Shigeoka, 2011) وقد طورت النباتات هذه الأنظمة وهي :

1-17-2 - مكونات نظام مضادات الأكسدة اللانزيمية :

Nonenzymatic Components of Antioxidant defense system

المكونات اللانزيمية لنظام مضادات الأكسدة تتضمن بفرات الأكسدة والاختزال الخلوية للاسكوربيك (AsA) والكلوتاثيون (GSH) وبعض الأحماض الأمينية وكذلك α -tocopherol و carotenoids والمركبات الفينولية phenolic compounds (Hossain et al., 2012) وهذه تتداخل مع العديد من المكونات الخلوية، وبالإضافة إلى الأدوار الحاسمة في الدفاع، فأنها تعمل كعوامل مساعدة لانزيمات ومسارات إنزيمات glyoxalase إذ أن كلاهما يمكن أن يكسح بشكل

مباشر ROS. فضلاً عن التنظيم الجيني الذي يشترك مع الاستجابة الى الاجهاد الحيوي وغير الحيوي لتحسين الدفاع والبقاء. كما لوحظ أن الطفرات الناقصة للمحتوى من مضادات الاكسدة اللاانزيمية عالية الحساسية إلى الاجهادات (Semchuk *et al.*, 2009).

2-17-1-1 الاسكوربيت : (ASA) Ascorbate

الاسكوربيت L-Ascorbate (ASA) أو L-Ascorbic acid وأيضاً يعرف بإسم فيتامين C (vitamin) وهو مضاد أكسدة سكر أحادي monosaccharide antioxidant. و ASA عامل مختزل ويمكن أن يخفض أو يعادل أو يُبطل ROS مثل hydrogen peroxide بالإضافة الى تأثيراته المباشرة كمضاد أكسدة، و ASA هو المادة الأساس لأحد انزيمات مضادات الاكسدة (APX) Ascorbate peroxidase.

ASA من مضادات الأكسدة الأكثر وفرة وهي ذات وزن جزئي واطي وله اثر رئيس في الدفاع ضد الاجهاد التأكسدي المتسبب بتشجيع مستويات ROS. تُعد ASA مضاد أكسدة قوي بسبب قدرته على منح الاكترونات في كثير من التفاعلات الانزيمية واللاانزيمية وهو يعتبر مركباً قوياً لإزالة السُمية. لوحظ ASA أنه يلعب دوراً مهماً في بعض العمليات الفسلجية في النبات بضمن ذلك النمو والتكشف والأبيض الحيوي (Sharma *et al.*, 2012). تراكيز ASA في الساييتوبلازم والكلوروبلاست هي الأعلى (Asada,1999). يحمي ASA الجزيئات العملاقة من الضرر التأكسدي ، ان أكسدة ASA تحدث في مرحلتين متعاقبتين، الأولى إنتاج (MDHA) monodehydroascorbate واللاحقة إنتاج (DHA) dehydroascorbate. في دورة AsA- GSH cycle جزئيتان من ASA تستعمل بواسطة APX لاختزال H_2O_2 الى ماء والتي تكون مصاحبة لتوليد MDHA والأخير جذر ذات حياة قصيرة (جذور غير مستقرة) يمكن أن تتحول تلقائياً إلى DHA و ASA أو يختزل إلى ASA بواسطة NADPH بالإعتماد على إنزيم MDHAR (Miyake and Asada,1994). DHA هو غير مستقر في قيم pH الأعلى من 6 (Mishra *et al.*, 2011; Srivastava and Dubey, 2012)

دور الاسكوربيك أسد في استجابة النباتات لسُمية البورون ليس سهلاً بسبب محدودية الدراسات عن هذا الموضوع، كما أن سُمية البورون تؤثر معنوياً في قابلية النبات في إنتاج الكثير من المركبات من ضمنها ASA (Gunes *et al.*, 2006; Eraslan *et al.*, 2008). وجد (Singh *et al.* (2012) أن هنالك تغايراً في مستويات ASA المنتج في تراكيب وراثية مختلفة من نبات الجزر و كانت المستويات أعلى في ظروف نقص البورون بدلاً من سُمية البورون. وجد (Landi *et al.* (2012) ردود افعال مختلفة في مستوى ASA لأصناف مختلفة من Sweet basil

وأصناف من Red Rubin النامية في البورون الزائد في وسط النمو، كما لوحظ في أوراق نبات Tigullio زيادة في محتوى ASA بينما في صنف Red Rubin لوحظ نقصان في هذا المكون . وجد Keles وجماعته (2004) زيادة محتوى ASA بعد التجهيز العالي للبورون (الرش) في أوراق البرتقال (*Citrus sinensis*) orange ، وعلى جانب آخر النقصان في كمية ASA ذكرت من قبل Eraslan *et al.* (2007b) في كل من أوراق وجذور الجزر النامية في 5 مايكرومل من البورون في المحلول المغذي عندما عُوملت النباتات سوية مع البورون و Na_2SO_4 حيث أنخفض تركيز ASA معنوياً.

2-1-17-2 - الكلوتاثيون : (GSH) Glutathione

بيبتيد ثلاثي (γ -glutamyl-cysteinyl-glycine) واسع الانتشار يوجد في التراكيز (0.5 - 10 mM) في الخلايا النباتية (Noctor *et al.*, 2012) وهو واحد من الجزئيات الواطئة الوزن الجزئي الحاوية على الثايول اللابروتينية nonprotein thiol والذي يعلب دوراً حاسماً في دفاعات الخلايا ضد ROS المستحثة بالاجهاد التاكسدي. اكتشف فعلياً في كل الأجزاء الخلوية مثل السايوبلازم ، chloroplasts ، endoplasmic reticulum ، vacuoles و mitochondria (Foyer and Noctor, 2003). GSH يصنع في cytosol ، chloroplasts الخلايا النباتية من خلال مشابهاً انزيمية خاصة من γ -glutamyl-cysteinyl synthetase (γ -GCS) و glutathione synthetase (GS) والموازنة بين الشكل المختزل GSH و الشكل المؤكسد GSSH هي المكون الرئيسي للحفاظ على حالة الاكسدة والاختزال الخلوية ، ناشئ من القوة الاختزالية لك GSH. ويساعد GSH النبات في مقاومة أضرار الاجهادات البيئية يتوزع بشكل واسع في الحيوانات والنباتات وخصوصاً في الخمائر وأجنة الحنطة وكبد الحيوان، وأكتشف في عام 1929 من قبل Hopkins. ويتكون من glutamic acid ، cysteine و glycine (Dixon *et al.*, 2005) ويُخَلَق الـ GSH من ثلاثة أحماض أمينية في مرحلتين معتمدة على ATP : المرحلة الأولى تبدأ بتكوين أصرة بيبتيدية بين γ -glutamate و cysteine بتحفيز من قبل إنزيم γ -glutamylcysteine synthetas (GSH1) والمرحلة الثانية تتضمن إضافة الحامض الاميني glycine الى glutamylcysteine وتحفيز من قبل الانزيم glutathione synthetase (GSH2) (Wachter *et al.*, 2005) وتنشأ الوظائف المتعددة لك GSH من وجود مجموعة sulfhydryl في الحامض الأميني cysteine (Jozefczak *et al.*, 2012). تميل النباتات لحفظ نسبة عالية من GSH\GSSG في الخلايا ، لكنه كميكون في دورة AsA-GSH. و الكلوتاثيون يتفاعل كيميائياً (لا أنزيمياً) مع singlet oxygen و superoxide و hydroxyl radical و H_2O_2 وبذلك يعمل بشكل مباشر في كسح ROS ويعرض نفسه للتحويل الى الشكل المؤكسد

(GSSG) (Anjum *et al.*, 2010). والدور الرئيسي للكلوتاثيون في دفاعات مضادات الاكسدة ناشئ من قابلية على إعادة تكوين مضاد أكسدة آخر ascorbic acid عن طريق دورة ascorbate-glutathione cycle (Foyer and Noctor, 2011). ودور GSH في دفاع مضادات الأكسدة كان السبب في استعماله كمؤشرا للإجهاد. وفي الإستجابة الأولية لإجهاد تحدث أكسدة قليلة لبركة GSH وتليها زيادة في تركيز GSH وعند زيادة الاكسدة يهبط تركيز GSH مما يشير الى تحلل لهذا النظام (Tausz *et al.*, 2004). وفي دراسة أجراها sumithra *et al.* (2006) على اختلاف الضروب النباتية العائدة لنفس النوع في استجابة الإجهاد التأكسدي باستخدام ضربين من الماش ضرب (Pusa Bold وضرب CO4cvs) وجدوا أن فعالية الانزيمات الكاسحة للـ ROS وتركيز الـ GSH في أوراق الضرب Pusa Bold أعلى مما في أوراق الضرب CO4cvs كما وجدوا ان تركيز الكلوتاثيون المؤكسد GSSG أعلى في أوراق الضرب CO4cvs مقارنة بأوراق الضرب Pusa Bold مما يدل على أن الضرب الأخير يمتلك خصائص كفاءة لمقاومة الأكسدة التي تستطيع ان توفر حماية أفضل ضد الضرر التأكسدي في الأوراق تحت ظروف الإجهاد. ان أصناف الطماطة المقاومة للملوحة قادرة على زيادة تخليق الكلوتاثيون وزيادة نسبة GSSG\GSH في استجابتها للإجهاد الملحي في حين لم يحدث هذا في الانواع الحساسة للملح (Mittova *et al.*, 2003). وفي المراحل المبكرة من تجذير عقل الطماطة عندما تكونت البادئات الجذرية فإن بركة الكلوتاثيون الكلي تتميز باشتراك GSSG بنسبة أكبر في بركة الكلوتاثيون الكلية مقارنةً بالمراحل التالية عند بزوغ الجذور واستطالتها (Tyburski and Tretyn, 2010)، الأكسدة العالية لبركة الكلوتاثيون خلال تشكيل البادئات الجذرية في عقل الطماطة قد يكون ناتجاً من زيادة نسبة تحول ascorbate في دورة Halliwell-Asada cycle وإرتفاع عالٍ في فعالية انزيم dehydroascorbate reductase في هذه المرحلة من تكوين الجذور العرضية والأيام اللاحقة تتميز بهبوط فعالية هذا الانزيم وإنزيمات أخرى من أيض الاسكوربيت (Tyburski *et al.*, 2006). وأشار كل من (Lechno *et al.*, 1997) و (Wang *et al.*, 2011) الى حصول زيادة في المحتوى الكلي للكلوتاثيون في أوراق الكمثرى عند التجهيز العالي من البورون. في نباتات زهرة الشمس فقد بيّن (Ruiz *et al.*, 2003) ان البورون الزائد يثبط التخليق الحيوي للـ GSH، حيث بالإضافة الخارجية من هذا المضاد للأكسدة خفضت الأضرار المستحثة بسُمية البورون وفي دراسة للباحث نفسة في سنة (2006) بينت أن البورون يخفف سُمية الالمنيوم Al من خلال تحفيز تخليق GSH في الأوراق وزيادة تراكيزه في الجذور اذ يمكن أن يمنع الاضرار الناشئة من تراكم الجذور الحرة.

2-17-1-3- الحامض الأميني البرولين : Amino acid proline

من أهم التغيرات البيوكيميائية في النبات التي تحدث تحت ظروف الإجهاد الملحي أو المائي هو تراكم العديد من المواد الأيضية وخصوصاً الأحماض الأمينية التي تُعد بادئيات ومكونات للبروتينات الذائبة ومنها الحامض الأميني برولين والذي له علاقة وثيقة الصلة في ميكانيكية مقاومة النبات لظروف الإجهاد (HopKins, 1999; Jampeetong and Brix, 2009). ومن الوظائف الحيوية الهامة التي يؤديها تراكم برولين تحت ظروف الإجهاد هي ضبط الضغط الأزموزي (Ketchum *et al.*, 1991)، يعد مخزناً للكربون والنيتروجين اللازمين للنمو تحت الإجهاد ومضاداً للتسمم بالأمونيا، ثبات البروتين والأغشية، كسح الجذور الحرة (Agrawal and Pandey, 2004)، تحسن ثبات بعض أنزيمات الميتوكوندريا وأنزيمات السيتوبلازم، حماية الأنزيمات والأغشية ضد الملوحة، يسهم البرولين في ضبط pH السيتوبلازم، البرولين من المواد الكاسحة Scavengers الفعالة في أصطياد (OH) ويقوم البرولين بحماية الأغشية البلازمية plasmic membrane من الأكسدة lipid peroxidation (Hare *et al.*, 1999). يزداد محتوى البرولين تحت ظروف الإجهاد وذلك لحماية النبات من هذه الظروف وترجع زيادة محتوى البرولين وزيادة تراكمه إلى نقص أكسدته من ناحية أو من زيادة هدم البروتين وتحوله إلى أحماض أمينية منها البرولين وسبب آخر لتراكم البرولين في النبات هو نقص نشاط كل من انزيم Proline dehydrogenase وانزيم Proline Oxidase (Claussen, 2005) كما وجد ان تراكم البرولين في الساييتوبلازم تحت ظروف الإجهاد أنه مرتبط مع تحمل النباتات ووجد بانه يكون بتراكيز اعلى في النباتات المتحملة من النباتات الحساسة (Schat *et al.*, 1997) في حين أشار Celik and Atak (2012) الى وجود علاقة ارتباط سلبية بين تراكم البرولين وتحمل الملوحة في صنفين من التبغ التركي.

وذكر أن تراكم البرولين هو ليس أحد الأسباب لتحمل الإجهاد . وان تراكم البرولين عادة يتركز في الأعضاء النباتية التي فيها أيض حيوي عالٍ، البناء السريع بناءً على إغاثة الإجهاد قد يجهز المكافئات المختزلة الذي يدعم الاكسدة في الميتاكوندريا لتوليد جزئيات ATP للشفاء من الاجهادات وتصحيح الضرر المستحث بالإجهاد (Hare *et al.*, 1999). ويخلق البرولين بمسارين حيويين مسار معتمد على glutamine ومسار معتمد على ornithine ، مسار glutamine يحفز من خلال انزيم هو pyrroline-5-carboxylate synthetase (P5CS) وينتج gultami semialdehyde (GSA) والذي يتحول تلقائياً إلى pyrroline-5-carboxylate (P5C) ومن ثم يختزل إلى البرولين proline (Dominic and Jithin, 2012). وفي دراسة لـ Dominic and Jithin (2012) وجد أن التخليق الحيوي للبرولين من مسار glutamine في الحالات الطبيعية وفي ظروف

الاجهاد القليل يكون من glutamine وفي حالة الإجهاد العالي (سُمية البورون) فإن التخليق الحيوي للبرولين يذهب الى المسار البديل ornithine.

ان توازن البرولين مهم لاستمرار النمو تحت ظروف الإجهاد ويتم التوازن من خلال البناء والهدم والنقل بين وداخل الخلايا (Polavarapu *et al.*, 2013). ان أهمية البرولين في خفض إجهاد الكادميوم ليس بمصادرة او عزل Cd لكن من خلال اختزال أو خفض ضرر حث الكادميوم للجذور الحرة (مستويات الكلوتاثيون العالية) في الخلية والدليل الساند لهذا ما لوحظ مؤخراً في بادرات الماش بأنه التجهيز الخارجي من البرولين حث المقاومة للكادميوم من خلال حفظ مستويات الكلوتاثيون وانزيمات أيض الكلوتاثيون وخفض مستويات H_2O_2 وأكسدة الدهون lipid peroxidation من خلال تشجيع دفاعات مضادات الاكسدة ونظام إزالة سمية methylglyoxal (Hossain *et al.*, 2010). وكذلك وجد ان فعالية الانزيمات المضادة لأكسدة CAT,SOD,POX وانزيمات دورة GSH-ASA cycle تزداد عندما يضاف البرولين الى معلق خلايا التبغ المعرضة الى الملوحة (Hoque *et al.*, 2007). وأشار العيساوي (2010) إلى وجود ارتفاع معنوي في تركيز البرولين في أجزاء عقل الماش Primary leaves، hypocotyl و epicotyl عند تجهيز البورون السام ويبقى هذا التركيز معنوياً في أجزاء العقلة أعلاه بتجهيز SA و Si. كما ذكر Eraslan *et al.* (2007a) بأن مستويات البرولين تكون عالية في أوراق الطماطة والفلفل النامية تحت سُمية البورون. وحديثاً أشار كل من الرياحي (2011) وعبد الكاظم (2013) الى حصول زيادة في مستوى البرولين في عقل الماش عند تعرضها لسُمية الكاديوم وسُمية السلينيوم , على التوالي كما أشار Bhamburdekar and Chavan (2011) الى زيادة محتوى البرولين في مراحل الإنبات المختلفة لبذور Pigeon pea عند تعريضها الى البورون الزائد.

2-17-2 - المكونات الانزيمية للنظام المضاد للاكسدة:

Enzymatic Components of Antioxidant Defense System

تعمل الانظمة الانزيمية لإزالة سمية كل من ROS و MG بشكل تعاوني وكفوء لمواجهة التأثيرات الضارة ROS و MG ، وفي النباتات فإن سُمية الـ MG تزال بشكل رئيسي عن طريق نظام glyoxalase system و يسيطر ROS عليها عن طريق شبكة مضادات الاكسدة في النبات والتفاعلات الخاصة بين ROS ومكونات مضادات الاكسدة ومسارات glyoxalase يمكن أن تحدث تغيرات في التراكيز المطلقة للـ ROS ، MG ومضادات الأكسدة وكذلك في الاسكوربيت ascorbate ونسب اكدسة واختزال glutathione .

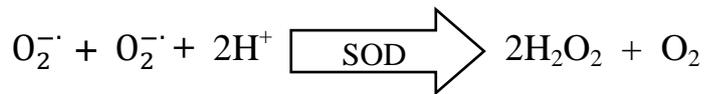
(Foyer and Noctor, 2011 ; Mhamdi *et al.*, 2010)

النظام المضاد للاكسدة الأنزيمي enzymatic antioxidants يشمل:

superoxide dismutase(SOD; EC 1.15.1.1),
 ascorbate peroxidase (APX; EC1.11.1.11),
 monodehydro ascorbate reductase (MDHAR; EC1.6.5.4),
 dehydroascorbate reductase (DHAR; EC 1.8.5.1),
 glutathione reductase (GR; EC 1.6.4.2),
 catalase (CAT; EC1.11.1.6),
 glutathione peroxidase (GPX; EC 1.11.1.9),
 glutathione S-transferase (GST; EC 2.5.1.18)
 glyoxalase I
 glyoxalase II

2-17-2-1 أنزيم Superoxide dismutase (SOD):

أنزيم (SOD, 1.15.1.1) مكون حاسم من مكونات مضادات الاكسدة الانزيمية النباتية (Boscolo *et al.*, 2003) ويلعب دوراً مركزياً في الدفاع ضد الإجهاد التأكسدي في كل الكائنات الهوائية (Scandalios, 1997). وقد عزل لأول مرة من قبل Markowitz *et al.* في عام 1959 ووصف في حينه بأنه من البروتينات المعدنية الحاوية على عنصر النحاس ، وفي عام 1969 عُرف فعل هذا الإنزيم لأول مرة من قبل الباحثين (1969) Mc Cord and Fridovich ، إذ قاما بتسميته بالسوبر اوكسايد ديسميوتيز Superoxide dismutase ومختصره (SOD).



ويعد الخط الدفاعي الأول ضد (ROS) المتولد خلال الإجهادات ومنها الإجهاد التأكسدي المتسبب عن سُمية البورون والذي يزيد إنتاج ROS ويمكن أن يعطب دوراً في كسح الجذور الحرة لكن في الوقت نفسه فان إنزيمات أخرى تكون ضروريةً لكسح بروكسيد الهيدروجين المتولد بواسطة SOD (Landi *et al.*, 2012) ، أشار Gill and Tuteja (2010) إلى SOD بكونه إنزيماً بين الخلايا intercellular يتولد بالإجهاد التأكسدي الذي يتوسطه تخليق ROS. وجدت ثلاثة انواع مختلفة في النباتات من SOD التي يمكن ان تقسم استنادا الى العوامل المساعدة المعدنية Mn-SOD ، Fe-SOD و Cu/Zn-SOD (Asada, 1999) اذ تتواجد Mn-SOD في المايكوكوندريا و

Peroxisomes و Fe-SOD يتواجد في الكوروبلاست الذي لا يوجد في كل النباتات و Cu/Zn-SOD الذي يتوافر بأكثر وفرة ويوجد في cytosol والكلوروبلاست و Peroxisomes (Del Río *et al.*, 1998). كما ذكرت فعالية SOD بأنها تزداد في النباتات المعرضة الى الإجهادات البيئية المختلفة مثل الجفاف و سُمية المعادن (Mishra *et al.*, 2011) والزيادة مرتبطة دائماً مع زيادة تحمل النباتات لإجهادات البيئية وأقترح بانه يمكن استخدام SOD كمؤشر غير مباشر لفحص تحمل النباتات لظروف الاجهاد (Zaefyzadeh *et al.*, 2009). وأشار كل من Garcia *et al.* (2001) ، Gunes *et al.* (2006) ، Sotiropoulos *et al.* (2006) الى أن الفعالية أنزيم SOD تزداد خلال التجهيز العالي من البورون في كل من نباتات التبغ، العنب و التفاح على التوالي . كما لاحظ Cervilla *et al.* (2007) زيادة في فعالية SOD في نباتات الطماطة ضرب Kosaco النامية في 0.5 و 2.0 من ملي مولر البورون مقارنة بالنباتات النامية في السيطرة وبالمقابل لنباتات ضرب Josefina والنامية في تراكيز البورون نفسه أظهرت زيادة أعلى في فعالية الأنزيم فقط في التركيز 0.5 ملي مولر وفي التراكيز العالية من البورون فان فعالية الأنزيم لم تتغير معنوياً مقارنة بالسيطرة . الزيادة في فعالية أنزيم SOD لوحظت أيضاً من قبل Kaya *et al.* (2009) في الطماطة النامية في المحلول المغذي الحاوي على 2 ملغم / لتر من البورون ، وذكر الطباطبائي (2013) زيادة معنوية في فعالية أنزيم SOD في نباتات الطماطة المجهدة ملحياً بماء مالح (5 ديسي سيمنز.م⁻¹) . بينما ذكر عبد الكاظم (2013) حصول إنخفاض غير معنوي في فعالية أنزيم SOD لعُقل الماش المعرضة لسُمية السلينيوم وإزالة سُمية السلينيوم بتجهيز الكبريت + السلينيوم (S+Se) اذ حصلت زيادة معنوية في فعالية أنزيم SOD. وأشارت دراسة لكـ Nadall *et al.* (2011) إلى إمكانية استعمال هذا الإنزيم كمؤشر للفصل بين الأصناف الكفوءة وغير الكفوءة عند تعرضها للإجهاد إذ بينت تلك الدراسة إمكانية تحسين تحمل أصناف النباتات للاجهادات المختلفة عند إزالة أو إخمد التأثيرات الضارة للROS ، وان أصناف النباتات تتباين في كفاءتها لتطوير مضادات الأكسدة الإنزيمية، لاسيما الخط الدفاعي الأول إنزيم SOD.

2-2-17-2 - انزيم الكاتليز: Catalase (CAT)

انزيمات CATs هي الأولى التي اكتشفت ووصفت من بين انزيمات مضادات الأكسدة ، بالدرجة الأولى تقع في peroxisomes و glyoxysomes وقد حاز على التسمية النظامية (EC: 1.11.1.6)

Catalase [Peroxidase Hydrogen : peroxidase oxidoreductase]

وفعاليتها هي الأعلى من بين جميع الانزيمات (جزئية واحدة من الانزيم تحول مليون جزئية من H_2O_2 الى ماء وأوكسجين في الثانية الواحدة) (Scandalios, 1997). و أشار (1995) Willekens *et al.* الى أن انزيم CAT يوجد في ثلاث متشابهات في نبات التبغ (*Nicotiana phambuginifolia*) وهي cat1, cat2, cat3. الكاتليز انزيم ذائب في الماء يعمل على تحطيم H_2O_2 المؤذي أو السام المتولد كنتاج ثانوي من العمليات الأيضية الهوائية ولمنع الأذى يجب تحويله إلى مواد أخرى، جزئيات الماء وجزئيات الاوكسجين الأقل فعالية أو أقل ضرراً، ويمتاز انزيم CAT عن باقي الانزيمات بأنه ثابت جداً ولايتحطم بسرعة. يوجد إنزيم الكاتليز تقريباً في الكائنات الحية التي يمكنها العيش بوجود الأوكسجين، ويعد أحد مضادات الأكسدة الإنزيمية ووظيفته تحطيم بروكسيد الهيدروجين الى ماء وأوكسجين (Willekens, 1997). وبين (2001) Hossain *et al.* أن له خصوصية عالية إلى H_2O_2 لكن هذه الخصوصية تكون أقل ألفة الى H_2O_2 من APX، و CATs هي الانزيمات الوحيدة التي لا تحتاج الى مكافئات اختزالية خلوية، و Peroxisomes هي المواقع الرئيسية لانتاج H_2O_2 و CAT يكسح H_2O_2 المتولدة في هذه العضية خلال photorespiratory oxidation و β -oxidation للأحماض الدهنية و الأنظمة الانزيمية المرتبطة بـ SOD (Del R'io *et al.*, 2006 ; Corpas *et al.*, 2008). وهو يمثل المرحلة الثانية من النظام الدفاعي في الخلايا والانسجة النباتية بعد أنزيم SOD (Super oxide dismutase) اذ يستلم الـ H_2O_2 ويحوله الى جزئية ماء وأوكسجين للتخلص من تأثيره الضار.

لاحظ العلواني (2006) أن فعالية انزيم الـ Cat تنخفض نتيجة لتأثير ظاهرة التعمير في عقل نبات الماش *Phuseolus aureus* Roxb وتنخفض الفعالية في كل من الأوراق والسويقة الجنينية فوق الفلق وتحت الفلق مقارنة بفعالية الإنزيم في العقل الطرية وللأجزاء أعلاه. وان ذلك جاء متزامناً بقلة تكوين الجذور العرضيه في العقل. وفي نبات الكمثرى ذكر (2011) Wang *et al.* بأن الزيادة في فعالية انزيم CAT مرتبطة بقوة بتراكم H_2O_2 في تراكيز 100 و300 مايكرو مولر من البورون مقارنة بالنباتات النامية في $10\mu\text{m}$ من البورون. ولوحظ من ناحية أخرى في نفس البحث انخفاض في فعالية CAT في النباتات النامية في $500\mu\text{M}$. لوحظ زيادة في فعالية CAT في كثير من الأنواع النباتية المعرضة الى البورون الزائد كما في العنب (Gunes *et al.*, 2006) وفي الطماطة (Cervilla *et al.*, 2007) وفي الحمص (Ardic, *et al.*, 2009) وفي التبغ (Garcia *et al.*, 2001) وفي الفلفل الحار (Lee, 2006) والكمثرى (Wang *et al.*, 2011) وبالمقابل (2004) Keles *et al.* و (2009) Han *et al.* ذكروا النقصان في فعالية CAT في أوراق نباتات Citrus الحمضيات المعرضة الى سمية البورون.

2-17-2 - 3 - أنزيم Ascorbate peroxidase (APX)

هو أحد أهم انزيمات دورة AsA-GSH cycle ويلعب دوراً مركزياً في السيطرة على مستويات ROS داخل الخلايا ودفاع النبات ضد الاجهاد التأكسدي من خلال تحفيز تحويل H_2O_2 الى ماء (Hossain and Fujita, 2011). يستعمل APX جزئتين من ASA لاختزال H_2O_2 الى ماء والمصاحبة الى توليد جزئتين من MDHA ، APX واستناداً الى تسلسل الاحماض الأمينية ، ميزت خمسة مشابهاً كيميائية و أنزيمية للـ APX التي وجدت في مواقع خلوية مختلفة في النباتات الراقية وهي السايوبلازم cytosolic, stromal, thylakoidal, mitochondrial and peroxisomal (Madhusudhan *et al.*, 2003). APX تعد واحداً من الأنزيمات المضادة للأكسدة الأكثر انتشاراً في الخلايا النباتية والمشابهاً الأنزيمية للـ APX تمتلك ألفة أعلى إلى H_2O_2 من CAT مما يجعل APXs أكثر كفاءة في كسح H_2O_2 تحت ظروف الاجهاد (Wang *et al.*, 1999) و ذكرت كثير من البحوث أن فعالية APX تزداد عند الاستجابة الى الظروف البيئية مثل الجفاف والملوحة وسُمية المعادن (Hefny and Abdel-Kader, 2009) ولُوحظ في الأنواع النباتية المتحملة للملح زيادة معنوية في فعالية (APX) في استجابتها إلى الإجهاد الملحي.

وأشار Sanchez-Rodriguez *et al.* (2011) زيادة خمس مرات في فعالية APX في ضرب الطماطة Zarina المتحمل الى الجفاف في استجابته الى الجفاف المتوسط. ولاحظ (2011) Saita *et al.* في نباتات الرز المعدلة وراثياً لزيادة التعبير الجيني للـ OsAPX أن تحمل البرودة إزداد من خلال خفض مستويات H_2O_2 ومحتوى MDA. بيّن (2012) Weisany *et al.* ان فعالية APX تزداد في نبات فول الصويا soybean عند الاجهاد الملحي. وأشار Gunes *et al.* (2006) الى حصول نقصان في فعالية APX في نباتات العنب المعرضة الى إجهاد البورون. وأشار (Hossain and Fujita 2009) الى حصول زيادة معنوية في فعالية إنزيم APX في بادرات الماش المعرضة الى الاجهاد الملحي لمدة قصيرة مع زيادة فعالية كل من GST ، GPX و Glyoxalase I كما ذكر (2002) Schützendübel *et al.* ان إجهاد الكادميوم لمدة قصيرة (10 ساعات) سبب زيادة معنوية في فعالية إنزيم APX لكن الفعالية انخفضت بزيادة مدة التعرض. كما أشار (2011) Wang *et al.* الى ارتفاع فعالية إنزيم APX في أوراق بادرات الكمثرى (*Pyrus pyrifolia*) pear في إجهاد البورون المعتدل لكن بالإجهاد الشديد انخفضت الفعالية.

18-2-أكسدة الدهون وتكوين (MDA) Malondialdehyde

أكسدة الدهون في الأغشية البايولوجية هو العارض الواضح للاجهاد التأكسدي في النباتات عندما تزداد مستويات ROS على قابلية الكسح للأكسدة. أكسدة الدهون Lipid peroxidation (LO) في الأغشية البايولوجية تزداد وبذلك تتأثر العمليات الفسولوجية للخلايا (Labudda, 2013). تسبب الجذور الحرة نوع (AOS) تحطيم الأغشية، مما يؤدي إلى زيادة تسرب الذائبات خلالها وهذا يُعد مؤشراً لتحديد مستوى تدمير دهون الغشاء تحت مختلف الظروف المجهدة (Gill and Tuteja, 2010).

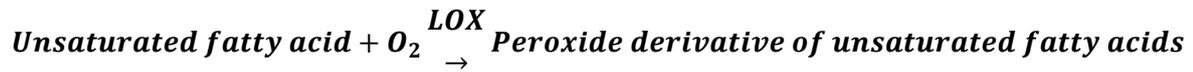
Malondialdehyde (MDA) هو واحد من النواتج النهائية لأكسدة الدهون وهو المسؤول عن تلف الغشاء والمنتضمن تغيرات في خصائص الغشاء مثل السيولة، نقل الأيونات، فقدان فعالية الأنزيمات وبروتينات التصالب، هذه التغيرات في النهاية تؤدي إلى موت الخلية (Sharma *et al.*, 2012) الأحماض الدهنية غير المشبعة Polyunsaturated fatty acid (PUFA). (PUFA) هي المكونات الرئيسية لدهون الغشاء المفسفرة، وتكون حساسة لعملية الأكسدة وبشكل خاص هي حساسة إلى ROS. عملية أكسدة الدهون تتضمن ثلاث مراحل هي مرحلة الإبتداء Initiation phase، مرحلة التكاثر Propagation phase ومرحلة الإنتهاء Termination phase. في مرحلة الإبتداء من LO هي المرحلة التي تنتج جذور الأحماض الدهنية Fatty acid radicals. يتفاعل الأوكسجين الجزيئي أو الجذر الحر مثل جذر الهيدروكسيل الفعال جداً Hydroxyl radical (OH) مع الحامض الدهني غير المشبع ليكون الجذر الحر Fatty acyl free radical عن طريق إزالة الهيدروجين من مجموعة المثلين Methylene group المجاورة للاصرة الثنائية في الحامض الدهني وتكوين لاحقاً Conjuated dieny, Lipid peroxy radical, Hydroperoxides (Smirnoff, 1995)، إذ أن peroxy radical عالية الفعالية وتستطيع اجتياز تفاعل سلسلة الإكثار. لاحظ Cchakraborty and Pradhan (2013) أن عدم استقرارية الأغشية البايولوجية هي انعكاس للـ LO وتكون أكبر في تراكيب الحنطة الوراثية الحساسة من تراكيب الحنطة المتحملة.

إن العلاقة بين إستقرارية الغشاء الخلوي مع درجة التحمل الملحي كافية للتمييز بين أنواع النباتات المتحملة والحساسة (Sairam and Srivastava, 2002). فهناك بعض الأنواع من الطماطة مثل *Lycopersicon pennelli* تتحمل إجهاد الملوحة وعند تحليل نتائجها تبين وجود قلة في الدهون المؤكسدة مقارنة بالنوع الهجين *L. esculentum*، إضافة إلى زيادة في فعالية الإنزيمات

المضادة للأكسدة (Shalata and Tal, 1998). إذ تزداد عملية أكسدة الدهون ويصاحبها تجريح الأغشية نتيجة لإنتاج جذر الهيدروكسيل الحر $O^{\cdot}H$ و H_2O_2 في أوراق نبات الفاصوليا Hamurcu *et al.* (2013) وفي دراسة (Zlatev *et al.*, 2006) *Phaseolus vulgaris* الى أن البورون المعتدل السمية moderate boron toxicity في نباتات فول الصويا soybean زاد محتوى Malondialdehyde وكذلك زيادة أكسدة الدهون. كما بيّن Wang *et al.* (2011) ان سمية البورون سببت زيادة في أكسدة ليبيدات الغشاء في أوراق العرموط pear وفي دراسة للعيساوي (2010) في عُقل الماش وجدّ زيادة في محتوى Malondialdehyde عند معاملتها بالبورون السام. كما بيّن Cervilla *et al.* (2012) حصول زيادة في LO وارتفاع معنوي في محتوى Malondialdehyde بسبب زيادة انتاج ROS. كما ذكر Siddiqui *et al.* (2012) ان سمية البورون حثت أكسدة الدهون وزيادة Malondialdehyde في أوراق نبات الفجل Radish.

19-2- انزيم Lipoygenase (LOX)

Lipoygenase (Linoleate:oxygen oxidoreductase, EC.12.11.12) هي مجموعة من الانزيمات توجد في النباتات واللبنائن والفطريات (Brash, 1999) وهي سلاسل بيتيدية أحادية Monomeric لا تحتوي على الحديد ولا الكبريت، الطرف الأميني يكون حوالي 25-30 Dka (domainI) التي تستعمل في الارتباط بالغشاء أو المادة الاساس ، الطرف الكاربوكسلي حوالي 55-65 Dka (DomainII) التي تمثل المواقع الفعالة للإنزيم (Mansoor and Naqvi, 2013). تحفز LOX منح جزئية أو كسجين للأحماض الدهنية المتعددة غير المشبعة Polyunsaturated fatty acids (PUFA) في ذرة كاربون 9 أو 13 والذي يؤدي إلى ناتجين مختلفين 9-and 13 hydroxy fatty acid وبذلك تُسمى 9.LOX و 13.LOX على التوالي (Howe and Schilmiller, 2002). حيث تؤكد الحوامض الدهنية المتعددة غير المشبعة الى هايدروبيروكسيدات الحامض الدهني Fatty acid hydroperoxides كما في المعادلة الآتية:



يستعمل النبات LOX في السيطرة على عمليات النمو والتكشف ونواتج LOX يمكن أن تستعمل كمرکبات إشارة مثل Jasmonates (Chen *et al.*, 2004). يمكن LOX أن يشترك في بعض العمليات التكتشفية والإجهادات البيئية (Kolomiets *et al.*, 2001) ونواتج مسار LOX تستعمل في سلسلة من الأحداث البايولوجية مثل إنبات البذور (Rudolph *et al.*, 2011) وشيخوخة النبات وموت الخلايا (Liu and Han, 2010). ومن الأدوار الأخرى للـ LOX في النبات هي

وبروتينات finger protein تؤثر في عدد من العمليات الخلوية، وهي مطلوبة في تعبير وتنظيم الجينات ، وأكثر من 10% من بروتينات الأنظمة البيولوجية تحتاج الزنك لأداء الوظائف وحفظ السلامة التركيبية (Andreini *et al.*, 2006) لذلك تكون النباتات عالية الحساسية إلى التراكيز الواطئة من الزنك في الأنسجة . وهو كذلك يستخدم في صناعة الأحماض النووية ، أيض الكاربوهيدرات والدهون (Marschner, 2012) ويكون معقدات مع DNA و RNA ويرفع استقرارها (Coleman, 1992). كما أن حركات انزيمات جهاز البناء الضوئي، فعاليات التحلل كما في عمليات تصحيح في PSII من خلال تسليم البروتين التالف بالضوء بالـ photo-damaged D1 protein وهذه تعتمد على الزنك (Hänsch and Mendel, 2009). تنظيم التفاعلات البايوكيميائية في أيض البناء الضوئي يمكن أن يُحث بواسطة الزنك وهذا العنصر يدخل في تركيب إنزيم Rubisco (Alloway, 2004).

2-21- دور الزنك في سلامة الاغشية الخلوية

Role of Zinc in Integrity of Cell Membranes

قد تكون السلامة الهيكلية والوظيفية لبروتينات الأغشية البيولوجية تحت سيطرة الزنك Zn، وهذا الأخير يؤثر في بنية architecture الأغشية ويسيطر على نفاذية الاغشية الحيوية ، واستناداً الى Welch وجماعته (1982) لانجاز هذا العمل، يجب ان يكون Zn موجوداً بشكل مستمر في الوسط الخارجي خلال النمو . الأغشية البيولوجية تحتاج تراكيز عالية من Zn. خلايا الجذور تحتاج ايون الزنك في محلول التربة لكي تنمو بشكل مثالي في إجهادات التربة المختلفة مثل الجفاف ودرجات الحرارة المتطرفة والمستويات السامة من المعادن المختلفة (البورون ، الكاديوم... الخ) والمرضات (Welch, 1995) وتشير الأدلة من الدراسات الحيوانية الى ان الزنك يتفاعل مع الحديد المرتبط بالغشاء وبالتالي يحد من إنتاج جذر الهيدروكسيل hydroxyl radicals العالي السمية (Powell *et al.*, 1994) ، وكذلك الموت المبرمج apoptosis يبدأ بـ ROS (Dangl *et al.*, 1996). وعندما يكون الزنك غير كافٍ فإن السلامة الخلوية الهيكلية للأغشية تضعف نتيجة تغيرات انحلالية في وظائف الغشاء وإحدى نتائج ضرر الغشاء التغيرات في أخذ ونقل المغذيات المعدنية وتأثير الزنك في وظيفة الغشاء قد يكون مهمة جداً في الترب الملحية ذات التراكيز العالية من الصوديوم والبورون. ونقص الزنك ظاهرة مميزة جداً في المناطق الجافة وشبه الجافة حيث تتراكم الاملاح ، وفقد السلامة الهيكلية لأغشية خلايا الجذر عند نقص Zn قد يحدث الأخذ العالي للجذور والتراكم العالي للـ Na في الجزء الخضري shoot مما يؤدي الى ضرر الملح وعدم توازن الأيونات في النبات، وتحسين حالة الزنك لتغذية للنباتات النامية في ظروف الترب الملحية مهمة لتقليل تراكم الملح الزائد في النباتات (Cakmak, 2009) . وهذا يشير ضمناً الى

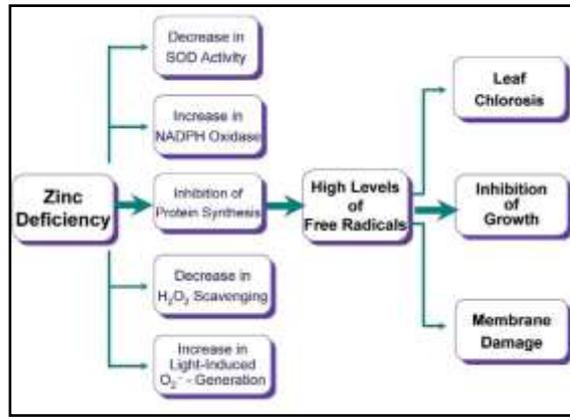
التجهيز الكافي من الزنك هام جداً لحماية الخلايا من ضرر مهاجمة ROS والزيادة في نفاذية الأغشية هي طبيعياً مرتبطة مع أكسدة الدهون للغشاء خصوصاً الدهنية غير المشبعة (Girotti, 1985). في جذور القطن إنخفاض تجهيز الزنك يختزل مستويات الاحماض الدهنية خصوصاً غير المشبعة unsaturated fatty acids مقارنة مع الجذور الكافية الزنك. سلامة الأغشية أيضاً تحتاج الزنك لحفظ التركيب وإتجاه الجزيئات الكبرى وحفظ نظام النقل الايوني (Dang et al., 2010; Disante et al., 2010)، ويتداخل الزنك مع الدهون المفسفرة phospholipids ومجاميع sulphhydryl groups لبروتينات الغشاء ويساهم الى حد بعيد في حفظ سلامة الأغشية ودور الزنك التثبيطي للموت الخلوي المبرمج apoptosis يبدو له علاقة بدوره في حماية الأغشية والدنا من ضرر مهاجمة أنواع الاوكسجين السامة (Cakmak, 2000). دور الزنك في استقرارية الأغشية غير واضحة لحد الآن بشكل كامل لكن يبدو أنه متعلق بقدرته لحماية مجاميع السلفا sulphhydryl لبروتينات الغشاء في مخلفات الحامض الأميني cysteine من الأكسدة إلى الحامض الاميني (cystine) disulfide (Welch, 1995) وما زالت الحاجة قائمة لكثير من الدراسات لفهم وظيفة الزنك المهمة في هذا الصدد للخلية النباتية (Welch, 2011).

2-22- دور الزنك في ازالة سمية ROS

The Role of Zinc in Detoxification of reactive oxygen species (ROS).

الجذور الحرة هي المسؤولة عن الضرر التأكسدي للكوروفيل chlorophyll ، البروتينات proteins ، والأغشية البيولوجية biological membranes والدنا DNA (Daub et al., 2012) ولوحظ الزيادة في مستوى ROS وتناقص ميكانيكيات الدفاع قد تحدث في النباتات الناقصة الزنك . الزنك مطلوب في ازالة سمية ROS بسبب دوره الأساسي في تنشيط التعبير الجيني للإنزيمات المضادة للأكسدة مثل CAT ، APX و GR (Alscher et al., 1997). بعض الدراسات قد ذكرت ان الكميات المنخفضة من الزنك في الخلايا قد تشجع إنتاج سوبر اوكسايد أثناء النقل الالكتروني في عملية البناء الضوئي (Cakmak and Engels, 1999) وإنتاج سوبر اوكسايد أكثر أهمية لأنه المسؤول عن تكوين أنواع الاوكسجين السامة. وأنزيم SOD و peroxidase cycle لها أدوار مهمة في نظام الدفاع والأنظمة البيولوجية ضد ROS وبقاء أو عيش النبات في ظروف الاجهاد (Daub et al., 2012). ويعتمد أنزيم SOD على الزنك لأن هناك ثلاثة أنواع من SOD الحاوي على الزنك هو السائد في كل من خلايا النباتية واللبنان. ومع نقص الزنك تنخفض فعالية SOD معنوياً. مع نقص الزنك ينشط إنتاج ROS بشكل أكبر (شكل 4). والتخليق الحيوي للإنزيمات الكاسحة للـ H_2O_2 يمكن أن يضعف كنتيجة لنقص الزنك. كما وجد

Cakmak and Marschner (1993) أن النباتات bean الناقصة الزنك أختزلت فعالية انزيمات GR و APX في الأوراق الفتية بالرغم من أن هذه الانزيمات لا تحتاج الزنك لفعاليتها وأشار Sbarta *et al.* (2011) الى سُمية الكادميوم في بإدرات الطماطة (*Lycopersicon esculentum L. var. Rio Grande*) يمكن ان تخفف باستخدام الزنك من خلال زيادة فعالية مضادات الاكسدة الانزيمية مثل SOD و CAT . كما بيّن Afsharnia *et al.* (2013) في نبات الذرة عند نقص الزنك في ظروف الإضاءة المنخفضة تنخفض فعالية SOD و CAT وتزداد فعالية peroxidase وإنتاج H_2O_2 . NADPH oxidase هو النظام الأنزيمي الذي ينتج جذور سوبر اوكسايد في الأنظمة البايولوجية ويمثل مصدراً مهماً لإنتاج ROS تحت عوامل الإجهاد المختلفة وفعالية هذا الإنزيم حساسة جداً الى تجهيز الزنك (Cakmak, 2009) . وتحسين حالة الزنك الغذائية للنباتات ذات أهمية كبيرة في تخفيف ضرر الخلية المتسبب عن عوامل الاجهاد البيئية في ظروف المناطق الجافة أو شبة الجافة قليلة الامطار ومرتفعة درجات الحرارة وكل هذه الظروف ينتج تراكم البورون الى المستويات السامة الذي له تأثيرات ضارة في النباتات (Rodríguez-Hernández, 2013).



شكل (4) دور نقص الزنك في توليد ROS وتأثيرات ROS في النمو (Cakmak, 2000)

23-2 - تحمل الاجهادات

إن التأثيرات التي تسببها التراكيز العالية من الأملاح للنباتات كقيلة بموت الكثير من النباتات لاسيما الحساسة منها التي تعيق النمو والتكشف لذلك فقد أصبح من الضروري للنبات أن يقوم بالكثير من الآليات التي تسمح له بالتعايش مع التراكيز العالية لتستطيع الحفاظ على ديمومة الحياة والنمو والتكشف بواسطة تعديل الأنظمة الايضية لحفظ التوازن من خلال قَدح سلسلة أو شبكة من الأحداث التي تبدأ مع إدراك الإجهاد والذي ينتهي بتعبير مجموعة من الجينات

target genes (Anjum *et al.*, 2010). إن عيش وبقاء النبات تحت ظروف الاجهاد يعتمد على قابلية إدراك المحفزات وتوليد ونقل الاشارة والبدء بالتغيرات المناسبة (Hasanuzzaman *et al.*, 2013). تشمل استجابات النبات للإجهادات تكيفات فسلجية وبايوكيميائية ومظهرية وتشريحية (Pastori and Foyer, 2002). يمكن التعبير عن مقاومة الاجهاد من خلال المعادلة (ياسين، 2001) :

$$\text{المقاومة} = \text{الإجهاد} \setminus \text{الضرر}$$

وفي المعادلة يمكن القول أن هناك طريقتين للمقاومة يقوم بها النبات التي يمكن توضيحها كما يلي:

خفض مقدار الاجهاد اللازم لإحداث ضرر معين . وفي الحقيقة فأن النبات لا يمتلك القدرة على تغيير الإجهاد البيئي خارج جسم الكائن الحي. لكن بمقدوره أن يمنع أو يخفض نفاذ الإجهاد إلى داخل الجسم . وهذا النوع من المقاومة يسمى بتفادي الاجهاد Stress avoidance , فيمكن للنبات أن يعزل تأثير الاجهاد بمختلف الوسائل . وقد يكون ذلك بتكوين حواجز فيزيائية (طبيعية) أو بطرق كيميائية أو حيوية . وبتفادي الاجهاد فان الكائن بالنتيجة يمكن ان يتفادى الضرر (Zlatev, 2005). تتبع النباتات التي لا تستطيع مقاومة الأملاح الزائدة التي لها تأثيرات سلبية بطرائق مختلفة لتحاكي التراكيز العالية من هذه الايونات فتقوم بالمحافظة على مستواها بشكل مستمر في داخل الخلايا . إذ يمكن للنبات أن يتفادى الاجهاد الملحي من خلال: آلية عزل الملح سلبياً ، عزل وإبعاد الأيونات المسببة للملوحة متخذاً عدة أبعاد ومستويات على مستوى النبات أو أعضائه او حتى عُضياته، فيمكن أن تكون الجذور غير منفذة للأملاح وبالتالي فأن النبات الذي يتميز بهذه الآلية لا يمرر الأيونات المسببة للملوحة، وهكذا يقوم بإبعاد الأيونات الضارة خارج جسمه.

قد يقوم النبات بتقليل الضرر الناجم عن إجهاد معين ، وهذا النوع من المقاومة يسمى تحمل الاجهاد Stress tolerance والنبات الذي يمتلك هذه الآلية فان له القدرة على منع أو تقليل أو إصلاح الضرر الناجم عن الاجهاد للايض الحيوي (Munns and Tester, 2008) ويكون ذلك بتفادي أو تحمل الضرر. وبناءً على ما تقدم يمكن ان ندرج الآليات الرئيسية لمقاومة إجهاد البورون.

2-23-1 التحمل النسبي لسُمية البورون

Relative tolerance to Boron Toxicity

صُنفت النباتات المختلفة من خلال دراسة موسعة حسب استجابتها الى البورون إلى ثلاثة مستويات رئيسية ، نباتات حساسة Sensitive وهي التي يقل إنتاجها الى النصف عندما يزداد تركيز B بمدى من (0.5-1.0) ملغم /لتر في مياه الري التي منها الماش ، نباتات معتدلة Moderately وهي

التي يقل إنتاجها الى النصف عندما يزداد تركيز B بمدى من (2.0- 4.0) ملغم /لتر ونباتات متحملة Tolerant وهي التي يقل إنتاجها الى النصف عندما يزداد تركيز B بمدى من (4.0- 6.0) ملغم /لتر والتي منها الطماسة. وثمة تصنيفات أخرى من النباتات الحساسة منها عالية الحساسية Very sensitive التي يقل إنتاجها إلى 50% عندما يكون البورون أقل من 0.5 ملغم/لتر ومعتدلة الحساسية Moderately sensitive التي تنخفض فيها مؤشرات النمو بمقدار النصف عندما تنمو في تراكيز البورون بحدود 1.0-2.0 ملغم /لتر و منها الخيار وثمة تصنيفات أخرى من النباتات المتحملة العالية التحمل Very tolerant وهذه تنخفض فيها مؤشرات النمو بمقدار النصف عندما تنمو في تراكيز البورون بحدود 6.0- 15.0 ملغم /لتر (CCEM, 1999).

إن مقدرة النباتات على تحمل مستويات عالية من البورون يتوقف على النوع النباتي وتحمله الوراثي ومقدرة على الامتصاص وتراكم الايونات المختلفة ، وان التراكيز الأمينة من عنصر البورون في مياة الري هي 0.3 جزء بالمليون للنباتات الحساسة مثل الماش و 1- 2 للنباتات شبه متحملة مثل الذرة ، و 2-4 جزء بالمليون للنباتات المتحملة مثل *Daucus carota* و 4-6 جزء بالمليون للنباتات عالية التحمل مثل الطماسة (Nable et al., 1997). وبشكل عام، النباتات المتحملة للبورون تتمكن من العيش بشكل أفضل في الاجهادات الملحية الأخرى مثل NaCl مقارنة بالنباتات الحساسة، علاوة على ذلك في نفس الأنواع المتحملة الضروب الأكثر تحملاً تمتلك تراكيز البورون الداخلية أقل من الضروب الحساسة (Cervilla et al., 2007;2012) وهذا السلوك يظهر العلاقة بقابلية الضروب في استبعاد البورون على مستوى الجذور من خلال اختزال نفاذية الغشاء الدهني و/أو وجود حوامل (BOR) Boron transporter و (Nodulin – like intrinsic protein NIP) الأساسية لقذف البورون من الساييتوبلازم وقد تكون مسؤولة عن اختزال تراكيم البورون (Miwa et al., 2007 ; Sutton et al ., 2007). وقد عدَّ (1987) Maas نبات الماش من النباتات الحساسة Sensitive للبورون ونبات الخيار من النباتات المعتدلة الحساسية Moderately sensitive ونباتات الطماسة من النباتات المتحملة Tolerant للبورون كما في الجدول (1)

Table (1): Relative tolerance to B of some agronomic and horticultural crops (Maas, 1989)

متحمل Tolerant	معتدل التحمل Moderately tolerant	معتدل التحسس Moderately Sensitive	متحسس Sensitive
Alfalfa	Barley	Broccoli	Avocado
Beet	Cabbage	Carrot	Mung bean
Cotton	Celery	Cucumber	Grape
Grain sorghum	Corn	Pea	Grapefruit
Sugar beet	Squash	Pepper	Lemon
Oat	Sweet clover	Potato	Orange
Tomato	Turnip	Radish	Wheat

2-23-2 آليات تحمل سُمية البورون

تمتلك النباتات عدداً من ميكانيكيات التحمل منها ناقلات الأيون، بروتينات، حاميات أزموزية، مضادات الأكسدة، جزيئات إشارة، السيطرة على عمليات الاستنساخ التي تنشأ عند الإجهاد المفاجئ، الإختلاف في أخذ الجذور الحرة، النقل من الجذور إلى الجزء الخضري. تراكم البورون في الجزء الخضري قد يلعب دوراً حرجاً في اختلاف التعبيرات عن تحمل الـ B بين التراكيب الوراثية (Torun *et al.*, 2006). وأشار Nable *et al.* (1997) إلى أن مستوى تراكم B في الجزء الخضري Shoot مرتبط دائماً مع شدة أعراض سُمية البورون. بعض التراكيب تختزل أخذ البورون بواسطة الجذور، تلعب دوراً حرجاً في تطور التحمل العالي لسُمية البورون بينما بعض التراكيب الوراثية تعتمد على آليات داخلية مثل (إزالة سُمية B على المستوى الخلوي) قد تشترك في تحمل البورون. والنباتات تختلف إلى حد بعيد في متطلباتها من البورون وكثير من التقارير بينت أن بعض الأنواع ذات متطلبات عالية من البورون و تتحمل مستويات البورون الجاهزة في وسط النمو. هناك ثلاث آليات أو فرضيات الأولى النباتات المحتملة تستبعد تراكيز البورون في أنسجة الجذر من خلال تحديد (محدودية) أخذ البورون أو إستبعاد البورون الزائد من خلايا الجذور بعد أخذها (Sutton *et al.*, 2007) الفرضية الثانية أن النباتات المحتملة تقيد نقل البورون إلى الجزء الخضري والفرضية الثالثة أن تحمل البورون يُنجز من خلال زيادة تحمل الأنسجة للتراكيز العالية.

3-23-2 آلية الاستبعاد Exclusion mechanism

من المعروف ولمدة طويلة ان تحمل البورون هو مرتبط مع قابلية استبعاد تراكم البورون في كل من الجذور والجزء الخضري (Reid, 2007a) وبهذا المعنى للتخلص من مشاكل سُمية البورون فأن قابلية أو نشاط ناقلات البورون يجب أن تنظم بإحكام لحفظ معدل النقل للبورون ضمن المدى المقبول من البورون وبشكل مستقل عن تركيز البورون في وسط النمو (Takano *et al.*, 2008). أشارت الدراسات الحديثة الى دور ناقلات التدفق الخارجي Boron efflux transporter في تحمل سُمية البورون (Reid, 2007b). في نباتات *Arabidopsis* فعالية Boron efflux transporter (*BOR1*) والتي تُحفز تحميل البورون من خلايا بارانكيما الخشب الى الخشب كما ذكر سابقاً يهبط تنظيمها بسرعة بسبب تحلل بروتينات *BOR1* عن طريق التحلل الخلوي في المستويات العالية من B (Takano *et al.*, 2005,2008). وذكر (Miwa *et al.*, 2006) أن زيادة التعبير الجيني لجينات *BOR1* لم ينتج عنه تحسين النمو في المستويات السامة من البورون، وهذه النتائج اقترحت ان *BOR1* لا تستعمل في تحمل B في نبات *Arabidopsis* مما دعاهم (Miwa *et al.*, 2006) الى التركيز على *BOR4* (واحد من ستة مشابهاة لـ *BOR1*) الموجودة في جينوم Genome نبات *Arabidopsis* واقترح بان *BOR4* يستثنى من نظام تحلل *BOR1* ما بعد الترجمة Posttranslational (Miwa *et al.*, 2007). كما وجد بان بروتينات *BOR4* تتواجد في الغشاء البلازمي لخلايا البشرة في منطقة الإستطالة الجذر لنبات *Arabidopsis* وهذا التوقع مهم تجاه تصدير البورون الى التربة وبهذه الطريقة تتحاشى النبات التراكيز العالية من B أن تصل الى الخشب والخلايا النامية (Miwa *et al.*, 2007). وبين (Kajikawa *et al.*, 2013) أن زيادة التعبير الجيني لـ *BOR4* يمكن ان يسفاد منه لتوليد أصناف متحملة للبورون. وباختصار Boron efflux transporter تبدو أنها المفتاح الذي يمكن ان يحدد تحمل النباتات للبورون وتقدم القاعدة الجزيئية لتوليد نباتات متحملة للبورون العالي (Takano *et al.*, 2008) اما الأصناف الحساسة فلها قابلية أقل لقدف البورون من السايئوبلازم وتبقى تراكيزه عالية في داخل الخلية (Reid and Fitzpatrick, 2009).

2-23-4 فرضية تقييد النقل Restriction of Uptake and Transport

الاختلاف في قابليات النقل السلبي للبورون ظهر بأنها تشترك في اختلاف تحمل سُمية البورون (Nable *et al.*, 1997). أظهرت الدراسات أن التغيرات في تركيب الدهون يمكن أن يؤثر في نفاذية الغشاء البلازمي لحامض البوريك (Dordas and Brown, 2000). ارتباط البورون مع السكريات المتعددة والحوامض العضوية من الأنواع المختلفة وخصوصاً التي فيها مجموعة كحول مثل Sorbitol, افراز مركبات الى منطقة الجذور ربما تشترك في ربط البورون الحر (Nable *et al.*, 1997). إضافة الى ناقلات التدفق الخارجي الواقعة في الغشاء البلازمي للخلايا

الجذر قد تضخ الـ B خارج الجذور حال أخذه (Sutton *et al.*, 2007) النباتات المتحملة أكثر كفاءة من الحساسية في تقيد نقل البورون من الجذور الى الجزء الخضري . وأكد هذا (Amanda *et al.* (2010) اذ أشاروا الى أن نسبة البورون الكلي في الجزء الخضري/ البورون الكلي في الجذور تزداد مرتين في الانواع الحساسة مقارنة بالمتحملة. وأكد على أن المتحملة قادرة على السيطرة على نقل البورون من الجذر الى الجزء الخضري بينما تنهار هذه القابلية في النباتات الحساسة مما يؤدي الى ارتفاع نسب البورون الكلي في الجزء الخضري/البورون الكلي في الجزء الجذري وعدم السيطرة ينتج عنها موت النباتات الحساسة في التراكيز العالية. بعض ناقلات البورون قد تسيطر على نقل البورون من الجذور الى الجزء الخضري في نبات *Arabidopsis* الطافرة لـ bor1 الذي تشفر الى ناقلات البورون التي تنقل البورون من خلايا برنكيما الخشب الى أوعية الخشب وبذلك تسهل نقل البورون من الجذر الى الجزء الخضري (Takano *et al.*, 2002) ومع هذا بروتينات أخرى قد تلعب دوراً مهماً في نقل B مثل NIP5;1 وقنوات تستخدمها الجذور لاخذ B من التربة (Takano *et al.*, 2006) وبروتينين NIP6;1 التي تستخدم في نقل البورون من الخشب الى اللحاء في مناطق العقد (Takano *et al.*, 2008). وأشار (Schnurbusch *et al.* (2010) الى أن تحمل المستويات العالية من البورون في نبات الشعير تنجز من خلال اختزال التعبير الجيني للقنوات البروتينية HvNIP2;1 للحد من أخذ البورون بالإضافة إلى زيادة التعبير الجيني للـ Bot1 لإزالة البورون من الجذور والانسجة الحساسة.

2-23-5 ميكانيكيات التحمل الداخلية : Internal tolerance mechanisms

تتحمل النباتات التراكيز السامة من البورون من خلال الآليات التالية :

1- تعديل عوامل الاستنساخ Modulation of Transcription Factors

ذكر (Sakamoto (2011 أن فك شريط DNA (DSBs) double-strand breaks والناشئ من سمية البورون الذي يسبب توقف تضاعف الدنا وأن condensin II للنبات يلعب دوراً في تصحيح ضرر DNA أو في حماية الجينوم (المورث) من الجهادات اللاحيوية وخصوصاً البورون الزائد. وقد اقترح أن البورون الزائد يثير اضطراباً في RAN Splicing وهذا التأثير يبدو أنه السبب الرئيس الذي يفسر سمية البورون (Shomron and Ast, 2003). بعض الجينات في النباتات مثل *Arabidopsis* و *Lupinus* تشفر عوامل الاستنساخ Transcription factors أو بروتينات رايبوسومية Ribosomal proteins وهذه البروتينات ممكن أن تعمل على حماية مواقع التجزئة splicing sites للحامض النووي من الالتصاق بواسطة البورون التي يمكن ان يمنح التحمل لسمية البورون في الخمائر (Nozawa *et al.*, 2006) لذا فان هذه البروتينات يمكن أن تمنع مهاجمة

البورون لتلك المواقع mRNA splicing والذي يعد ميكانيكية أخرى تمنح التحمل لتراكيز البورون العالية (Reid, 2007a).

2- بناء البرولين Synthesis of Proline

يتراكم البرولين في الاستجابة الى سُمية البورون والإجهادات الأخرى مثل سُمية المعادن الثقيلة، نقص المغذيات والإجهادات الضوئية لذا أُقترح بأن الهندسة الوراثية وزيادة التعبير الجيني للبرولين في النباتات المهمة قد يزيد تحملها للظروف البيئية وبذلك يشجع الإنتاج (Eraslan *et al.*, 2007a).

3 - حث دفاعات مضادات الأكسدة Induction of Antioxidant Defenes

ان قابلية النباتات على كسح الجذور الحرة السامة على ما يبدو بانها المحدد المهم لتحمل النباتات للإجهادات البيئية (Tang *et al.*, 2010). والنباتات تحمي نفسها من الاجهاد التأكسدي المستحث بالبورون الزائد (Karabal *et al.*, 2003 ; Esim and Atici, 2013) وبذلك يمكن العيش في التراكيز العالية منه ووجد أن تحمل سُمية البورون في النباتات يشترك مع زيادة فعالية مضادات الأكسدة الانزيمية والا إنزيمية فالنباتات المتحملة تقلل التأثيرات الضارة للـ ROS ونظام الأكسدة من خلال إنتاج مضادات الاكسدة الإنزيمية واللاإنزيمية لكسح ROS (Apel and Hirt, 2004) وبالتالي تحمل سُمية البورون. فقد ذكر كل من Gunes *et al.* (2009) و Cervilla *et al.* (2007, 2012) أن مضادات الأكسدة ربما تعمل على إختزال سُمية البورون.

4- بناء جزيئات الإشارة Synthesis of signal transduction molecules

إن العلاقة بين المغذي وجزيئات الإشارة مهمة لنمو وتطور النبات تحت الظروف الطبيعية وظروف الإجهاد (Herrera-Rodriguez *et al.*, 2010) بعض جزيئات الإشارة مثل Nitric oxide يمكن ان تزيد فعالية مضادات الاكسدة في الخلايا (Esim and Atici, 2013) وتحسن تحمل B. كما بيّن العيساوي (2010) ان Salicylic acid حسن تحمل عقل الماش لسُمية البورون.

5- تكوين المعقدات عند جدران الخلايا Complexation at the Cells Wall

يحتوي جدار الخلية على نسب عالية من B ويعتقد بأن لها علاقة بتحمل البورون وحوالي 90% وجدت مرتبطة في الجدار الخلوي (Marschner, 2012) كما أن السعة التبادلية للكاتونات CEC في الجدار وجدت بأنها أقل في النباتات الحساسة مما في جدران النباتات المتحملة (Masion and Bertsch, 1997) مما يشير الى ان النباتات تمنع دخول البورون إلى الخلية. كما

وجد ان النباتات المتحملة تحوي على تراكيز عالية في الجدران مقارنة بالحساسة (Nable *et al.*, 1997).

6- الحجز ضمن الفجوات Compartmentation within Vacuoles

حالما يدخل البورون الى داخل الخلية تستعمل الخلية آليات مختلفة لتحاشي سُميته , وواحدة من هذه الاليات نقله خارج الخلية أو عزله في الفجوة وبذلك تزيله من الساييتوبلازم أو من الأجزاء الخلوية التي فعاليتها الايضية حساسة للـ B ويتم هذا من خلال ATPase - pump.

7- توزيع البورون Distribution of boron

ان تحمل البورون له علاقة في نمط توزيع البورون على مستوى الخلية ، النسيج، العضو ونمط توزيع البورون بين الاجزاء النباتية (Nable, 1988). تستطيع النباتات أن تقلل من التأثيرات الضارة للـ B خلال تنظيم توزيعه ونقله بين أعضاء أو الخلايا ولوحظ مبكراً أن عدم حركة البورون (نزولاً) في اللحاء في بعض أنواع ينتج عنها تراكم البورون في حواف الاوراق (Brown and Hu, 1996) كما في أغلب الأنواع الناقلة التي يكون البورون متحركاً في لحائها تكون حساسة لسُمية البورون أما الانواع التي يكون البورون غير قادر على الحركة في لحائها قد تكون لها ميكانيكية داخلية لتحمل البورون. ففي النباتات التي يكون البورون غير قادر على الحركة في اللحاء، فهو يبقى بعيداً عن تفاعلات الايض الحيوي الرئيسية وتحتفظ به بدلاً من ذلك في حواف الأوراق وعلى الرغم من حرق حواف الاوراق ما زالت النباتات قادرة إبقاء منطقة البناء الضوئي كبيرة وهذا يظهر أن بعض الأنواع المتحملة لسُمية البورون محكومة بواسطة الاستبعاد exclusion mechanism

2- 24 - التكيفات التشريحية للإجهادات

بجانب التكيفات الفسيولوجية والبايوكيميائية فالنباتات تتناقم (تتكيف) مع الظروف الملحية بواسطة التغيرات التشريحية للأوراق وكذلك التغيرات المورفولوجية (Ola *et al.*, 2012). المظهر الخارجي والتشريحي للأوراق والجذور يتأثر بالإجهاد الملحي ، الملوحة تستحث اختزال كل التغيرات المورفولوجية والتشريحية (Cecoli *et al.*, 2011). الملوحة العالية غالباً ما تؤدي الى تغيرات مورفولوجية وتشريحية مثل اختزال عدد الثغور (Çavişoğlu *et al.*, 2007) ، إختزال طول الحزمة، اشعة الخشب، عدد الاوعية وزيادة النسيج الاسفنجي spongy tissue والنسيج العمادي palisade tissue (Hussein *et al.*, 2012). في دراسة تأثير الملوحة على التركيب التشريحي لأوراق وساق حشائش kallar لوحظ خفض معنوي في سمك العرق الوسطي mid vein و lamina و mesophyll ومساحة النسيج الوسطي في الورقة mesophyll area على طول محور الورقة مع زيادة مستويات الملوحة (Ola *et al.*, 2012). لوحظت من قبل

(2004) Rashid *et al.* المعاملة بـ NaCl تسببت بتثبيط نمو نظام النقل الوعائي في بادرات الماش Mung bean. النباتات النامية تحت الإجهاد الملحي لوحظ نقصان في حجم الخلايا , تغير عدد الثغور اختزال في سُمك بشرة الأوراق للمرستيم القمي والقشرة وقطر السطوانة المركزية central cylinder (Javed *et al.*, 2001) وكذلك تشجيع تطور النسيج السكر كيمي المجاور للمحور والبعيد عن المحور (Javed *et al.*, 2001) تؤدي الملوحة الى تغيرات تشريحية في تركيب الجدار الخلوي . وفي تجارب على نباتات مختلفة لوحظ إنخفاض في نسبة الاسطوانة المركزية central cylinder في برنكيما القشرة (Cecoli *et al.*, 2011) مما يشير الى إختزال قطر الاسطوانة المركزية . في نباتات مثل *Vracbiaria decumbens* لوحظ زيادة سمك القشرة الداخلية endodermis والخارجية exodermis وزيادة في المسافات البينية في القشرة وتلكنن قوي لخلايا البشرة الخارجية exodermis cells (Gomes *et al.*, 2011). وفي دراسة للـ Atabayeva *et al.* (2013) لتحديد الأصناف المتحملة للملوحة والمميزات التشرحية لبادرات نبات الشعير تحت الظروف الملحية وجد أن الملوحة تختزل سمك البشرة العليا والسفلى، قطر الحزم الوعائية في الأوراق ، الأسطوانة الوعائية في الأوراق وزيادة سمك البشرة الداخلية الخارجية في الجذور لبعض الاصناف.

الأنواع المتحملة تطبعت الى التغيرات الفسيولوجية، البايوكيميائية، التشرحية والتغيرات التشرحية يمكن ان تشوه قدرة النبات على توصيل الماء والمغذيات في الملوحة العالية . لاحظ (2006) Ortega *et al.* أن تقليل قطر الخشب الابتدائي في أوراق حشاش Rhodes تتطابق مع قانون Hagen-Poiseulle الذي يربط قوة جريان الماء وقطر قنوات الخشب ويمكن ان يُستنتج بان إقلالا صغيرا قد يدل على زيادة كبيرة في المقاومة الهيدروليكية hydraulic resistance (Lewis and Bosse, 1995) ضعف التوصيل الهيدروليكي hydraulic conductivity. كما لوحظ من قبل Peyrano وجماعته (1997) في جذور الطماطة تحت الملوحة وأفترض أن اختزال في الانسجة الوعائية أكبر من أي اختزال في الأنسجة الأخرى. أشارت نتائج (2009) Cervilla *et al.* ألى تجهيز مستويات عالية من البورون حفزت على إضافات عالية من مادة اللكتين lignin في جذور الطماطة صنف kosaco لكن ليس في صنف Jofina كما وجد أن تثبيط نمو الجذور يحدث بالبورون الزائد نتيجة lignification وإضافات السوبرين في جدران الخلايا القشرة. وأشار (2005) Ghanati *et al.* ان هذه الظاهرة (إضافة السوبرين في جدران الخلايا القشرة) لها صلة باليات منع النبات لنقل الماء شعاعياً باتجاه الأنسجة الموصلة.

وبيّن (2007) Choi *et al.* أن تحمل البورون في نبات الشعير (*Hordeum vulgare L.*) مرتبط بتغيرات مورفولوجية والسيطرة على مستويات السكريات بين قمم الجذور والورقة الذي يساعد

على حفظ نمو الجذور واندماج اللكينين الى جدران الخلايا يجهز صلابة ومثانة إلى أنسجة النبات. عدد من الاجهادات البيئية والحيوية مسؤولة عن تلكنن جدران الخلايا التي ربما تؤثر في استطالة الجذور من خلال تقليل تمدد الجدار الخلوي . كما ذكر بان اللكينين قد يختزل دخول المعدن الى أنسجة النبات (Kovacik and Klejdus, 2008). كما وجد Papadakis (2004) بأن زيادة تركيز البورون في المحلول المغذي أحدث نقصاناً في سمك ورقة النارج والناشئ من اختزال أنسجة بركيما النسيج الوسطي للورقة ووجد ان حجم الكلوروبلاست قلل عند الاستجابة للبورون العالي في المحلول المعدني. فضلاً عما وجدته Cetin (2009) اختزال معنوي في أنسجة نبات الجت (*Medicago sativa* L.) النامي في البورون الزائد عند مقارنة بالسيطرة وحصول انخفاض في قطر الساق والجذر.

3- المواد وطرائق العمل :Materials and methods

3-1 مصدر البذور Source of Seeds

أُستعملت بذور محلية Local من الماش (*Vigna radiata* (L.) Wilezek) والخيار (*Cucumis sativus* L.) والطماطة (*Lycopersicum esculentum* mill.) من محافظة بابل/المحاويل ، محافظة كربلاء / الخيرات و محافظة بابل/المشروع على التوالي وتم انتخاب البذور الجيدة والمتماثلة لغرض الزراعة.



بذور الماش



بذور الخيار



بذور الطماطة

3-2 زراعة البذور Cultivation of Seeds

نُفعت بذور النباتات الثلاث بماء الحنفية الجاري Current Water لمدة 12 ساعة وزرعت في خطوط متوازية على نشارة الخشب المعقم Sterile sawdust كوسط للزراعة باستخدام أحواض بلاستيكية مثقبة من الأسفل وبأبعاد (6×19×13) سم حيث توضع في أحواض أكبر وغير مثقبة وبأبعاد

(23×32×9) سم . وأضيف محلول هوكلند بنصف القوة إلى الأحواض الكبيرة ووضعت في غرفة النمو Growth cabinet من نوع Binder KBW Plant Growth Chambers والتي تمتاز بظروف قياسية أضاءة مستمرة وبشدة 1600-1800 لوكس ودرجة حرارة 25 ± 1 ورطوبة نسبية 60-70% . المبينة صورتها في أدناه ويضاف محلول Hoagland بحسب الحاجة لغاية عمر عشرة أيام بالنسبة للماش والخيار وعشرين يوم بالنسبة للطماطة انتخبت البادرات المتماثلة لتهيئة العُقل وإجراء التجارب.



غرفة النمو Growth cabinet



بادرات طماطة بعمر عشرين يوم

بادرات الماش بعمر عشرة أيام



بادرات الخيار بعمر عشرة أيام

3-3- تحضير المحلول المغذي : Nutrient solution

استعمل محلول Hoagland المقترح من قبل Arnon and Hoagland عام 1950 في الزراعة المائية Water Culture في تنمية بادرَات كل من الماش، الخيار والطماطة Stock Plants كما في الجدول (2) وحضر بثلاث قوى كاملة، نصف وربع (Full, Half and Quarter Strength) ونمت البادرَات في كل من القوى أعلاه وبعدها انتخبت البادرَات المتماثلة لتهيئة العقل لتحديد أفضل القوى من خلال استجابة التجذير والتي اعتمدت في التجارب اللاحقة .
جدول (2). A, B, C مكونات محلول هوكلند

A- أملاح العناصر الغذائية الكبرى Macronutrients :

الحجم المستعمل ml/L	التركيز (M)	المغذيات الكبرى Macronutrients
4	1	1- نترات الكالسيوم المائية $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$
2	1	2- كبريتات المغنيسيوم المائية $MgSO_4 \cdot 7H_2O$
6	1	3- نترات البوتاسيوم KNO_3
1	1	4- فوسفات الامونيوم $NH_4H_2PO_4$

B – أملاح العناصر الغذائية الصغرى Micronutrients :

الحجم المستعمل مل/ لتر ml/L	التركيز (غرام . لتر ⁻¹)	المغذيات الصغرى Micronutrients
1	2.86	1- حامض البوريك H_3BO_3
	0.08	2- كبريتات النحاس المائية $CuSO_4 \cdot 5H_2O$
	1.81	3- كلوريد المنغنيز المائي $MnCl_2 \cdot 4H_2O$
	0.02	4- مولبيدات المائية $H_2MoO_4 \cdot H_2O$
	0.22	5- كبريتات الخارصين المائية $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$

C - استخدم الحديد المخليبي Fe-NaEDTA كمصدر للحديد والذي يعطي تركيزاً 0.5 % ويستعمل منه 2ml /L من المحلول المغذي .

4-3 تهيئة العقل Preparation of cuttings

تهيأ العقل من بادرَات متماثلة بعمر عشرة ايام (الماش والخيار) 10 day-old seedlings وعشرين يوماً (الطماطة) 20 day-old seedlings حسب طريقة Hess (1961) التي تمتاز باحتوائها على بُرعم طرفي صغير Terminal Bud، وزوج من الأوراق الأولية كاملة الاتساع Pair of Fully Expanded Primary Leaves، وسُويقة جنينية فوق الفلق Epicotyl، وسُويقة جنينية تحت الفلق Hypocotyl بطول 3 سم تحت موقع ندب الفلق Cotyledonary Nodes، وذلك بعد إزالة المجموع الجذري كما موضح باللوحات 1 و2 و3 .



عقل مشتقة من بادرات الماش بعمر عشرة أيام



عقل مشتقة من بادرات الخيار بعمر عشرة أيام



عقل مشتقة من بادرات الطماطة بعمر عشرون يوم

5-3 تحضير المحاليل

1-5-3 محلول حامض البوريك Boric acid solution

حضرمحلولحامضالبوريكبتراكيزمختلفة
(500, 400, 300, 200, 150, 125, 100, 50, 25, 10, 5, 1, 0.1, 0.01, 0.001)
وذلك بإذابة (0.5) غرام من حامض البوريك في كمية قليلة من الماء المقطر ومن ثم أكمل الحجم إلى

لتر واحد لتحضير المحلول الأصلي (Stock) التركيز (500) مايكروغرام /مل حضرت منه بقية التراكيز حسب قانون التخفيف إضافة لمعاملة السيطرة ذات التركيز 0.0 (ماء مقطر) .

2-5-3 - محلول الزنك بهيئة ($ZnSO_4 \cdot 5H_2O$) وبهيئة $ZnNO_3$ وبهيئة $ZnCl_2$

حضرت محاليل أملاح الزنك بتركيز مختلفة (0.1, 1, 5, 10, 15, 20, 25, 50, 100 جزء بالمليون) وذلك بإذابة (0.1) غرام من كل ملح أعلاه في كمية قليلة من الماء المقطر ومن ثم أكمل الحجم إلى لتر واحد لتحضير المحلول الأصلي (Stock) بالتركيز (100) جزء بالمليون ومن ثم حضرت منه بقية التراكيز بطريقة سلسلة التخفيف Serial Dilutions.

6-3 - معاملة قواعد العقل Basal treatment of cutting

جهزت الأجزاء القاعدية للعقل بمحاليل الاختبار بوضع العقل في أنابيب زجاجية Glass Vials (6×2.5) سم. تضمنت كل معاملة ثلاثة أنابيب يتسع كل واحد لأربع عقل أي بواقع (12) عقلة للمعاملة الواحدة. وعُمرت السويقة الجنينية تحت الفلق التي طولها (3) سم بمحلول حجمه (15) مل من محاليل الاختبار. و بهدف دراسة استجابة التجذير في العقل الطرية عوملت بالماء المقطر أو محاليل حامض البوريك أو محاليل أملاح الزنك لمدة 24 ساعة بعدها نقلت إلى وسط التجذير الحاوي على boric acid (5 مايكروغرام /مل) لمدة ستة أيام وهي تحت نفس الظروف التي استخدمت لتنمية البادرات أي في غرفة النمو بعدها تم حساب عدد الجذور في كل عقلة.

7-3 حساب عدد الجذور

بعد ظهور الجذور العرضية على طول السويقة الجنينية تحت الفلق Hypocotyl لكل عقلة من عقل الماش ، الخيار والطماطة تم حساب عدد الجذور في العقل بعد الانتهاء من المعاملات وذلك بإزالة البشرة الممزقة بالملقط و قطع الجذور بمستوى البشرة بشفرة حادة وحسب عددها لكل عقلة من عقل النباتات الثلاثة.

8-3 - تقدير محتوى الكلوروفيل الكلي Total chlorophyll content estimation

قيس محتوى أوراق العقل من الكلوروفيل باستخدام جهاز (Spad) Chlorophyll- meter

9-3 - الوزنين الطري والجاف للعقل : Dry and fresh weight of cuttings

قيس الوزن الطري وذلك بأخذ عقل مباشرة من كل معاملة (السيطرة 24 ساعة) بالماء المقطر، بالتركيز السام من البورون 24 ساعة. ثم جُففت العقل في فرن كهربائي على درجة حرارة 70 م° لحين ثبات الوزن بعد ذلك سجل الوزن الجاف للعقل.

10-3- قياس المساحة الورقية Leaf area

قيست المساحة الورقية بالطريقة البيانية اذ اخذت عقل من بادرات الماش ، الخيار والطماطة بعمر 5 ، 5 و 10 يوم على التوالي وُعوملت للمدة 24 ساعة بالماء المقطر والتركيز السام من البورون ثم نُقلت العقل الى وسط التجذير B (5 مايكروغرام /مل) لمدة ستة أيام في الماش والخيار وعشرة أيام في الطماطة بعدها تم حساب مساحة الأوراق الأولية كاملة الإتساع برسمها على ورق بياني ثم قياس وزنها لقياس مساحة أوراق أخرى بعد قياس وزنها باستعمال ميزان حساس وأُستخدمت النسبة والتناسب على أساس الوزن والمساحة.

11-3 - تقدير معدل النتح: Estimation of Transpiration:

قيس معدل النتح بالطريقة الوزنية Weight method من خلال معرفة وزن الماء المفقود في وقت معين , اذ توزن العينة بجميع مكوناتها (أنبوبة الاختبار والماء المقطر أو محلول الاختبار والعقل الأربعة وقطرات الزيت, التي وضعت لمنع عملية تبخر الماء) وبعد مرور 24 ساعة توزن العينة مرة أخرى و حسب وزن الماء المفقود بالمايكرومل لكل عُقلة بالساعة من خلال :

$$\text{Transpiration rate } \mu\text{L/ h /cutting} = (\text{Weight loss} \times 1000) / 24\text{hour} / \text{No.cuttings}$$

12-3 قياس شدة الأجهاد Stress intensity

قيست شدة الأجهاد بحسب طريقة Fischer and Murrer (1978) واعتماداً على الوزن الجاف للعينات النباتية و حسب من المعادلة التالية:

$$\text{Stress intensity} = 1 - (Y_{si}/Y_{pi})$$

حيث أن:

$$Y_{si} = \text{الوزن الجاف لمعاملة العقل /البادرات بالبورون السام.}$$

$$Y_{pi} = \text{الوزن الجاف لمعاملة العقل /البادرات بالماء المقطر(السيطرة)}$$

13-3 - قياس دليل تحمل الأجهاد الملحي Stress tolerance index

تم حساب Stress tolerance index (STI) لكل من البادرات والعقل حسب معادلة Fernandez (1993) التالية :

$$\text{STI} = (Y_{pi} \times Y_{si}) / Y_{pi}^2$$

حيث أن:

$$\text{STI} = \text{دليل تحمل الاجهاد Stress tolerance index.}$$

$$Y_{si} = \text{الوزن الجاف لمعاملة العقل /البادرات بالبورون السام.}$$

$$Y_{pi} = \text{الوزن الجاف لمعاملة العقل /البادرات بالماء المقطر(السيطرة).}$$

14-3-نضوح الغشاء البلازمي Electrolyte leakage

قيست النضوحية للغشاء البلازمي بطريقة (Lutts *et al.* (1996) إذ أخذ 500 ملغم من نسيج الأوراق الأولية للعقل بعد غسلها جيداً بالماء الخال من الأيونات deionized water لإزالة الملوثات وتقطيعها إلى أقراص بقطر 2 ملم وضعت في أنابيب اختبار تحتوي على 10 مل ماء خالي من الأيونات وضعت في الحاضنة الهزازة بدرجة 5 م لمدة 24 ساعة بعد ذلك قيسست التوصيلية Electrical conductivity للمحلول (EC1) بأستخدام جهاز EC- meter ثم وضعت العينات في جهاز اتوكليف autoclave على 120 م لمدة 20 دقيقة ، وقيست التوصيلية الكهربائية مرة ثانية لنفس العينات (EC2) بعد تبريد المحلول الى درجة حرارة الغرفة وحُسبت النسبة المئوية لضرر خلايا أنسجة الورقة من المعادلة التالية :

$$\% \text{ Electrolyte leakage} = (\text{EC1}/\text{EC2}) \times 100$$

15-3- تقدير محتوى Malondialdehyde (MDA) Estimation of Malondialdehyde (MDA)

قدر محتوى MDA حسب طريقة (Heath and Packer, 1968).

تحضير المحاليل Preparation of solutions المستخدمة في تقدير Malondialdehyde

- محلول حامض الخليك ثلاثي الكلور (TCA) Trichloro acetic acid بتركيز 5%

حضر بإذابة 5 غرام من (TCA) في كمية من الماء المقطر ثم أكمل الى 100 مل .

- محلول Thiobar butric acid (TBA) بتركيز 5 غم/لتر

حضر بإذابة 5 غم من (TBA) في كمية من الماء المقطر ثم أكمل الحجم الى لتر واحد بالماء المقطر.

طريقة العمل :

سحق 0.5 غم من أوراق العُقل في 10 مل من محلول TCA ونبذت العينات بجهاز الطرد المركزي بقوة 10000 دورة في الدقيقة لمدة 15 دقيقة بعدها أخذ 3 مل من الراشح ووضعت في أنابيب زجاجية وأضيف له 3 مل من محلول (TBA) ثم وضعت في حمام مائي بدرجة 100 م لمدة نصف الساعة مع غلق الانابيب بإحكام ثم بردت الأنابيب بدرجة حرارة الغرفة وقرأت الامتصاصية بجهاز Spectrophotometer عند طول موجي 532 نانوميتر ، أما معايرة الجهاز فكانت باستخدام بلانك يتحوي على 3 مل من محلول TCA و3 مل من محلول (TBA) بالتالي حُسبت كمية Malondialdehyde (MDA) من خلال تطبيق معادلة Ber- Lambert الآتية :

$$A = \epsilon \times b \times C$$

A = Absorbance at 532 nm .

ϵ = Extinction Coefficient (153 mmol/L/cm) .

b = Light bath (1cm).

C = Concentration of Malondialdehyde (MDA) .

3-16- تقدير فعالية انزيم Lipoygenase (LOX)

قدرت فعالية أنزيم لايبواوكسيجيناز حسب طريقة (Axelrod *et al.*, 1981) يبدأ التفاعل بإضافة 0.2 مل من المستخلص الأنزيمي إلى 4 مل من خليط التفاعل الحاوي على منظم صوديوم بتركيز 50 ملي مولاري و pH = 6.5 ومادة التفاعل Sodium linolate ($C_{18}H_{31}NaO_2$)

تحضير المحاليل: Preparation of solutions

- محلول المادة الأساس Sodium Linoleate (substrate) بتركيز 0.3 ملي مولاري ،

حضر بإذابة 0.0936 غم من مادة Sodium Linoleate في كمية من الماء المقطر ثم أكمل الحجم إلى لتر واحد بالماء المقطر.

- محلول صوديوم بفر بتركيز 50 ملي مولاري و pH = 6.5 والذي يتكون من:

(1) محلول بتركيز 50 ملي مولاري وحضر بإذابة 0.0605 غم من مادة NaH_2PO_4 في كمية من الماء المقطر ثم أكمل إلى 100 مل بالماء المقطر.

(2) محلول بتركيز 50 ملي مولاري وحضر بإذابة 0.0715 غم من مادة Na_2HPO_4 في كمية من الماء المقطر ثم أكمل إلى 100 مل بالماء المقطر وخط المحلولين وُعدّل pH إلى 6.5 باستخدام (محلول HCl و محلول NaOH) بعبارية 0.1N .

طريقة العمل :

سحق 0.5 غم من (أوراق العُقل) في 5 مل ماء مقطر في هاون فخاري فوق جريش من الثلج ثم حضن لمدة ساعة عند درجة حرارة (25م°) ثم رُشح المستخلص بعد ذلك من خلال أربع طبقات من قماش الشاش Cheese Cloth وُغسلت بالماء المقطر (5مل). ثم أُجريت عملية الطرد المركزي للمستخلص (15000) دورة في الدقيقة و لمدة (20) دقيقة. وأُستخدم الراشح كمستخلص للأنزيم.

تقاس فعالية أنزيم (LOX) من خلال قراءة الامتصاصية عند طول موجي (234 نانوميتر) بوجود 2 مل من محلول مادة الأساس Sodium Linoleate و 2 مل من محلول صوديوم بفر

بتركيز 50 ملي مولاري و pH= 6.5 و 0.2 مل من المستخلص الإنزيمي أما البلائك فيحتوي على 0.2 مل ماء مقطر بدل المستخلص الإنزيمي.

فعالية الإنزيم. تعرف الوحدة الواحدة من الانزيم بأنها كمية الانزيم التي تنتج (1ملي مول) من Conjugated diene في الدقيقة الواحدة تحت الظروف القياسية.
حسبت فعالية الانزيم من خلال تطبيق معادلة بير-لامبرت الآتية:

$$A = \epsilon \times B \times C$$

A: Absorbance (234 nm)

ϵ : Extinction coefficient : 2.5×10^4 mol/cm

b: Light bath (1 cm)

C : Enzyme activity

17-3- تقدير البروتين: Estimation of protein

استعملت طريقة البايوريت في تقدير البروتين في أوراق العقل (Bishop *et al.*, 1985) كالآتي.

تحضير المحاليل Preparation of Solutions المستعمله في تقدير البروتين :

A - محلول البايوريت (كاشف بايوريت)

حُضِر من إذابة 3 غم من كبريتات النحاس CuSO_4 في 5 مل ماء مقطر ويضاف 9 غم من تترترات الصوديوم – بوتاسيوم و 5 غم يوديد البوتاسيوم KI بعد إذابتها كلياً ويضاف 100 مل من هيدروكسيد الصوديوم بتركيز 1 مولاري والمحضر من إذابة 4 غم من NaOH في 100 مل ماء مقطر ويخفف الى لتر واحد بالماء المقطر ويحفظ في قنينة مُعتمة في درجة حرارة الغرفة.

B - محلول منظم الفوسفات Phosphate buffer بتركيز 1M و pH= 5.6

حُضِر من (1) محلول بفر فوسفات البوتاسيوم الحامضية KH_2PO_4 بتركيز 1 مولاري وحضر من إذابة 136.09 غم من فوسفات البوتاسيوم الحامضية في الماء المقطر ويكمل الحجم الى لتر واحد (2) محلول بفر فوسفات الصوديوم Na_2HPO_4 بتركيز 1 مولاري وحضر من إذابة 142.07 غم من فوسفات الصوديوم الهيدروجنية في حجم من الماء المقطر ثم يكمل الى لتر واحد بالماء المقطر ولاجل الحصول على محلول فوسفيت بفر بتركيز 1 مولاري و pH= 5.6 يتم خلط 9.41 مل من محلول الاول مع 0.59 مل من المحلول الثاني .

C - طريقة العمل :

وزن 1 غم من أوراق العُقل وسحق مع 6 مل من محلول منظم الفوسفات في جفنة خزفية ووضعت على الثلج أثناء السحق لمدة (5- 10) دقائق، رشح المزيج من خلال طبقتين من الشاش ثم أخذ الراشح وأجريت له عملية طرد مركزي بسرعة 1500 دورة في الدقيقة لمدة 15 دقيقة . أهمل الراسب وأكمل الراشح الى 15مل وباستخدام محلول منظم الفوسفات . سحب 2 مل من المستخلص المستحصل عليه وأضيف له 8 مل من كاشف بايوريت وتم مزجه جيداً وترك لمدة نصف ساعة ثم قرأ الامتصاص بجهاز المطياف الضوئي Spectrophotometer على الطول الموجي 555 نانوميتر بعد ان تم تصفير الجهاز بالمحلول الكفأ (البلانك) والذي حضر من 2 مل من منظم الفوسفات و 8 مل كاشف البايوريت.

المحلول القياسي للالبومين: Standard solution for Albumin:

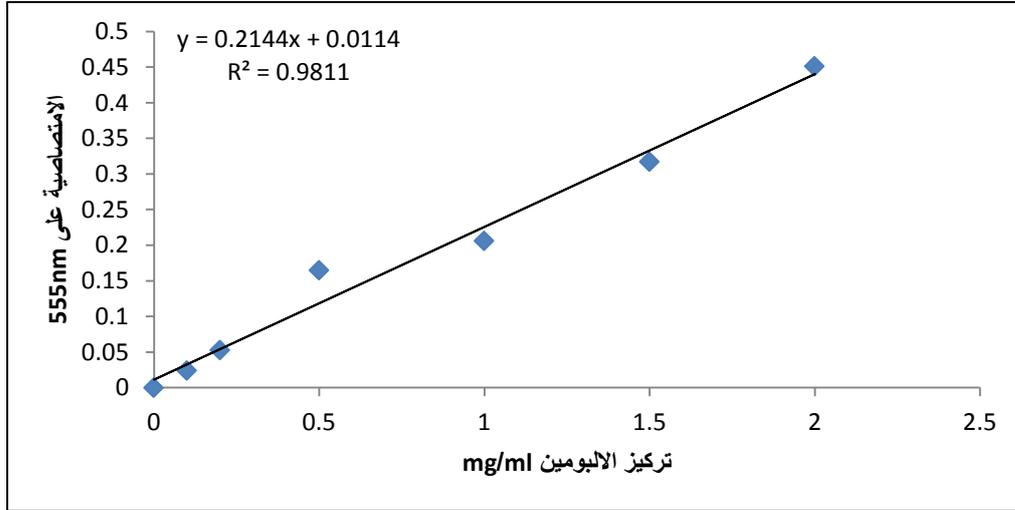
حضر البومين المصل البقري (BSA) الخزين بتركيز 2 ملغم/مل وذلك بإذابة 0.2 غم من ألبومين Albumin في كمية من الماء المقطر ويضاف له بضع قطرات من هيدروكسيد الصوديوم بتركيز 1M وأكمل الحجم إلى 100 مليلتر.

حضرت تراكيز متدرجة من ألبومين المصل البقري حسب الجدول التالي ، حيث أضيفت الحجوم الآتية من محلول المصل البقري الخزين في أنابيب اختبار وبواقع أنبوبين لكل حجم وأضيف الحجم المناسب من محلول فوسفيت بفر حسب الجدول التالي.

رقم الأنبوب	مل من محلول البومين (2mg/ml)	مل من محلول فوسفيت بفر	الحجم النهائي مل	تركيز البومين (mg/ml)
1	0.0	2	2	0.0
2	0.1	1.9	2	0.1
3	0.2	1.8	2	0.2
4	0.5	1.5	2	0.5
5	1	1	2	1
6	1.5	0.5	2	1.5
7	2	0.0	2	2

واضيف 8مل من كاشف بايوريت وتركت لمدة 30 دقيقة وأستخدم الأنبوب الأول كمحلول كفيء Blank لمعايرة الجهاز وتمت قراءة الامتصاصية عند طول موجي 555 نانوميتر وتم الحصول على

المنحى القياسي لتركيز البومين من رسم العلاقة بين امتصاص الضوء Optical density عند طول موجي 555 نانوميتر مقابل تركيز الالبومين ، كما في الشكل (5)



شكل (5) المنحى القياسي لالبومين عند الطول الموجي 555nm

18-3 - تقدير الكربوهيدرات : Estimation of carbohydrate

قدرت الكربوهيدرات حسب طريقة Dubois et al. (1956)

تحضير المحاليل Preparation of solutions المستخدمة في تقدير الكربوهيدرات :

حضر محلول كحول أثيلي بتركيز 80% من مزج 80 مل من الكحول الاثيلي في 20 مل من الماء المقطر (V/V) .

حضر محلول الفينول بتركيز 5% بإذابة 5غم من مادة الفينول في كمية قليلة من الماء المقطر ثم أكمل الى 100مل

طريقة العمل :

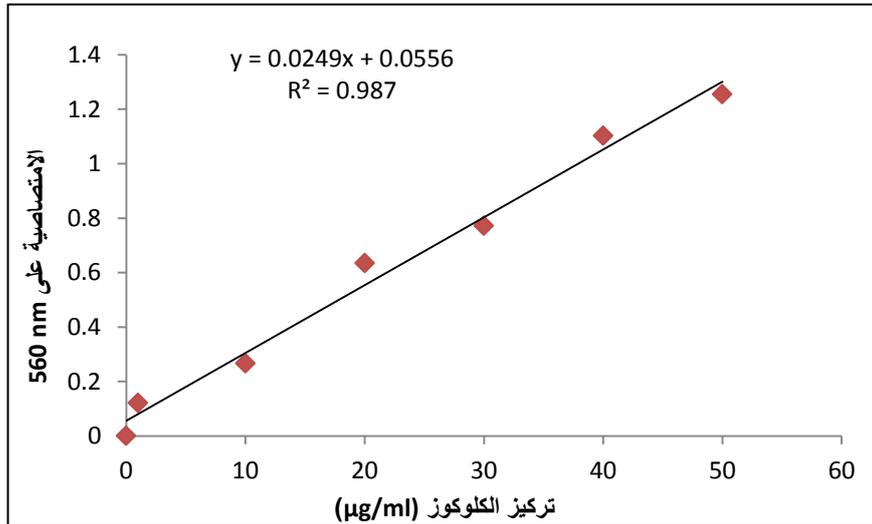
وزن 0.2 غم من أوراق العُقل المجففة و المطحونة وأضيف لها 8 مل من كحول اثيلي تركيزه 80% في انبوبة اختبار ووضعت في حمام مائي بدرجة 60 م لمدة 30 دقيقة ، نُبذت مركزياً بسرعة 3000 دورة/دقيقة لمدة 15 دقيقة وبعد الطرد المركزي سحب السائل الرائق. كُرتت عملية إضافة 8 مل من الكحول مرتين على الراسب لإستخلاص السكريات الذائبة .وبعدها جمع الراشح للمرات الثلاث (8+8+8) مل أكمل الحجم إلى 25 مل بإضافة الكحول الاثيلي 80% ، سحب منه 1 مل وأضيف له 1 مل فينول تركيز 5% في انبوبة اختبار وأضيف له 5 مل من H₂SO₄ المركز. أما البلانك فتكون من 1 مل الكحول الاثيلي 80% و 1 مل فينول تركيز 5% و 5 مل من H₂SO₄ المركز حيث استخدم للمعايرة الجهاز ، بعدها سجلت الكثافة الضوئية عند طول موجي 560 نانوميتر، بعدها سقطت القراءات فوق المنحنى القياسي لسكر الكلوكوز شكل (6).

المنحنى القياسي للكلوكوز : Glucose standard curve

حُضِرَ محلول الكلوكوز القياسي بتركيز 50 مايكروغرام /مل بإذابة 0.05 غم من الكلوكوز في كمية من الماء المقطر وأكمل الحجم الى واحد لتر باستخدام الماء المقطر ، ثم حُضِرَت تراكيز متدرجة من سكر الكلوكوز من محلول الكلوكوز الخزين حسب الجدول التالي حيث أضيفت حجوم من محلول الكلوكوز الخزين في أنابيب بواقع أنبوبين لكل حجم وأضيف الحجم المناسب من الماء المقطر .

تركيز الكلوكوز (µg/ml)	الحجم النهائي मिलيلتر	مل من الماء المقطر	مل من محلول الكلوكوز	رقم الانبوب
50	1	0	1	1
40	1	0.2	0.8	2
30	1	0.4	0.6	3
20	1	0.6	0.4	4
10	1	0.8	0.2	5
5	1	0.9	0.1	6
0	1	1	0.0	7

وبعدها أضيف الى كل انبوب 1 مل من محلول الفينول بتركيز 5% و 5 مل من حامض الكبريتيك واستخدم الأنبوب الأخير لمعايرة الجهاز Blank (بلانك) وقرأت الامتصاصية بطول موجي 560 نانوميتر وسجلت البيانات لرسم المنحى القياسي حسب طريقة Joslyn (1970). يتمثل تراكيز السكر على محور السيني والامتصاصية على المحور الصادي.



شكل (6) المنحنى القياسي للكلوكوز عند الطول الموجي (560 nm)

3-19 تقدير الاوكسين Estimation of auxin

قدر هرمون الاوكسين بحسب طريقة Unyayar *et al.* (1996) الواردة في Ergon *et al.* (2002).

تحضير المحاليل Preparation of solutions المستعمله في تقدير الاوكسين :

محلول الاستخلاص المتكون من (ميثانول - كلوروفورم - هيدروكسيد الامونيوم) وبالأحجام التالية لكل مكون (3, 5, 12 مل) ، على التوالي.

محلول HCl بتراكيز متدرجة من (0.01N ← 0.1 ← 1) وكذلك بالنسبة الى محلول هيدروكسيد الصوديوم .

طريقة العمل :

وزن 1 غم من الأوراق الأولية لعقل الماش، الخيار والطماطة ومزج مع 60 ml من محلول الاستخلاص وبعد ذلك سكب طور الكلوروفورم وبخر الميثانول وأخذ الطور المائي وضبط الأس الهيدروجيني له على 2.5 باستعمال محاليل HCl و NaOH ، لتقدير الاوكسين الحر.

تم عمل المنحنى القياسي لإندول حامض الخليك (IAA) بالطريقة اللونية

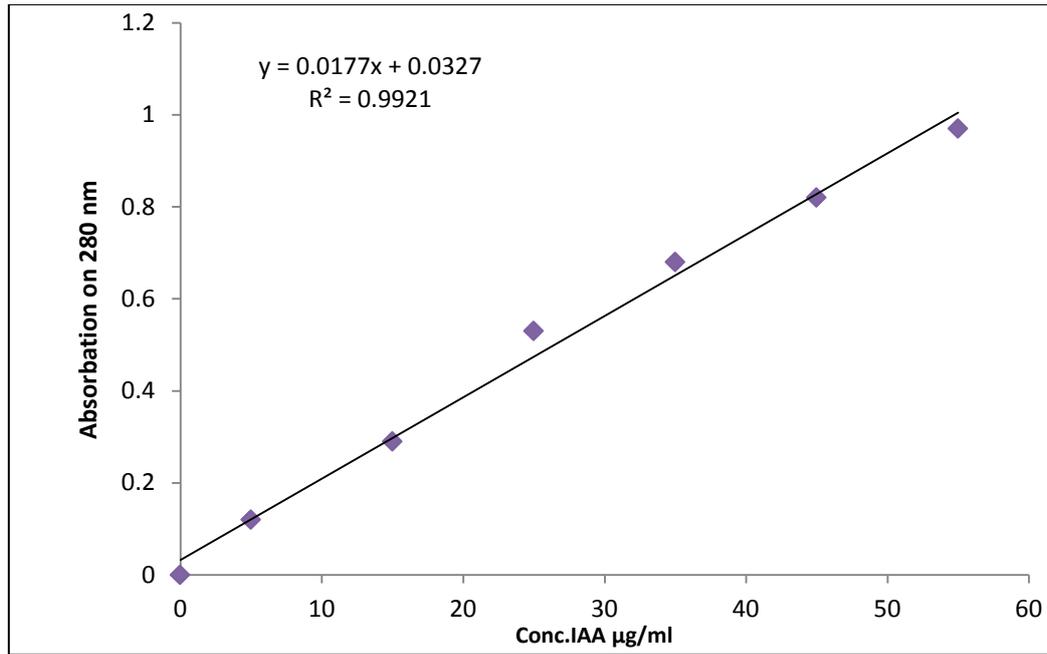
كاشف السالكاوسكي:

حضر بإذابة 2.03 غرام من كلوريد الحديدك ($FeCl_3$) في 25 مل ماء مقطر وأخذ 1 مل منه وأضيف إلى 50 مل من حامض البيركلوريك 35% Perchloric acid.

محلول إندول حامض الخليك الخزين. حضر محلول اندول الخليك الخزين من إذابة 50 ملغم من مادة IAA في كمية قليلة من الكحول الأثيلي المطلق ثم أكمل الحجم الى لتر واحد باستعمال الماء المقطر ، حضرت تراكيز متدرجة من الـ IAA (5-50 µg/ml). حسب الجدول التالي.

تركيز IAA (µg/ml)	الحجم النهائي (مليتر)	مل من الكحول الاثيلي المطلق	مل من IAA (50 µg/ml)	رقم الأنبوب
0.0	1.0	1.0	0.0	1
5	1.0	0.9	0.1	2
15	1.0	0.7	0.3	3
25	1.0	0.5	0.5	4
35	1.0	0.3	0.7	5
45	1.0	0.1	0.9	6
50	1.0	0.0	1.0	7

أضيف 2 مل من كاشف سالكاوسكي لكل انبوبة اختبار. وتم قياس الامتصاص لكل تركيز عند الطول الموجي 530 نانومتر بواسطة جهاز المطياف الضوئي للأشعة المرئية بعد تصفير الجهاز بالكاشف وقرئت النتائج بعد مرور 30 دقيقة مع عمل ثلاث مكررات لكل تركيز. رُسم المنحنى القياسي لإندول حامض الخليك من العلاقة بين تركيز IAA وقيم الامتصاص لكل تركيز عند الطول الموجي 530 نانومتر بحسب ما مبين بالشكل (7). وتم حساب تركيز IAA في العينات النباتية بالرجوع الى المنحنى القياسي في أدناه.



الشكل (7) المنحنى القياسي لإندول حامض الخليك (IAA) بالطريقة اللونية.

20-3 - تقدير فعالية أنزيم IAAO

قدرت فعالية انزيم IAAO حسب طريقة (Sequeria and Nineo, 1966) الواردة في (Brindha *et al.*, 2012) والفعالية قيست بنسبة اختفاء المادة الأساس IAA والتغير في الامتصاصية عند 530 نانومتر بعد ساعة من الحضانة.

المحاليل المستخدمة

كاشف سالكاويسكي

حضر بإذابة 2.03 غم من كلوريد الحديدك $FeCl_3$ في 25 مل ماء مقطر وأخذ 1 مل منه وأضيف الى 50 مل من حامض البيركلوريك 35% Perchloric acid (Lwin *et al.*, 2008)

- محلول Citrate buffer بتركيز 0.02 M و pH=5.5 ، حضر من إذابة 3.84 غم من مادة Citric acid في كمية من الماء المقطر وأكمل الحجم إلى لتر واحد بالماء المقطر بعد تعديل الرقم الهيدروجيني إلى 5.5 باستخدام محلول NaOH بعتياريية 0.1N.

- محلول مادة الأساس الذي يتكون من مزيج من (محلول IAA بتركيز 50 مايكروغرام /مل والذي حضر من إذابة 50 ملغم من مادة IAA في كمية قليلة من الكحول الأثيلي المطلق) و(محلول كلوريد المنغنيز بتركيز 0.5 ملي مولاري والذي حضر من إذابة 1.260 غم من مادة $MnCl_2$) وأكمل الحجم إلى لتر واحد استخدام محلول Citrate buffer.

- محلول DCP بتركيز 1mM ، حضر من إذابة 0.0163 غم من مادة 2,4-Dichloro phenol في كمية قليلة من محلول Citrate buffer وأكمل الحجم إلى 100 مل باستخدام محلول Citrate buffer .

طريقة العمل :

سحق 1 غم من أوراق عُقل الماش والخيار والطماطة في 10 مل من محلول محلول فوسفيت منظم بتركيز 50 ملي مولاري و pH =7 وباستخدام الهاون الخزفي تحت جريش الثلج ثم رشح المستخلص النباتي من خلال طبقتين من قماش الشاش ونبذ مركزياً بجهاز الطرد المركزي المبرد بقوة 10000 دورة في الدقيقة لمدة 10 دقائق وبدرجة 4 م°. حضر مزيج التفاعل من 0.25 مل من محلول DCP المحضر في محلول Citrate buffer ويضاف له 0.75 مل من مزيج مادة التفاعل (IAA + $MnCl_2$) ويضاف له 3.5 مل من المحلول المنظم Citrate buffer ويضاف 0.5 مل من المستخلص الانزيمي إلى مزيج مادة التفاعل النهائي والبالغ 4.5 مل ويحضر في حمام مائي على درجة حرارة 32م° لمدة ساعة وبعد إنتهاء فترة الحضانة يضاف 1 مل من كاشف سالكاويسكي ثم قراءة اللون المتكون على 530 نانوميتر . وتعرف الوحدة الإنزيمية من إنزيم IAAO بأنها كمية IAA التي تتحطم لكل 1 مل من الإنزيم في ساعة واحدة.

وحسبت الفعالية الإنزيمية من خلال المعادلة التالية:

$$IAAO \text{ activity } \left(\frac{\mu\text{g unoxidized}}{\text{h g F.W}} \right) = (\text{Conc. IAA at time zero} - \text{Conc. IAA after 1h})$$

21-3- تقدير الزنك Determination of zinc:

بعد تجفيف العينات النباتية من العقل (الأوراق، السويق تحت الفلق، السويق فوق الفلق) بدرجة حرارة 70م° طحن 0.2 غم من العينة النباتية وهضمت بطريقة الهضم الرطب وذلك بإضافة 5 مل من مزيج حامض الكبريتيك H_2SO_4 المركز وحامض البيروكلوريك $HClO_4$ وبنسبة (1:4) ووضعت على Hot plate حتى أصبح لون المحلول رائقاً وبعدها أكمل إلى حجم 50 مل باستخدام ماء خال من الأيونات deionized water ، وأصبحت العينة جاهزة للقياس ثم قيست باستخدام جهاز مطياف

الامتصاص الذري Atomic absorption spectrophotometer وحسب ما ورد في
Page (1982).

عمل المحلول القياسي

تركيز الزنك في محلول الاصل 1000 ملغم /لتر حضر من اذابة 4.398 غم من كبريتات الزنك
ZnSO₄.7H₂O في 500 مل ماء خال من الايونات deionized water ثم أكمل الى لتر واحد.
سحب (0.0 ، 0.250 ، 0.500 ، 1.250 ، 2.500 ، 5.00 ، 10.00) مل من المحلول الاصل
ووضعت في قنينة حجمية سعة 50 مل وأكمل الحجم إلى حد العلامة باستخدام ماء خال من الأيونات
deionized water ، والمحلول القياسي المتسلسل تحتوي على (0 ، 5 ، 10 ، 25 ، 50 ، 100 ، 200)
ملغم /لتر من الزنك. رسمت الامتصاصية ضد تركيز الزنك في المحلول القياسي .
حسب الزنك الكلي في وزن المادة الجافة وعبر عنه بدلالة ملغم /كغم من خلال المعادلة التالية:

$$(a - b) \frac{V}{W}$$

a = تركيز الزنك في العينة

b = تركيز الزنك في البلاك المهضوم

V = حجم المحلول الكلي

W = وزن العينة

22-3- تقدير البورون : Determination of Boron

قدر البورون باستعمال Spectrophotometer method وحسب طريقة

Hatcher and Wilcox (1950)

المحاليل المستخدمة

- محلول صبغة الكارمين بتركيز 0.05% ، حضر من إذابة 0.920 غم من صبغة Carmine

في كمية قليلة من حامض الكبريتيك المركز ورج لحين إتمام الإذابة ثم أكمل الحجم الى لتر
واحد باستخدام حامض الكبريتيك المركز.

- محلول حامض Hydrochloric acid (1:1) ، حضر من خلط 100 مل من حامض

الهيدروكلوريك مع 100 مل ماء خال من الايونات .

طريقة العمل:

وزن 1 غم من العينات النباتية من العفل (الأوراق ، السويق تحت الفلق ، السويق فوق الفلق)

الجافة وضعت في جفنة Porcelain casserole وأضيف لها 0.1 غم من مادة Calcium oxide ثم
وضعت في فرن حراري ورفعت درجة الحرارة ببطء إلى 550 م° ولمدة 6 ساعات وبردت لمدة ساعة

في درجة حرارة الغرفة ورطبت بإضافة بضع قطرات من الماء الخالي من الأيونات ثم أضيف 3 مل من محلول Hydrochloric acid: d/H₂O₂ بنسبة 1:1 ، وحرك بين مدة وأخرى باستخدام قضيب بلاستيكي لإذابة Ash ثم رشح المحلول من خلال أوراق ترشيح Whatman No.0.1 وأخذ الراشح وأكمل الحجم الى 50مل باستخدام ماء خالي من الأيونات deionized water ثم أخذ 2ml من الراشح وأضيف له 2 مل من حامض الهيدركلوريك المركز ثم أضيف 10ml من محلول صبغة Carmine وتركت لمدة 45 دقيقة وتطور اللون وقرأت الامتصاصية على الطول الموجي 585 نانوميتر واستخدم المنحى القياسي للبورون للحساب تركيز البورون في العينات.

المنحى القياسي للبورون

المحلول القياسي للبورون بتركيز 100 جزء بالمليون والذي حضر من إذابة 0.5716 غم من حامض البوريك في كمية قليلة من الماء الخالي من الأيونات ثم أكمل الى لتر واحد بالماء الخالي من الأيونات. حضرت تراكيز مدرجة من محلول القياسي للبورون بأخذ حجوم من المحلول القياسي للبورون (0, 2, 4, 6, 8, 10) مل وأكمل الحجم إلى 100مل بإستخدام الماء الخالي من الأيونات وأضيفت قطرتان من Hydrochloric acid و 10مل من محلول صبغة محلول صبغة الكارمين وترك للمدة 45 دقيقة لتطور اللون وبعدها قرئت الامتصاصية في جهاز المطياف Spectrophotometer بطول موجي 585 نانوميتر وتم الحصول على المنحى القياسي من تمثيل تركيز البورون على محور X والامتصاصية على محور Y وبعدها حسبت تركيز البورون في العينات من المنحى القياسي .

23-3- تقدير محتوى الاسكوربيت الكلي Estimation of total Ascorbic acid content

استخدمت الطريقة المتبعة من قبل (Shalata and Neumann, 2001)، حيث استعملوا طريقة 2,4 Dinitropheny hydrazine method (DNPH) اذ يؤكسد فيها حامض الأسكوريك Ascorbic acid بواسطة أيونات النحاس الثنائية Cu⁺² إلى dihydro ascorbic acid (DHA) و Diketogulonicacid وعند المعاملة بـ DNPH يتكون 2,4- dehydro phenyl osazon الذي بوجود حامض الكبريتيك H₂SO₄ يتكون مركب برتقالي محمر Orange red complex الذي يمتص الضوء عند طول الموجي 520 نانوميتر

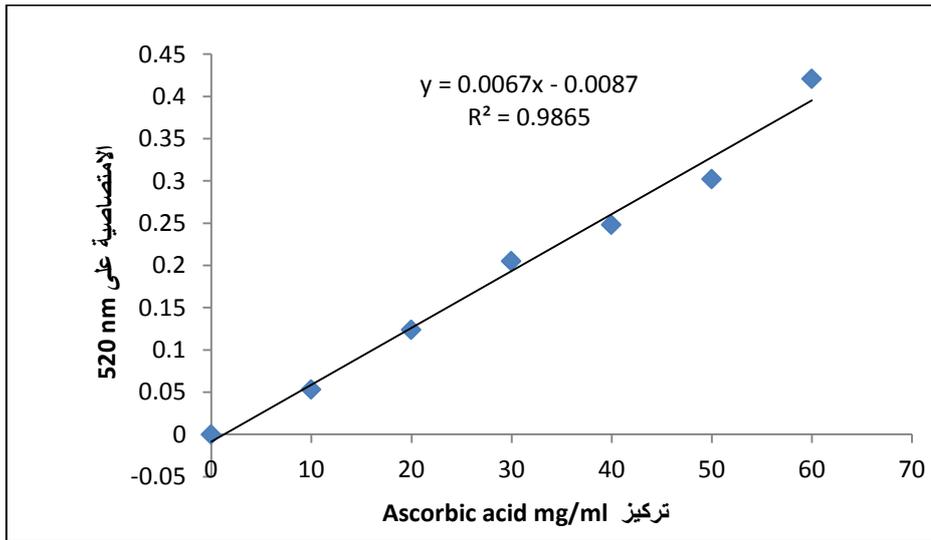
تحضير المحاليل المستخدمة : preparation of solutions المستخدمة في تقدير الاسكوربيت الكلي:

- محلول Trichloro acetic acid (TCA) بتركيز 5% والذي حضر من إذابة 5غم من TCA في كمية قليلة من الماء المقطر ثم يكمل الحجم الى 100مل بالماء المقطر.

- محلول **Metaphosphoric acid (m-HPO₃)** بتركيز **(0.75 M)** ، حُضِر من إذابة 30 غم من (m- HPO₃) في كمية من الماء المقطر ثم يكمل الحجم الى 500 مل بالماء المقطر.
- محلول حامض الكبريتيك **H₂SO₄** بتركيز **(4.5 M)** ، حُضِر من إضافة 250 مل من حامض الكبريتيك المركز بحذر شديد إلى 500 مل من الماء المقطر البارد وعندما يبرد المحلول الى درجة حرارة الغرفة يكمل الحجم الى لتر واحد بالماء المقطر.
- محلول حامض الكبريتيك **H₂SO₄** بتركيز **(12 M)**، حُضِر من إضافة 650 ml من حامض الكبريتيك المركز بحذر شديد الى 300 مل من الماء المقطر ثم يكمل الحجم الى لتر واحد بالماء المقطر .
- كاشف **2,4-DNPH reagent** بتركيز **(0.01 M)**، حُضِر من إذابة 10 غم من 2,4- DNPH في 400 مل من محلول حامض الكبريتيك بتركيز 4.5 M ويكمل الحجم الى 500 مل بحامض الكبريتيك بتركيز 4.5 M ، بعد ذلك يبرد لمدة ليلة كاملة ومن ثم يرشح.
- محلول الثيوريا **Thiourea** بتركيز **0.66 M** ، حُضِر من إذابة 5 غم من الثيوريا Thiourea في كمية من الماء المقطر ثم يكمل الحجم الى لتر واحد بالماء المقطر.
- محلول كبريتات النحاس **Copper sulfate** بتركيز **0.027 M** ، حُضِر من إذابة 0.6 غم من كبريتات النحاس في كمية من الماء المقطر ثم يكمل الحجم الى 100 مل بالماء المقطر.
- كاشف **DTCS reagent** ، يحضر من مزج 5 مل من محلول الثيوريا و 5 مل من محلول كبريتات النحاس و 100 مل من كاشف 2,4-DNPH reagen.
- محلول **الأسكوربيات القياسي** ، حُضِر محلول الأسكوربيك القياسي Ascorbic acid standard solution بتركيز 60 ملغم /لتر من إذابة 0.06 غم من مادة Ascorbic acid في كمية من الماء المقطر ثم يكمل الحجم الى واحد لتر بالماء المقطر . وحضرت تراكيز متدرجة من من محلول الأسكوربيك Ascorbic acid القياسي حسب الجدول التالي حيث أضيفت حجوم من محلول الأسكوربيك القياسي في انابيب اختبار بواقع انبوبين لكل حجم و اضيف الحجم المناسب من الماء المقطر.

تركيز الاسكوريك (mg/ml)	الحجم النهائي مل	مل من الماء المقطر	مل من محلول الاسكوريك (60mg/L)	رقم الانبوب
60	5	0.0	5	1
50	5	0.84	4.16	2
40	5	1.67	3.33	3
30	5	2.50	2.50	4
20	5	3.34	1.66	5
10	5	4.17	0.830	6
0.0	5	5	0.0	7

أضيف 0.4 مل من كاشف DTCS إلى كل الانابيب وحضنت على درجة حرارة 37 م° لمدة ثلاث ساعات ثم بردت الانابيب لمدة 10 دقائق وأضيف لها 2 مل من حامض الكبريتيك (12M)، بعدها قرئت الامتصاصية عند الطول الموجي 520 نانوميتر وأستخدم الأنبوب الأخير لتصفير الجهاز ورسم المنحى القياسي وأستعمل لاستخراج كمية الأسكوريك في العينات النباتية.



شكل (8) المنحى القياسي لحامض الاسكوريك عند الطول الموجي 520 nm

طريقة العمل : The procedure

سحق 1غم من أوراق العفل في 10 مل من محلول (TCA)، أخذ 0.5 مل من المستخلص النباتي وأضيف له 2 مل من محلول ترج الأنابيب جيداً ثم تجري عملية الطرد المركزي بسرعة 3000 دورة في الدقيقة ولمدة 10 دقائق بدرجة حرارة الغرفة، بعدها أخذ 1.2 مل من الراشح أضيف إليه 0.4 مل من كاشف DTCS وحضن بدرجة حرارة 37 م° لمدة ثلاث ساعات، بردت الأنابيب لمدة 10 دقائق في الثلج ثم أضيف ببطء 2 مل من محلول حامض H_2SO_4 بتركيز (12 M) البارد إلى كل الأنابيب. أما Blank فحضر من 1.2 مل من محلول Metaphosphoric acid (m- HPO_3) بتركيز (0.75 M) وأضيف إليه 0.4 مل من كاشف DTCS وحضن بدرجة حرارة 37 م° لمدة ثلاث ساعات، ثم قرئت

الامتصاصية باستعمال جهاز Spectrophotometer عند طول موجي 520 نانوميتر وحسب محتوى الـ Ascorbic acid الكلي في العينات النباتية من خلال المنحى القياسي Standard curve كما في الشكل (6).

24-3 - تقدير محتوى (GSH) Estimation of Glutathione

قيس محتوى الكلوتاثيون بأستعمال كاشف ألماز (5,5-Di thio bis (Ellman's reagent) (2-nitro benzoic acid) (محلول DTNB). عند اتحاد هذا المركب مع مجموعة الثايول (SH) في جزيئة الكلوتاثيون في وسط قاعدي $pH=8$ تتكون ثنائيات الكبريت المختلطة Mixed disulfide ويتحرر أيون الثايول السالب Thiol anion الذي تقاس شدة لونه بأستعمال جهاز المطياف الضوئي Spectrophotometer عند الطول الموجي 412 نانوميتر (Ellman, 1959).

تحضير المحاليل : Preparation of solutions المستخدمة في تقدير (GSH) :

محلول حامض الخليك ثلاثي الكلور Trichloro acetic acid (TCA) بتركيز 5% والذي حضر من إذابة 5 غم من مادة TCA في كمية قليلة من الماء المقطر ثم يكمل الحجم الى 100 مل بالماء المقطر.

محلول الترسي الداري Tris buffer solution بتركيز 1.4M. حضر بأذابة 4.82 م من Tris base في 10 مل من محلول EDTA-Na₂ بتركيز 0.4M والمحضر من إذابة 1.4889 غم من EDTA-Na₂ في 10 مل ماء مقطر ثم يكمل الحجم إلى 100 مل بالماء المقطر ويضبط الأس الهيدروجيني إلى 8.9 بإضافة حامض HCl (0.1N).
- كاشف ألماز (محلول DTNB بتركيز 0.01M) والذي حضر من إذابة 0.0198 غم من مادة 5,5 Dithio bis (2-Nitro benzoic acid) في 5 مل من الكحول الميثيلي .

المحلول القياسي للكلوتاثيون : GSH standard solution

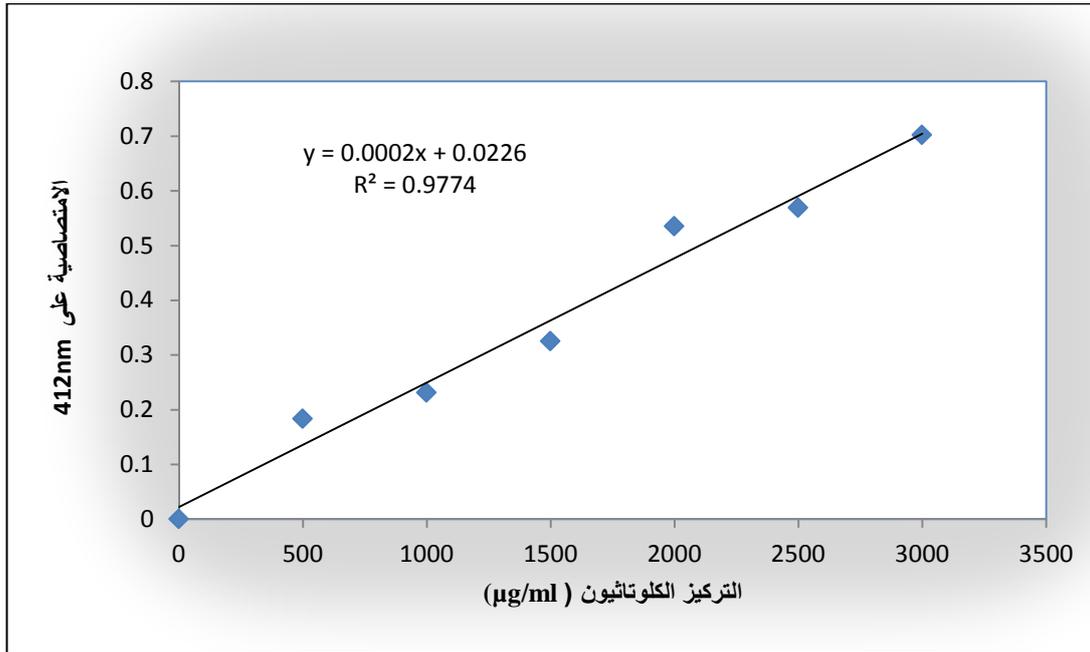
حضر المحلول القياسي للكلوتاثيون بتركيز 3 ملغم/مل من إذابة 0.03 غم من Glutathione في 10 مل من محلول EDTA-Na₂ بتركيز 0.02 M الذي حضر من إذابة 0.477 غم من EDTA-Na₂ في 100 مل من الماء المقطر.

تحضير المنحى القياسي للكلوتاثيون

حضرت تراكيز متدرجة من المحلول القياسي للكلوتاثيون (GSH) حسب الجدول التالي ، حيث أضيفت الحجوم الآتية من المحلول القياسي للكلوتاثيون في أنابيب اختبار وبواقع انبوبين لكل حجم واضيف الحجم المناسب من محلول EDTA-Na₂ حسب الجدول التالي :

تركيز $\mu\text{g}/\text{m}$ GSH	الحجم الكلي مل	مل من محلول EDTA - Na_2	مل من محلول GSH القياسي	رقم الأنبوب
3000	2	0.0	2	1
2500	2	0.4	1.6	2
2000	2	0.7	1.3	3
1500	2	1	1	4
1000	2	1.4	0.6	5
500	2	1.7	0.3	6
0.0	2	2	0.0	7

وأضيف 0.02 مل من محلول DTNB لكل أنبوب، وأضيف 0.8 مل من محلول الترسيب الداربي و تترج الانابيب جيداً وتقرأ الامتصاصية بأستعمال المطياف الضوئي Spectrophotometer عند الطول الموجي 412 نانوميتر بمدة لا تزيد عن خمس دقائق. واستخدم الانبوب الأخير لمعايرة الجهاز ثم رسم المنحني القياسي بين الامتصاصية Optical density والتركيز للكلوتاثيون كما في الشكل (9) .



شكل (9) المنحني القياسي للكلوتاثيون عند الطول الموجي 412 nm

طريقة العمل : The procedure

سحق 0.5 غم من (أوراق العقل) مع 5 مل من محلول TCA بتركيز 5% في هاون فخاري فوق جريش الثلج، ثم تجرى عملية الطرد المركزي بقوة (12000) دورة في الدقيقة لمدة 20 دقيقة

ويستخدم الراشح كمستخلص نباتي. حضرت أنبوبتا اختبار نظيفتان وجافتان و علمت الاولى (T)Test والثانية (B) Blank وتمت الاضافات التالية كما في الجدول اعلاه

المواد المضافة (ml)	الانبوبة Test T	الانبوبة Blank B
الراشح	0.4	-
TCA	-	0.2
d.W	-	0.2
Tris buffer	0.8	0.8
DTNB	0.02	0.02

مزجت المحتويات جيداً و قرئت الامتصاصية Optical density باستعمال جهاز Spectrophotometer عند طول موجي 412 نانوميتر بمدة لا تزيد عن 5 دقائق وأستعمل الانبوية B للتصفير. و قدر الكلوتاثيون في العينات النباتية باستعمال المنحني القياسي.

25-3- تقدير البرولين : Estimation of Proline

أتبعت طريقة (Bates *et al.*, 1973) لقياس كمية البرولين في أوراق عُقل المعاملة بالبورون السام وغير المعاملة والمعالجة بالـ Zn للنباتات قيد الدراسة حيث تم أخذ 0.1 مل من المستخلص النباتي وإضيف إليه 2 مل من حامض الننهيدرين وحامض الخليك الثلجي, ثم قرئت الإمتصاصية بطول موجي 520 نانوميتر.

محلول حامض الننهيدرين Ninhydrin acid

حضر بإذابة 1.25 غم من الحامض في 30 مل حامض الخليك الثلجي Glacial acetic acid و 15 مل من الماء المقطر مع 5 مل من حامض الأورثوفسفوريك Orthophosphoric acid بتركيز 6M محلول حامض السلفوسالسيك Sulfosalicylic acid بتركيز 3% حضر بإذابة 30 غم من مادة Sulfosalicylic acid في كمية من الماء المقطر ثم أكمل الحجم الى لتر واحد بالماء المقطر.

طريقة العمل:

أخذ 500 ملغم من الأوراق وأضيف له 5 مل من حامض السلفوسالسيك Sulfosalicylic acid تركيز 3% وسحق الخليط بشكل جيد في هاون خزفي ولحين تجانس الخليط. نبذ مركزياً بواسطة جهاز النبذ المركزي بسرعة 2000 دورة/ دقيقة لمدة 10 دقائق، أخذ 100 مايكوليتر من الراشح وأضيف اليه 2 مل من محلول الننهيدرين و 2 مل من حامض الخليك الثلجي glacial acetic acid وضعت في أنابيب اختبار زجاجية وسُخن في حمام مائي على درجة

حرارة 100م لمدة 30 دقيقة وترك حتى يبرد ويضاف اليها بعد ذلك 1مل من مادة التلوين Toluene مع الرج لمدة 20 ثانية.

قدرت كمية البرولين بقياس طبقة التلوين الحمراء بواسطة جهاز Spectrophotometer عند طول موجي 520 نانوميتر وبواقع ستة تكرارات لكل معاملة وقورنت مع المنحنى القياسي للبرولين، اما محلول البلانك Blank فتكون من 5 مل من التلوين .

المنحنى القياسي للبرولين : Proline standard curve

حضر المحلول القياسي للبرولين بتركيز 10مايكروغرام/مل وبإذابة 0.01 غم في كمية قليلة من الماء المقطر وأكمل الحجم الى واحد لتر باستخدام الماء المقطر. حضرت تراكيز مدرجة من محلول القياسي للبرولين حسب الجدول التالي بأخذ حجوم من المحلول القياسي للبرولين بواقع أنبوتين لكل حجم واضيف حجم مناسب من الماء المقطر .أضيف بعد ذلك 2 مل من كل من حامض الخليك الثلجي glacial acetic acid ومحلول حامض الننهيدرين كما في الجدول التالي ومزج الخليط جيداً وحضنت الانابيب في حمام مائي على درجة حرارة 100م لمدة 30 دقيقة، بُردت الانابيب واضيف 5 مل من التلوين وبعدها قرئت الامتصاصية في جهاز المطياف Spectrophotometer بطول موجي 520نانوميتر واستعمل الانبوب الاخير لتصفير الجهاز وتم الحصول على المنحى القياسي من تمثيل تركيز البرولين على محور X والامتصاصية على محور Y شكل (10) وبعدها حسبت كمية البرولين في العينات من المنحى القياسي من خلال تطبيق القانون التالي :

$$\mu \text{ moles per g greash weight} = \frac{\mu\text{g proline} / \text{mL} \times \text{mLtoluen}}{115.5} \times \frac{5}{\text{G sample}}$$

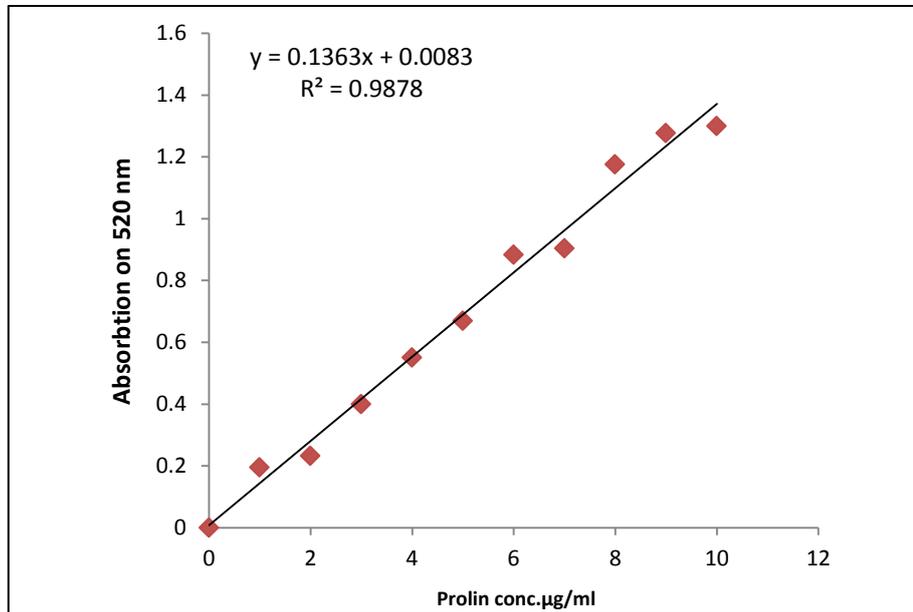
115.5 = الوزن الجزئي للبرولين

mL toluene = حجم التلوين المستخدم

$\mu\text{g proline/mL}$ = تركيز البرولين المحسوب من standard curve

G sample = وزن العينة النباتية

رقم الانبوب	مل من محلول البرولين القياسي (10 µg)	مل من الماء المقطر	الحجم الكلي مليتر	تركيز البرولين (µg)
1	10	0	10	10
2	8	2	10	8
3	6	4	10	6
4	4	6	10	4
5	2	8	10	2
6	1.5	8.5	10	1.5
7	1	9	10	1
8	0.5	9.5	10	0.5
9	0	10	10	0.0



الشكل (10) المنحنى القياسي للبرولين عند الطول الموجي 520nm

3-26- تقدير فعالية أنزيم : (SOD) Superoxide dismutase

قُدرت فعالية أنزيم Superoxide dismutase (EC.1.15.1.1) حسب طريقة (Calatayud *et al.*, 2002) وبالإعتماد على قابلية إنزيم SOD على تثبيط التفاعل الكيموضوي Photochemical reaction المؤدي الى إختزال مادة (NBT) Nitro blue tetrazolium.

تحضير المحاليل Preparation of Solution

محلول (A) محلول phosphate buffer solution (50 mM ، pH = 7.8) ويحضر كما يلي:

- محلول 1: حضر من إذابة 0.865 غم من مادة فوسفات البوتاسيوم الهيدروجينية K_2HPO_4 في كمية من الماء المقطر ثم اكمل الحجم الى 100مل.

- **محلول 2** : حضر بإذابة 0.675 غم من مادة فوسفات البوتاسيوم الحامضية KH_2PO_4 في كمية من الماء المقطر ثم أكمل الحجم الى 100 مل ثم مزج 45 مل من محلول 1 مع 50 مل من محلول 2 وأكمل الحجم الى 100 مل بالماء المقطر.
- **محلول (B)** : الحامض الاميني **L-methionine (14 mM ملي مولاري)** ، حضر بإذابة 150 ملغم من الحامض الأميني L-methionine في 5 مل من الماء المقطر.
- **محلول (C)** : **Triton X-100 (1% وزن/حجم)** ، حضر بإذابة 100 ملغم من Triton X-100 في 10 مل من الماء المقطر.
- **محلول (D): Nitro blue tetrazolium (NBT)** ، حضر بإذابة 14.4 ملغم من NBT في 10 مل من الماء المقطر وحفظ داخل قنينة معتمة في الثلجة.
- **محلول (E) : مزيج العمل Working mixture** ، حضر مزيج العمل من المكونات المبينة في الجدول الآتي :

المكونات	الحجم (ml)
محلول A	18.35
محلول B	1.50
محلول C	0.75
محلول D	1.00
الحجم الكلي	21.60

- **محلول (F) : الرايبوفلافين Riboflavin (47.7 μM)** ، حضر بإذابة 0.0018 غم من الرايبوفلافين في كمية قليلة من الماء المقطر ثم أكمل الحجم إلى 100 مل من الماء المقطر.

طريقة العمل The Procedure:

- 1- سحق 1 غم من أوراق العُقل في محلول A (محلول فوسفيت بفر 50 mM ، pH = 7.8) باستخدام الهاون الخزفي وتحت جريش الثلج ثم رُشح المستخلص من خلال طبقتين من الشاش ثم أخذ الراشح وتُبد مركزياً بقوة 10000 دورة في الدقيقة لمدة 10 دقائق وبدرجة 4 م وأستعمل الراشح كمستخلص للإنزيم، يضاف 1.5 مل من مزيج العمل في أنابيب إختبار ويضاف إليها 0.5 مل من الماء المقطر.
- 2- يضاف 40 مايكروليتر من المستخلص الانزيمي إلى الأنابيب.
- 3- تحضر معاملة Blank بالطريقة نفسها أعلاه إلا أنه يختلف فقط باحتوائه على الماء المقطر بدلاً من العينة.
- 4- يضاف إلى كل أنبوبة 40 مايكروليتر من محلول (F) .

5- تمزج المحتويات جيداً وتعرض الأنابيب إلى الإضاءة لمدة سبع دقائق باستخدام صندوق الإضاءة والذي يحتوي على مصباحين متألقين وكل مصباح ذو قدرة 18 واط. ثم تقرأ الامتصاصية بجهاز Spectrophotometer عند طول موجي (560 نانوميتر). تعرف الوحدة الانزيمية بأنها كمية الأنزيم اللازمة لانتاج تثبيط مقداره 50% من التفاعل الكيموضوي والمودي الى اختزال مادة Nitro blue tetrazolium حسبت فعالية الأنزيم من خلال المعادلة الآتية:

$$\text{SOD activity } \left(\frac{\text{U}}{\text{g F.W}} \right) = (\text{OD control} - \text{OD sample}) \times \text{Dilution factor}$$

3-27- تقدير فعالية إنزيم (CAT) Catalase

قدرت فعالية إنزيم (CAT) (EC 1.11.1.6) بالطريقة الموصوفة من قبل (Aebi, 1974)، إذ تعتمد الطريقة على مقدار التغير في الامتصاصية عند 240 نانوميتر لمحلول (30mM) من بيروكسيد الهيدروجين و(50mM) من المحلول الدائري (Phosphate buffer) وعند pH=7

تحضير المحاليل Preparation of Solution

- محلول فوسفيت بفر بتركيز 50mM و pH=7

محلول A: وحضر بإذابة 0.871 غم من K_2HPO_4 في كمية قليلة من الماء المقطر ثم يكمل الحجم إلى 100 مل بالماء المقطر.

محلول B: وحضر بإذابة 0.6804 غم من K_2HPO_4 في كمية قليلة من الماء المقطر ثم أكمل الحجم إلى 100 مل بالماء المقطر.

ولأجل الحصول على محلول فوسفيت المنظم (50mM عند pH =7) وأضيف حجم معين من محلول B إلى (50 مل) من محلول A حتى وصول قيمة pH إلى 7.

- محلول بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 بتركيز 30 mM :

حُضِرَ بأخذ حجم 0.34 مل من H_2O_2 تركيز 30% في كمية من محلول فوسفيت بفر بتركيز 50mM و pH = 7 ثم أكمل إلى 100 مل من المحلول المنظم.

طريقة العمل procedure

سحق 1 غم من الاوراق العُقل مع 10 مل من محلول الفوسفيت بفر وأضيف 0.3 غم من مادة polyvinyl pyrophosphate (PVP) أثناء السحق باستخدام الهاون الخزفي تحته جريش من الثلج لمدة 5-10 دقائق، ثم رُشِحَ المستخلص من خلال طبقتين من الشاش ثم أخذ الراشح ونُبذَ مركزياً بقوة 10000 دورة في الدقيقة لمدة 10 دقائق وبدرجة 4م. وأخذ 2ml محلول فوسفيت بفر بتركيز 50ملي مولاري و pH=7 ثم أضيف 2 مل من محلول بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 بتركيز 30 50ملي

مولاري (المادة الاساس لعمل الأنزيم) و40 مايكروليتر من المستخلص الأنزيمي فيكون حجم التفاعل 2.4مل وحُضن على درجة حرارة 25م لمدة دقيقة واحدة بعدها قرئت الامتصاصية الخاصة عند طول موجي 240 نانوميتر ويلاحظ انخفاض الامتصاصية بمرور الوقت مع استعمال محلول Blank المكون من المواد نفسها عدا إن المادة الأساس إستبدلت بمحلول فوسفيت بفر. حسبت فعالية إنزيم Catalase من العلاقة التالية :

$$Catalase\ activity(unit) = \frac{\Delta bs/min \times Reaction\ volume}{0.01}$$

Δbs = الفرق بين الامتصاصية خلال الدقيقة
 Min = زمن التفاعل
 2.4 ml = Reaction valume
 0.01 = ثابت

28-3- تقدير فعالية أنزيم APX

قدرت الفعالية حسب طريقة (Asada and Chen, 1992) من خلال النقصان (اختفاء مادة التفاعل substrate) Ascorbic acid والتغير في الامتصاصية عند 290 نانوميتر ولمدة دقيقة لخليط التفاعل الحاوي على فوسفيت بفر بتركيز 50mM و pH=7 ، ومحلول Ethylene diamine Tetraacetic disodium (EDTA-Na₂) بتركيز 1ملي مولاري، ومحلول Ascorbic acid بتركيز 0.5 ملي مولاري و محلول H₂O₂ بتركيز 0.1 ملي مولاري

تحضير المحاليل Preparation of solutions:

- محلول Ascorbic acid بتركيز 0.5ملي مولاري ، حُضر بإذابة 0.8806غم من مادة Ascorbic acid في كمية قليلة من الماء المقطر ثم أكمل الحجم الى 100مل من الماء المقطر.

- محلول EDTA-Na₂ بتركيز 1mM ، حُضر بإذابة 0.0336غم من مادة EDTA -Na₂ في كمية قليلة من الماء المقطر ثم أكمل الى 100مل من الماء المقطر.

- محلول H₂O₂ بتركيز 0.1 mM ، حضر بإذابة 0.10306 مل من محلول H₂O₂ بتركيز 30% في كمية من محلول فوسفيت بفر بتركيز 50 ملي مولاري و pH = 7 ثم أكمل الحجم الى 100مل باستخدام محلول فوسفيت بفر .

- محلول فوسفيت بفر بتركيز 50mM و pH = 7 والذي يتكون من:

محلول A : وحضر بإذابة 0.871غم من K_2HPO_4 في كمية قليلة من الماء المقطر ثم يكمل الحجم إلى 100مل بالماء المقطر.

محلول B : وحضر بإذابة 0.6804غم من K_2HPO_4 في كمية قليلة من الماء المقطر ثم أكمل الحجم إلى 100مل بالماء المقطر.

طريقة العمل :

سحق 1 غم من أوراق عُقل الماش والخيار والطماطة في 10مل من محلول محلول فوسفيت بفر بتركيز 50mM و pH=7 وباستخدام الهاون الخزفي تحت جريش الثلج ثم رشح المستخلص النباتي من خلال طبقتين من قماش الشاش ونبذ مركزياً بجهاز الطرد المركزي المبرد بقوة 10000 دورة في الدقيقة لمدة 10 دقائق وبدرجة 4م

خليط التفاعل المتكون من 0.5 مل من بوتاسيوم بفر و 0.5 مل من محلول محلول EDTA-Na₂ بتركيز 1mM و 0.5 مل من محلول محلول H₂O₂ و 0.5 مل من محلول Ascorbic acid وأضيف إلى الخليط 50مايكروليتر من المستخلص الإنزيمي وبعد دقيقة قرأت الامتصاصية على طول موجي 290 نانوميتر.

حسبت فعالية الإنزيم من خلال تطبيق معادلة بير-لامبرت الآتية:

$$A = \epsilon \times b \times C$$

A: Absorbance (290 nm)

ϵ : Extinction coefficient : 2.8 X 10⁴ mol/cm

b: Light bath (1cm)

C : Enzyme activity

29-3- تحضير المقاطع المستعرضة

1-29-3 - القتل والتثبيت : Killing and Fixation

وضعت العينات الطرية في قناني زجاجية Vials سعة 30 مل وفي كل قنينة حدود 20 مل من محلول FAA والمحضر حسب (Sass (1958) وكما يأتي :

- Ethyl alcohol (95%) 50.0 ml
- Glacial acetic acid 5.0 ml
- Formal dehyde (30 – 40%) 10.0 ml
- Distal water 35.0 ml

3 - 29-2 Washing and Dehydration : الغسل والأنكاز :

غسلت النماذج بكحول ايثيلي تركيزه 70% لإزالة آثار المثبت ثم حفظت في كحول بالتركيز نفسه بعد ذلك قطعت الأجزاء النباتية بوساطة مشرط حاد إلى قطع صغيرة بطول 1.5 – 2 ملليمتر ، ثم مررت العينات بسلسلة تصاعدية من الكحول الايثيلي 80 ، 90 و 96% ولمدة ساعتين لكل تركيز ، ثم نقلت إلى كحول ايثيلي مطلق لمدة ساعتين وتم استبداله مرتين خلال هذه المدة للتخلص من الماء المتبقي في العينات المحفوظة.

3-29-3 التثريب infiltration

بعد عملية الغسل و الأنكاز تمت عملية التثريب وتعد هذه العملية مهمة وذلك لكي يتغلغل الشمع داخل النماذج ويحل محل الكحول ، حيث يستخدم شمع البرافين الذي يكون ذائب بدرجة حرارة 55- 65 م° والمفلتر وتجرى العملية على ثلاث مراحل . حيث يبدل الشمع في المرحلتين الاوليتين لمدة ساعة واحدة وبعدها يبقى لمدة 24 ساعة

3-29-4 الطمر Embedding

تم صب كمية من الشمع المنصهر المفلتر في قوالب معدنية جاهزة إذ تم وضع النموذج المطلوب دراسته و عدل وضعه ومن ثم صب شمع منصهر المفلتر أيضاً عليه إلى أن ملئ القالب وعلمت القوالب ثم وضعت في ماء بارد إلى أن تصلب الشمع جيداً ثم نُزعت القوالب الشمعية عن القوالب المعدنية (مع الاحتفاظ بعلامة كل قالب شمعي)، وبذلك أصبحت جاهزة للتقطيع .

3-29-5 التقطيع Sectioning

قطعت النماذج بالمشرح الدوار Rotary microtome وبسمك 10-12 مايكرومتر حيث تكونت أشرطة Ribbons من المقاطع ، وضعت بعدها هذه الأشرطة في حمام مائي ساخن بدرجة 40 م° لفترة وجيزة لضمان إزالة تجعدات المقاطع ونشرها وانبساطها فوق الشرائح الزجاجية المطلوبة مسبقاً بطبقة رقيقة من لاصق كلسيرين – البومين Glycerin – albumin ثم وضعت على صفيحة ساخنة Hot plat بدرجة 45م° لمدة ليلة كاملة.

3-29-6 التصبيغ Staining

1- يُزال الشمع بإمرار النماذج في سلسلة من الزايلين والكحول حسب المخطط التالي :

Xylene → Xylene → Xylene + 100% ethyl alcohol

وتبقى النماذج لمدة عشرة دقائق لكل مرحلة

2- ينكز الماء بسلسلة من الكحولات

100% → 95% → 80% → 70%

لمدة 5 دقائق في كل تركيز.

3- تصبغ المقاطع بصبغة السفرانين Safranin بتركيز 0.5% في كحول ايثيلي بتركيز 50%. وتركت النماذج في الصبغة لمدة ساعة.

4- تغسل المقاطع بالماء الجاري لمدة وجيزة

5- تصبغ المقاطع بصبغة الاخضر السريع Fast green بتركيز 0.1% والمذابة في الكحول ايثيلي مطلق وترك المقاطع لمدة دقيقة واحدة.

6- تنقل المقاطع الى كحول مطلق لمدة خمس دقائق.

7 - تنقل الى زايلين وزيت زهرة الشمس بنسبة 1:1 لمدة خمس دقائق.

8 - تنقل المقاطع الى الزايلين لمدة 10 دقائق.

9- نظفت الشرائح من الصبغة الزائدة باستعمال ورق نشاف أو قطعة شاش ثم عمل تحميل دائمي Permanent mounting بوضع قطرات عدة من مادة كندا بلسم Canada balsam ووضع غطاء الشريحة ونقلت الشرائح إلى صفيحة معدنية ساخنة بدرجة حرارة 45 م° لمدة 24 ساعة وعندها أصبحت الشرائح جاهزة لفحص. وفحصت باستعمال المجهر الضوئي.

3-30- التحليل الإحصائي Statistical analysis :

أستعمل التصميم العشوائي الكامل Completely Randomized Design وحللت البيانات احصائيا باستخدام الحاسوب واعتمدت قيم (L.S.D) للمقارنة بين متوسطات المعاملات على مستوى احتمالية (0.05) في جميع التجارب (Steel et al ., 1997).

4- النتائج Results

4-1- التجارب الفسلجية

4-1-1 - تحديد قوة محلول هوكلاند Hoagland بدلالة استجابة تجذير العُقل

يشير الجدول (3) إلى استجابة تجذير عُقل الماش والخيار والطماطة المفصولة من بادرات نامية في الماء المقطر وبقوى مختلفة من محلول Hoagland (كاملة و نصف و ربع القوة) لمدة عشرة أيام بالنسبة الماش والخيار وعشرين يوماً بالنسبة إلى بادرات الطماطة وكانت معدلات عدد الجذور المتكشفة في عُقل الماش والخيار والطماطة والمشتقة من بادرات نامية في الماء المقطر (8.50، 12.64، 11.50) جذراً على التوالي ، وفي عُقل الماش التي بادراتها نامية (بقوة كاملة Full Strength و نصف قوة Half Strength و ربع قوة Quarter Strength من محلول Hoagland) (8.7، 10.2، 10.2) جذراً ، على التوالي. إذ ارتفعت معدلات عدد الجذور فيها وكان الارتفاع معنوياً لكل من القوة الكاملة والنصف وبشكل غير معنوي في ربع القوة قياساً إلى عينة السيطرة وعلى مستوى احتمالية 0.05. في حين لم تكن هنالك فروقات معنوية بين القوة الكاملة والنصف لذا تم اعتماد نصف القوة (من ناحية القوة) في التجارب اللاحقة . كما أن عُقل الخيار والتي بادراتها النامية (بقوة كاملة و نصف و ربع القوة من محلول Hoagland) كشفت (20.9 ، 21.6 ، 18.9) جذراً على التوالي، حيث ازدادت معدلات عدد الجذور العرضية وبفارق إحصائي على مستوى احتمالية 0.05 عن السيطرة وأعلى عدد سُجل في القوة النصف وأُعتد نصف القوة في التجارب اللاحقة للخيار. أما عُقل الطماطة والتي بادراتها نامية (بقوة كاملة و نصف القوة ربع من محلول Hoagland) فقد كشفت (24.5 ، 22.25 ، 17.5) جذراً حيث سجلت القوة الكاملة أكبر عدد لكنها لم تختلف إحصائياً عن نصف القوة ولهذا اعتمدت القوة النصف في التجارب اللاحقة .

جدول (3) : استجابة تجذير عُقل الماش و الخيار والطماطة المهنية من بادرات نامية بقوى مختلفة من محلول هوكلاند

L.S.D (0.05)	ربع القوة Quarter str.	نصف القوة Half str.	قوة كاملة Full strength	الماء المقطر Control	النوع النباتي
0.77	8.7	10.2	10.2	8.5	الماش
0.85	18.9	21.6	20.9	12.64	الخيار
2.795	17.25	22.25	24.5	11.5	الطماطة

جُهزت البادرات بالماء المقطر أو بقوى مختلفة من محلول Hoagland لمدة عشرة أيام بالنسبة لبادرات الماش والخيار وعشرين يوماً بالنسبة للبادرات الطماطة وهيئت العُقل ثم نقلت إلى البورون بتركيز 5 مايكروغرام/مل ولمدة 6 أيام بعدها حسب معدل عدد الجذور في العقلة الواحدة .

2-1-4- تحديد التركيز السام للبورون

1-2-1-4- تحديد التركيز السام للبورون في عُقل الماش

يشير الجدول (4) إلى تأثير تراكيز مختلفة من البورون بهيئة حامض البوريك في استجابة تجذير عُقل الماش النامية في الضوء لمدة عشرة أيام وكانت التراكيز الواطئة غير مؤثرة باستثناء التركيز 0.1 مايكروغرام/مل إذ كان محفزاً و بشكل معنوي (11.83 جذراً) أما التراكيز المحصورة بين (50-500) فقد كانت مثبطة وبشكل معنوي لاستجابة التجذير وكانت التراكيز العالية ذات تأثيرات سامة في مؤشرات النمو والتركيز 200 هو العتبة التي اختزل فيها معدل التجذير إلى النصف تقريبا وبنسبة انخفاض 53.49% (اختزال معدل النمو بدلالة عدد الجذور في العُقلة إلى ~50%) وعلى هذا الأساس تم اختيار التركيز 200 واعتبر التركيز السام لعُقل الماش في التجارب اللاحقة.

جدول (4) : تحديد سُمية البورون بدلالة استجابة التجذير في عُقل الماش

Boron conc. µg/ml for 24 h	Mean Root number /cutting
0.0	10.58
0.001	10.76
0.01	10.33
0.1	11.83
1	11.00
5	10.67
10	10.25
25	10.17
50	9.08
100	8.00
125	7.58
150	6.42
175	5.83
200	4.92
300	4.33
400	3.75
500	3.83
L.S.D(0.05)	1.227

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو تراكيز مختلفة من حامض البوريك (0.001 - 500) مايكروغرام/مل لمدة 24 ساعة ثم نقلت العُقل إلى البورون بتركيز 5 مايكروغرام/مل لمدة 6 أيام بعدها حسب معدل عدد الجذور في العُقلة الواحدة.

2-2-1-4- تحديد التركيز السام للبورون في عُقل الخيار

يشير الجدول (5) إلى تأثير البورون السام في استجابة التجذير لعقل الخيار المأخوذة من بادرات نامية في محلول Hoagland بنصف القوة Half strength وقد أظهرت النتائج أن التراكيز الواطئة من البورون والمحصورة بين (0.001 - 25) سببت زيادة معنوية في استجابة تجذير العُقل عند مقارنتها إحصائياً بالسيطرة التي كشفت 29.33 جذر/عقلة. أما التركيز (100 مايكروغرام/مل) فكان مثبتاً معنوياً لمعدل عدد الجذور حيث كشفت العُقل (26.50) جذر ، هذا وصف جانب آخر فان بقية التراكيز التي زادت عن 100 كانت جميعها مثبتة لاستجابة التجذير وكان التركيز 300 مثبتاً للتجذير بنسبة مئوية مقدارها 50.76% لذا اعتبر هو التركيز السام واعتمد في التجارب اللاحقة .

جدول (5) : تحديد سمية البورون بدلالة استجابة التجذير في عُقل الخيار

Boron conc. µg/ml for 24 h	Mean Root number /cutting
0.0	29.33
0.001	31.25
0.01	31.50
0.1	32.42
1	34.00
5	35.17
10	35.00
25	33.00
50	29.58
100	26.50
125	22.58
150	19.58
175	17.83
200	16.50
300	14.42
400	14.08
500	12.25
L.S.D (0.05)	1.92

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو تراكيز مختلفة من حامض البوريك (0.001 - 500) مايكروغرام/مل لمدة 24 ساعة ثم نقلت العُقل إلى البورون بتركيز 5 مايكروغرام/مل لمدة 6 أيام بعدها حسب معدل عدد الجذور في العُقلة الواحدة.

3-2-1-4- تحديد التركيز السام للبورون في عُقل الطماطة

يشير الجدول (6) إلى أن عينة السيطرة أي العُقل المعاملة بالماء المقطر (24ساعة) والمنقولة إلى حامض البوريك إلى 6 أيام قد كشفت عدد من الجذور يساوي (20.25) في العُقلة الواحدة. وفي تراكيز B من 0.001 إلى 150 فقد ازداد معدل عدد الجذور بشكل طفيف مما يشير إلى أن الطماطة تتطلب تراكيز من B أعلى من ما يحتاجه الخيار و الماش. أما التراكيز

(175- 500) مايكروغرام/مل فقد ثبتت معدل عدد الجذور إلى (7.08 - 18.58) ، على التوالي في العقلة الواحدة وبفارق إحصائي عن السيطرة . وقد اختير التركيز 400 والذي اختزل فيه عدد الجذور بنسبة (55.16) واعتبر التركيز 400 مايكروغرام/ مل حامض بوريك هو التركيز السام بالنسبة إلى الطماطة والذي أعتمد في التجارب اللاحقة.

جدول (6) : تحديد سُمية البورون بدلالة استجابة التجذير في عُقل الطماطة

Boron conc. µg/ml for 24	Mean Root number /cutting
0.0	20.25
0.001	20.50
0.01	20.75
0.1	24.17
1	24.67
5	23.75
10	20.00
25	21.08
50	21.08
100	22.42
125	23.08
150	21.42
175	18.58
200	13.17
300	8.75
400	9.08
500	7.08
L.S.D (0.05)	1.13

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو تراكيز مختلفة من حامض البوريك (0.001 - 500) مايكروغرام/ مل لمدة 24 ساعة ثم نقلت العُقل إلى البورون بتركيز 5 مايكروغرام/مل لمدة 6 أيام بعدها حسب معدل عدد الجذور في العقلة الواحدة.

3-1-4 - تأثير البورون السام في محتوى الكلوروفيل

يشير الجدول (7) الى أن تأثير ظاهرة التسمم بالبورون في محتوى الأوراق من صبغة الكلوروفيل كمؤشر لضرر الإجهاد، حيث أدى إجهاد البورون إلى انخفاض محتوى الأوراق من الكلوروفيل ومعنوياً عن عينات السيطرة(المعاملة بالماء المقطر) التي كان معدل محتواها من الكلوروفيل (2.134 ، 5.522 و Spad 3.074) لكل من الماش والخيار والطماطة ،على التوالي في حين كان محتوى أوراق العُقل المعاملة بالبورون السام 1.058، 2.52 و 1.71 لكل من الماش والخيار والطماطة ونسبة انخفاض 50.42% ، 54.27% و 44.37% ،على التوالي.

جدول (7): تأثير التركيز السام من البورون في المحتوى الكلوروفيل لعقل الماش ، الخيار والطماطة.

L.S.D(0.05)	Toxic boron	Control	النوع النباتي
0.07	1.058	2.134	الماش
0.18	2.525	5.522	الخيار
0.03	1.71	3.074	الطماطة

تمت معاملة العقل مباشرة بالماء المقطر أو بالتراكيز السامة من البورون لمدة 24 ساعة بعدها قدر محتوى الأوراق الأولية من الكلوروفيل في العقلة الواحدة

4-1-4 تأثير البورون السام في الوزن الطري للعقل

بيّنت النتائج الموضحة في الجدول (8) انخفاض الوزن الطري لعقل الماش ، الخيار والطماطة المعاملة بتركيز 200 ، 300، 400 مايكروغرام /مل البورون (التركيز السام) حيث سجلت (0.175، 0.167، 0.115) غم ، على التوالي وبنسبة انخفاض (16.66% ، 27.39% ، 10.15%) مقارنة بمعدل الوزن الطري للعقل المعاملة بالماء المقطر (0.210 ، 0.230 ، 0.128) غم ، على التوالي، فكان الانخفاض معنوياً من الناحية الإحصائية على مستوى الاحتمالية 0.05 بالنسبة إلى الماش والخيار وغير معنوياً بالنسبة إلى الطماطة.

جدول (8): تأثير التركيز السام من البورون في الوزن الطري (غم) لعقل الماش ، الخيار والطماطة

L.S.D	Toxic boron	Control	النوع النباتي
0.029	0.175	0.210	الماش
0.047	0.167	0.230	الخيار
NS	0.115	0.128	الطماطة

تمت معاملة العقل مباشرة بالماء المقطر أو بالتراكيز السامة من البورون لمدة 24 ساعة ثم بعدها حسب معدل الوزن الطري في العقلة الواحدة.

5-1-4 تأثير البورون السام في الوزن الجاف للعقل

يبين الجدول (9) ان البورون السام سبب انخفاض معنوي في الوزن الجاف لعقل الماش والخيار والطماطة المعاملة بالتراكيز 200 ، 300 و 400 مايكروغرام/مل لمدة 24 ساعة بمقارنة بالوزن الجاف لعقل غير مجهد (معاملة السيطرة 24 ساعة ماء مقطر). حيث كانت القيمة الاوطا (0.0035) غم متمثلة بالانواع المتحملة (الطماطة) ونسبة انخفاض 62.8% عن الماش (الحساس).

جدول (9) تأثير التركيز السام من البورون في الوزن الجاف (غم) لعقل الماش ، الخيار والطماطة

L.S.D	Toxic boron	Control	النوع النباتي
0.0028	0.011	0.020	الماش
0.0034	0.0105	0.0157	الخيار
N.S	0.0035	0.0049	الطماطة

تمت معاملة العقل مباشرة بالماء المقطر أو بالتركيز السامة من البورون لمدة 24 ساعة ثم جففت لحين ثبوت الوزن بعدها حسب معدل الوزن الجاف في العقلة الواحدة

4-1-6 تأثير البورون السام في المساحة الورقية

تشير النتائج الموضحة في الجدول (10) إلى قياس المساحة الورقية للأوراق الابتدائية لعقل الماش والخيار والطماطة حيث لوحظ انخفاض المساحة الورقية بالنسبة لأوراق العقل المعرضة للتركيز السامة من البورون (200،300،400)، على التوالي حيث كانت المساحة الورقية للعقل (1.59، 2.45، 1.42) سم²، على التوالي وبنسبة انخفاض 25.70 و 29.19 و 30.04%، على التوالي.

جدول (10): تأثير التركيز السام من البورون في المساحة الورقية لأوراق الابتدائية لعقل الماش ، الخيار والطماطة

L.S.D(0.05)	Toxic boron	Control	النوع النباتي
0.024	1.59	2.14	الماش
0.67	2.45	3.46	الخيار
0.55	1.42	2.03	الطماطة

تمت معاملة العقل مباشرة بالماء المقطر أو بالتركيز السامة من البورون لمدة 24 ساعة ثم قيست المساحة الورقية للأوراق الابتدائية للعقل.

4-1-7 تأثير البورون السام في معدل النتح

يشير الجدول (11) إلى تأثير البورون السام في معدل النتح ، حيث كان 18.39 ، 13.80 و 12.95 مايكروليتر لكل من الماش، الخيار والطماطة (عينة السيطرة) أما عقل النباتات المعاملة بالتركيز السام من البورون قد انخفض معدل النتح إلى 7.43 ، 6.78 و 5.91 مايكروليتر لعقل كل من الماش، الخيار والطماطة وكان الانخفاض معنوياً بالمقارنة بعينة السيطرة وبنسبة مئوية (59.59 ، 50.86 و 53.84)%، على التوالي.

جدول (11): تأثير التركيز السام من البورون في معدل النتج ($\mu\text{l/cutting/h}$) لعقل الماش ، الخيار والطماطة

L.S.D	Toxic boron	Control	النوع النباتي
2.404	7.43	18.39	الماش
1.186	6.78	13.80	الخيار
2.575	5.91	12.95	الطماطة

حسب معدل النتج في العُقل الطرية بعد أخذها مباشرة من البادرات حيث جهزت بكل من الماء المقطر أو البورون السام لكل نوع نباتي لمدة 24 ساعة .

8-1-4 شدة الإجهاد

تبين النتائج في الجدول (12) ان شدة الإجهاد للبورون السام في بادرات الأنواع الثلاثة قد كانت 0.454 ، 0.327 ، 0.0192 والعقل 0.478 ، 0.428 و 0.1235 الماش، الخيار والطماطة على التوالي. حيث سُجلت أعلى شدة إجهاد في عُقل الماش وذلك لكونه من النباتات الحساسة للبورون والعكس صحيح بالنسبة للطماطة ، فسجلت اقل شدة إجهاد عليها لكونها من النباتات المتحملة للبورون أما بالنسبة إلى الخيار فقد كانت حالة وسطية بين الماش الحساس والطماطة المتحمل لكونه معتدل التحمل للبورون. ويبدو ان السياق ذاته قد أنطبق على البادرات ولكن بقيم أقل من العقل.

جدول (12):شدة الإجهاد للتركيز السام من البورون في بادرات وعقل الماش ، الخيار والطماطة

Cuttings	Seedlings	النوع النباتي
0.478	0.454	الماش
0.428	0.327	الخيار
0.123	0.019	الطماطة
0.078	0.052	L.S.D

تمت معاملة العُقل مباشرة والبادرات بالماء المقطر أو تراكيز السامة من البورون لمدة 24 ساعة بعدها جففت العُقل كاملة ثم أخذ الوزن الجاف وحسبت شدة الاجهاد

9-1-4 دليل التحمل

وتشير نتائج الجدول (13) إلى دليل تحمل إجهاد البورون للبادرات وعُقل النباتات الثلاث ، فقد ارتفعت قيمة تحمل الإجهاد في الخيار عما هو عليه في الماش (الحساس). وكان أعلى دليل تحمل في بادرات وعقل الطماطة 0.980 و 0.876 ، على التوالي. كشفت الطماطة اقل شدة إجهاد وأعلى دليل تحمل في حين أعطت بادرات وعُقل الماش أعلى شدة إجهاد وأقل دليل تحمل 0.548 و 0.520 بينما بادرات وعقل الخيار فكان حالة وسطية بين الماش الحساس والطماطة المتحمل لإجهاد البورون.

جدول (13): دليل التحمل للتركيز السام من البورون لبادرات وعقل الماش ، الخيار والطماطة

النوع النباتي	Cutting	Seedling
Mung bean	0.520	0.548
Cucumber	0.570	0.672
Tomato	0.876	0.980
L.S.D (0.05)	0.003	0.020

تمت معاملة العقل مباشرة بالماء المقطر أو تراكيز السامة من البورون لمدة 24 ساعة بعدها جففت العقل كاملة ثم أخذ الوزن الجاف وحسب معامل التحمل

10-1-4- تحديد ملح الزنك الأفضل والتركيز الأمثل من الملح

10-1-4-1- تحديد ملح الزنك الأفضل والتركيز الأمثل من الملح لعقل الماش

10-1-4-1-1- تحديد التركيز الأمثل من كبريتات الزنك لعقل الماش

يبين الجدول (14) تأثير تراكيز مختلفة من كبريتات الزنك ($ZnSO_4 \cdot 5H_2O$) في استجابة التجذير لعقل الماش الطرية المأخوذة من البادات النامية في الضوء لمدة عشرة أيام حيث كشفت عقل السيطرة (المعاملة بالماء المقطر) عن (9.83) جذراً، ويلاحظ زيادة استجابة التجذير بشكل تصاعدي مع زيادة تركيز كبريتات الزنك من 0.1 إلى 15 التي سجلت أعلى استجابة تجذير وكشفت 12.25 وبنسبة زيادة 24.61% أما التراكيز التي الأعلى من 15 سجلت استجابة تجذير مقاربة إلى معاملة السيطرة أو أقل منها باستثناء التركيز 100 جزء بالمليون فقد سبب تثبيط في استجابة التجذير بأكثر من 60% عن السيطرة وأخيراً فقد أعتمد التركيز 15 جزء بالمليون من كبريتات الخارصين على أنه التركيز الأمثل واستعمل في التجارب اللاحقة.

جدول (14) : تحديد تركيز كبريتات الزنك الأمثل (جزء بالمليون) بدلالة استجابة التجذير في عُقل الماش

ZnSO ₄ conC. ppm	Mean Root number /cutting
0.0	9.83
0.1	10.48
1	10.63
5	10.42
10	11.06
15	12.25
20	9.00
25	8.42
50	7.17
100	3.50
L.S.D (0.05)	0.37

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو بتركيز مختلفة من كبريتات الزنك (0.1 - 100) جزء بالمليون لمدة 24 ساعة ثم نقلت العُقل إلى البيورون بتركيز 5µg/ml لمدة 6 أيام بعدها حسب معدل عدد الجذور في العقلة الواحدة.

2-1-10-1-4 تحديد التركيز الأمثل من نترات الزنك لعقل الماش

يشير الجدول (15) إلى تأثير تراكيز مختلفة من نترات الزنك في استجابة تجذير لعقل الماش حيث كشف عُقل السيطرة (9.75) جذراً في العقلة الواحدة. أما عُقل المعاملة بتركيز مختلفة من نترات الزنك لمدة 24 ساعة فقد كانت الاستجابة تحفيزية وبشكل خطي مع زيادة التركيز الملح وأعلى معدل للجذور كان عند التركيز (20) جزء بالمليون إذ كشفت (11.50) جذراً. كما أن بقية التراكيز والتي هي أعلى من 20 فكانت جميعها مثبثة لمعدل الجذور وأقلها كان عند التركيز 100 جزء بالمليون (4.33) جذر.

جدول (15) : تحديد تركيز نترات الزنك الأمثل (جزء بالمليون) بدلالة استجابة التجذير في عقل الماش

ZnNO ₄ conC. ppm for 24 h	Mean Root number /cutting
0.0	9.75
0.1	10.33
1	11.00
5	10.67
10	10.50
15	10.75
20	11.50
25	9.33
50	6.67
100	4.33
L.S.D (0.05)	0.37

تمت معاملة العقل مباشرة بالماء المقطر أو بتركيز مختلفة من نترات الزنك (0.1 - 100) جزء بالمليون لمدة 24 ساعة ثم نقلت العقل إلى البورون بتركيز 5µg/ml لمدة 6 أيام بعدها حسب معدل عدد الجذور في العقلة الواحدة.

4-1-10-3 تحديد التركيز الأمثل من كلوريد الزنك لعقل الماش

يشير الجدول (16) إلى تأثير تراكيز مختلفة من ملح كلوريد الزنك في استجابة التجذير لعقل الماش حيث كشفت عقل السيطرة المعاملة بالماء المقطر (8.83) جذراً أما العقل المعاملة بتركيز مختلفة من كلوريد الزنك لمدة 24 ساعة فالتركيز الأوطأ (0.1) جزء بالمليون كان غير مؤثراً والتركيز (1،5،10) جزء بالمليون كانت محفزة لاستجابة التجذير وكانت الاستجابة الأعلى هي في التركيز 10 جزء بالمليون في حين التراكيز الأعلى من 10 جزء بالمليون كانت مثبطة لاستجابة التجذير وبشكل خطي مع زيادة التركيز وصولاً إلى التركيز 100 جزء بالمليون الذي ثبتت استجابة التجذير بالكامل. وأخيراً فإن كبريتات الزنك كانت هي الملح الأفضل وذلك لتكشفها أعلى استجابة تجذير (12.25) جذر عند التركيز 15 جزء بالمليون ولهذا اعتمدت كبريتات الزنك في التركيز 15 جزء بالمليون في تجارب معالجة سمية البورون لعقل الماش.

جدول (16) : تحديد تركيز كلوريد الزنك الأمثل (جزء بالمليون) بدلالة استجابة التجذير في عُقل الماش

ZnCl ₂ conC. ppm	Mean Root number /cutting
0.0	8.83
0.1	8.83
1	9.58
5	10.08
10	10.33
15	8.25
20	6.08
25	6.50
50	3.33
100	0.00
L.S.D (0.05)	0.27

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو بالتراكيز مختلفة من كلوريد الزنك (0.1-100) جزء بالمليون لمدة 24 ساعة ثم نقلت العُقل إلى البورون بتركيز 5µg/ml لمدة 6 أيام بعدها حسب معدل عدد الجذور في العقلة الواحدة.

4-10-1-2- تحديد ملح الزنك الأفضل والتركيز الأمثل من الزنك لعقل الخيار

4-10-1-2-1- تحديد التركيز الأمثل من كبريتات الزنك لعقل الخيار

يشير الجدول (17) إلى تأثير تراكيز مختلفة من الزنك بهيئة ZnSO₄ في استجابة تجذير عُقل الخيار الطرية النامية في الضوء لمدة عشرة أيام. حيث كشفت عُقل عينة السيطرة (المعاملة بالماء المقطر) 19.42 جذراً في العقلة الواحدة. أما العُقل المعاملة بتراكيز مختلفة من كبريتات الزنك (0.1,1,5,10,15,20,25,50,100) جزء بالمليون فقد كشفت عدداً من الجذور وهي كالاتي : (8.08, 17.33, 8.17, 20.58, 21.50, 26.25, 21.67, 20.33, 21.08) جذراً ،على التوالي وكانت التراكيز الواطئة مؤثرة في زيادة استجابة التجذير والاستجابة الأفضل كانت في التركيز 10 جزء بالمليون إذ أعطت 26.25 وبنسبة زيادة 35.16% عن معاملة المقارنة في حين جاءت التراكيز التي هي أكثر بقليل من 10 جزء بالمليون ذات معدلات مقاربة لما سجل في التراكيز التي أقل من 10 جزء بالمليون وان زيادة التركيز من 25 صعوداً إلى 100 جزء بالمليون فقد كانت ذات تأثير سام في مؤشرات النمو في عُقل الخيار وأقل معدل فقد كان في التركيز 100 جزء بالمليون (8.08) جذر.

جدول (17) : تحديد تركيز كبريتات الزنك الأمثل (جزء بالمليون) بدلالة استجابة التجذير في عُقل الخيار

ZnSO ₄ conC. ppm	Mean Root number /cutting
0.0	19.42
0.1	21.08
1	20.33
5	21.67
10	26.25
15	21.50
20	20.58
25	17.33
50	8.17
100	8.08
L.S.D (0.05)	0.80

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو بتركيز مختلفة من كلوريد الزنك (0.1 - 100) جزء بالمليون لمدة 24 ساعة ثم نقلت العُقل إلى البورون بتركيز 5µg/ml لمدة 6 أيام بعدها حسب معدل عدد الجذور في العقلة الواحدة.

4-1-10-2-2 تحديد التركيز الأمثل من نترات الزنك لعقل الخيار

تم دراسة تأثير نترات الزنك ZnNO₃ في استجابة تجذير عُقل المأخوذة من البادرات النامية في محلول هوكلاند بنصف القوة لمدة عشرة أيام حيث تم تجهيزها قاعدياً للعقل بتركيز مختلفة من 0.1 إلى 100 جزء بالمليون. وقد أظهرت النتائج الموضحة في الجدول (18) أن التركيز 5 جزء بالمليون أعطى أعلى استجابة تجذير 20.92 جذرا وان التراكيز من 15 إلى 100 جزء بالمليون فقد كانت مثبطة لاستجابة التجذير .

جدول (18) : تحديد تركيز نترات الزنك الأمثل (جزء بالمليون) بدلالة استجابة التجذير في عُقل الخيار

ZnNO ₄ conC. ppm	Mean Root number /cutting
0.0	17.92
0.1	20.58
1	20.67
5	20.92
10	19.08
15	16.25
20	14.50
25	13.75
50	9.08
100	7.33
L.S.D (0.05)	0.86

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو بتركيز مختلفة من كلوريد الزنك (0.1- 100) جزء بالمليون لمدة 24 ساعة ثم نقلت العُقل إلى البورون بتركيز 5µg/ml لمدة 6 أيام بعدها حسب معدل عدد الجذور في العقلة الواحدة.

4-10-2-3- تحديد التركيز الأمثل من كلوريد الزنك لعُقل الخيار

تم دراسة تأثير ملح كلوريد الزنك ZnCl₂ في معدل عدد الجذور العرضية باستعمال تراكيز مختلفة من كلوريد الزنك وقد تبين من النتائج الموضحة في الجدول (19) ان التركيز 1 جزء بالمليون كشف أعلى استجابة 21.67 جذراً/عقلة وبفارق إحصائي. أما التراكيز الأعلى من 1 جزء بالمليون فقد خفضت معدل عدد الجذور العرضية وكان الانخفاض معنوياً من الناحية الإحصائية وان التركيز 100 جزء بالمليون كان مثبّطاً بالكامل لاستجابة التجذير. ومن الجدول (17) أن التركيز 10 جزء بالمليون من كبريتات الزنك أعطت أعلى استجابة تجذير وبنسبة زيادة 35.16% اعتبار السيطرة هي 100% أما النترات وبالتركيز 5 فقد كانت نسبة الزيادة 16.74% وفي كلوريد الزنك وعند التركيز 1 جزء بالمليون وبنسبة زيادة 12.11% لهذا فاعتبرت كبريتات الزنك هي الأفضل ما بين الأملاح وبالتركيز 10 الذي اعتمد في تجارب معالجة سُمية البورون في الخيار.

جدول (19) : تحديد تركيز كلوريد الزنك الأمثل (جزء بالمليون) بدلالة استجابة التجذير في عُقل الخيار

ZnCl ₂ conC. ppm	Mean Root number /cutting
0.0	19.33
0.1	20.42
1	21.67
5	18.83
10	18.17
15	13.00
20	9.50
25	7.00
50	4.00
100	0.00
L.S.D (0.05)	0.97

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو بتركيز مختلفة من كلوريد الزنك (0.1-100) جزء بالمليون لمدة 24 ساعة ثم نقلت العُقل إلى البورون بتركيز 5µg/ml لمدة 6 أيام بعدها حسب معدل عدد الجذور في العقلة الواحدة

4-10-3- تحديد ملح الزنك الأفضل والتركيز الأمثل من الزنك لعقل الطماطة

4-10-3-1 تحديد التركيز الأمثل من كبريتات الزنك لعقل الطماطة

يشير الجدول (20) إلى تأثير كبريتات الزنك في استجابة تجذير عُقل الطماطة المأخوذة من بادرات النامية في محلول هوجلاند بنصف القوة المجهزة قاعدياً بتركيز مختلفة في كبريتات الزنك. وقد أظهرت النتائج أن زيادة تركيز كبريتات الزنك من (0.1) إلى (10) جزء بالمليون لم تؤثر معنوياً في معدل عدد الجذور العرضية أما التركيز (15 جزء بالمليون) حقق أعلى معدل للجذور العرضية بلغ (41.83) جذراً وبضعف عدد الجذور في معاملة السيطرة، أما التراكيز العالية من (25) إلى (100) جزء بالمليون فكانت مثبتة لمعدل الجذور وبشكل معنوي.

جدول (20) : تحديد تركيز كبريتات الزنك الأمثل (جزء بالمليون) بدلالة استجابة التجذير في عُقل الطماطة

ZnSO ₄ conC. ppm	Mean Root number /cutting
0.0	20.75
0.1	22.83
1	22.91
5	23.66
10	26.41
15	41.83
20	23.58
25	14.25
50	10.66
100	6.83
L.S.D (0.05)	5.90

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو بتركيز مختلفة من كلوريد الزنك (0.1 - 100) جزء بالمليون لمدة 24 ساعة ثم نقلت العُقل إلى البورون بتركيز 5µg/ml لمدة 6 أيام بعدها حسب معدل عدد الجذور في العقلة الواحدة

2-3-10-1-4 - تحديد التركيز الأمثل من نترات الزنك لعقل الطماطة

يشير الجدول (21) إلى تأثير نترات الزنك في استجابة التجذير لعقل الطماطة المأخوذة من بادرات النامية في محلول هوكلاند بنصف القوة وقد أظهرت النتائج إلى أن التراكيز الواطئة والمحصورة بين (1-0.1) جزء بالمليون كانت غير مؤثرة في زيادة استجابة التجذير للعقل بينما التركيز 5، 10، 15 فقد كانت مؤثرة في زيادة استجابة التجذير وبشكل معنوي بالنسبة إلى السيطرة كان التركيز 10ppm الأكثر تحفيزاً لتكثف الجذور (33.5) جذر/عقلة أما التراكيز من (20) إلى (100) فكانت مثبطة لمعدل عدد الجذور وبفارق إحصائي وأقل عدداً كان عند التركيز 100 جزء بالمليون إذ كشف 12 جذر/عقلة.

جدول (21) : تحديد تركيز نترات الزنك الأمثل بدلالة (جزء بالمليون) استجابة التجذير في عقل الطماطة

ZnSO ₄ conC. ppm	Mean Root number /cutting
0.0	21.25
0.1	24.58
1	25.41
5	31.33
10	33.5
15	29.08
20	19.5
25	18.08
50	14.33
100	12
L.S.D (0.05)	5.75

تمت معاملة العقل مباشرة بالماء المقطر أو بتراكيز مختلفة من كلوريد الزنك (0.1- 100) جزء بالمليون لمدة 24 ساعة ثم نقلت العقل إلى البورون بتركيز 5µg/ml لمدة 6 أيام بعدها حسب معدل عدد الجذور في العقلة الواحدة

3-3-10-1-4 - تحديد التركيز الأمثل من كلوريد الزنك لعقل الطماطة

تم دراسة تأثير ملح كلوريد الزنك في معدل الجذور العرضية باستخدام تراكيز مختلفة من كلوريد الزنك المجهزة قاعدياً إلى العقل، وقد تبين أن النتائج الموضحة بالجدول (22) أن التركيز (0.1) جزء بالمليون قد كشف أعلى معدل لعدد الجذور وبفارق غير إحصائي عن السيطرة أما التراكيز من (5) إلى (25) فكانت جميعها مثبطة لعدد الجذور. أما التراكيز 50 و100 فقد كانت مثبطة للتجذير بالكامل. من خلال الجدول (25) لوحظ أن أعلى معدل للجذور كان لكبريتات الزنك وعند التركيز (15) جزء بالمليون) والذي كشف ضعف مقارنة بالسيطرة وبنسبة زيادة (101.59%) ، في حين نترات الزنك كشفت نسبة زيادة قدرها (57.64%) أما كلوريد الزنك كان بنسبة زيادة أقل (3.56%) لذا فاعتمدت كبريتات الزنك وبتركيز (15 جزء بالمليون) لمعالجة سمية البورون في عقل الطماطة.

جدول (22) : تحديد تركيز كلوريد الزنك الأمثل (جزء بالمليون) بدلالة استجابة التجذير في عُقل الطماطة

ZnSO ₄ conC. ppm	Mean Root number /cutting
0.0	18.5
0.1	19.16
1	16.66
5	14.25
10	14.58
15	10.58
20	7.66
25	3.75
50	0
100	0
L.S.D (0.05)	3.21

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو بتركيز مختلفة من كلوريد الزنك (0.1-100) جزء بالمليون لمدة 24 ساعة ثم نقلت العُقل إلى البورون بتركيز 5µg/ml لمدة 6 أيام بعدها حسب معدل عدد الجذور في العُقلة الواحدة.

11-1-4 تأثير الزنك Zn في إزالة سُمية البورون B في عُقل الماش

يوضح الجدول (23) تأثير الزنك في سُمية البورون عندما يجهز الزنك قبل وبعد وسوياً مع البورون في أن واحد في معدل عدد الجذور العرضية المتكشفة في عُقل الماش الطرية المعاملة بالماء المقطر (السيطرة) 11.83 جذراً. وعند تجهيز كبريتات الزنك بتركيز 15 جزء بالمليون والبورون بتركيز 200 مايكروغرام السام على أفراد لمدة 24 ساعة فكانت ذات دور تحفيزي فقد أعطت 13.00 جذراً ، في حين البورون السام كان مثبطاً وبفارق إحصائي 6.41 جذر. ومن جانب آخر فإن تجهيز الزنك لمدة 12 ساعة الأولى قبل البورون لمدة 12 ساعة الثانية أو بالعكس فقد كان محفزا بشكل معنوي بالنسبة للسمية ، بينما تجهيز العُقل بالبورون والزنك في آن واحد لم يتسبب في إزالة سُمية البورون بدلالة استجابة التجذير. لذلك يمكن الاستنتاج : إزالة تامة لسُمية البورون لعُقل الماش عند تجهيز كبريتات الزنك قبل البورون Pre – application بدلاً من تجهيز كبريتات الزنك بعد البورون Post – application أو تجهيزه في آن واحد Simultaneously.

جدول (23): أستجابة التجذير لعقل الماش المعالجة بالزنك

Treatment with :	Mean Root number
d.w for 24h	11.83
ZnSO ₄ 15 ppm for 24h	13.00
B 200 µg/ml for 24h	6.41
ZnSO ₄ 15 ppm for 12h→B 200 µg/ml for 12h	12.41
B 200 µg/ml for 12h→ ZnSO ₄ 15 ppm for 12h	8.16
ZnSO ₄ 15 ppm +B 200 µg/ml for 24h	8.66
L.S.D (0.05)	2.565

تمت معاملة العقل مباشرة بالماء المقطر أو بالتركيز الأمثل من كبريتات الزنك (15 جزء بالمليون)، لمدة 24 ساعة ثم نقلت إلى وسط التجذير 5µg/m لمدة 6 أيام، أو التركيز السام من B (200 مايكروغرام/مل) لمدة 24 ساعة، معاملة العقل 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون، معاملة العقل 12 ساعة بالبورون وبعدها 12 ساعة بالزنك، البورون السام سوياً مع التركيز الأمثل من الزنك، ثم نقلت إلى الماء المقطر لمدة 6 أيام، بعدها حسبت معدلات عدد الجذور/عقلة

12-1-4 تأثير الزنك Zn في إزالة سُمية البورون B في عقل الخيار

يشير الجدول (24) إلى تأثير كبريتات الزنك عندما تجهز قبل وبعد وسوية مع B السام في أن واحد في تجذير عقل الخيار، حيثُ كشفتُ المعاملة بالماء المقطر 21.66 جذراً في العقلة الواحدة. كما إن تجهيز ZnSO₄ و B على انفراد خلال 24 ساعة الأولى كانت ZnSO₄ ذات تأثير تحفيزي (23.58) بالنسبة للبورون السام فقد كان ذات تأثير مثبط (11.33). إن تجهيز كبريتات الزنك (خلال 12 ساعة الأولى) قبل B (خلال 12 ساعة الثانية) أو العكس أي بعد إلى B السام كان مؤثراً معنوياً في حالة تجهيزه قبل B (22.25) جذر بينما مثبط معنوياً في حالة تجهيز بعد B (13.41) جذر مقارباً لعدد الجذور في البورون السام في الحالتين لم تصل استجابة التجذير إلى مستواها في (السيطرة). ومن جانب آخر، فعند تجهيز كبريتات الزنك مع تركيز البورون السام سوية في أن واحد لمدة 24 ساعة فقد تسبب في إزالة سُمية الـ B من خلال عدد الجذور التي تكشفت 19.08 جذر والتي لم تختلف إحصائياً عن عدد الجذور العرضية في عقل السيطرة. إذن تقوم كبريتات الزنك بإزالة سُمية البورون عندما تجهز قبل البورون Pre-treatment بدلاً من بعده post-treatment و/أو عندما يجهز آنياً Simultaneously.

جدول (24): استجابة التجذير للعقل الخيار والمعالجة بالزنك

Treatment with:	Mean Root number /cutting
d.w for 24h	21.66
ZnSO ₄ 10 ppm for 24h	23.58
B 200 µg/ml for 24h	11.33
ZnSO ₄ 10ppm for 12h→B 300 µg/ml for 12h	22.25
B 300 µg/ml for 12h→ ZnSO ₄ 10 ppm for 12h	13.41
ZnSO ₄ 10 ppm +B 300 µg/ml for 24h	19.08
L.S.D (0.05)	4.700

تمت معاملة العقل مباشرة بالماء المقطر أو بالتركيز الأمثل من كبريتات الزنك (10ppm)، لمدة 24 ساعة ثم نقلت إلى وسط التجذير 5µg/ml لمدة 6 أيام أو التركيز السام من B (300µg/ml) لمدة 24 ساعة، معاملة العقل 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون، معاملة العقل 12 ساعة بالبورون وبعدها 12 ساعة بالزنك، البورون السام سوية مع التركيز الأمثل من الزنك، ثم نقلت إلى الماء المقطر لمدة 6 أيام، بعدها حسبت معدلات عدد الجذور / عقلة

13-1-4- تأثير الزنك Zn في إزالة سُمية البورون B في عقل الطماطة

يلاحظ من النتائج الواردة في الجدول (25) بأن معاملة عقل الطماطة لمدة 24 ساعة بالماء المقطر قد كشفت (25.41 جذراً) كما أن تجهيز ZnSO₄ و B على انفراد خلال 24 ساعة، كانت ZnSO₄ ذات تأثير تحفيزي (33.16) وبالنسبة للبورون السام فقد كان ذات تأثير مثبط (11.33) وكلاهما معنوي من الناحية الإحصائية. من جانب آخر فإن تجهيز الزنك خلال 12 ساعة الأولى قبل البورون خلال 12 ساعة الثانية أو بعكس فقد كان محفزاً في الحالة الأولى 27.5 جذراً بشكل أفضل مما هو مسجل في السيطرة، أما تجهيز البورون خلال 12 ساعة الأولى قبل الزنك خلال 12 ساعة الثانية فقد كان مثبطاً لعدد الجذور بمقارنة بالسيطرة بينما تجهيز العقل بالبورون والزنك في آن واحد لم يتسبب في إزالة سُمية البورون بدلالة استجابة التجذير لذا يمكن الاستنتاج بان إزالة تامة لسمية البورون تحصل في عقل الطماطة فقط عندما تجهز كبريتات الزنك قبل البورون Pre –application وبذلك اعتمدت معاملة التجهيز المسبق لكبريتات الزنك في معالجة سُمية البورون في كل من الماش والخيار والطماطة.

جدول (25): استجابة التجذير للعقل الطماطة والمعالجة بالزنك

Treatment with	Mean Root number /cutting
d.w for 24h	25.41
ZnSO ₄ 15 ppm for 24h	33.16
B 400 µg/ml for 24h	11.33
ZnSO ₄ 15 ppm for 12h→B 400 µg/ml for 12h	27.5
B 400 µg/ml for 12h→ ZnSO ₄ 15 ppm for 12h	14.25
ZnSO ₄ 15 ppm +B 400 µg/ml for 24h	17.66
L.S.D(0.05)	4.726

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو بالتركيز الأمثل من كبريتات الزنك (15ppm) ، لمدة 24 ساعة ثم نقلت إلى وسط التجذير 5µg/ml لمدة 6 أيام، أو التركيز السام من B (400µg/ml) لمدة 24 ساعة، معاملة العُقل 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون، معاملة العُقل 12 ساعة بالبورون وبعدها 12 ساعة بالزنك، البورون السام سوية مع التركيز الأمثل من الزنك ، ثم نقلت إلى الماء المقطر لمدة 6 أيام ، بعدها حسبت معدلات عدد الجذور/عُقلة

2-4- التجارب الكميوحوية

2-4-1- تأثير البورون السام في الأغشية

2-4-1-1- تأثير البورون السام في ضرر الغشاء البلازمي لعُقل الماش

يشير الجدول (26) إلى أن النسبة المئوية الضرر النسبي للغشاء البلازمي المتسبب عن البورون بدلالة EC لخلايا أنسجة الورقة حيث بلغت نسبة الضرر 45.79 % في أوراق العُقل المعاملة بالبورون السام بينما تراجع إلى 34.13 في أوراق البادرات المعاملة بالبورون السام (أي بوجود الجذور) وكانت الزيادة معنوية إحصائياً لكل من العُقل والبادرات عن السيطرة لكل منهما (21.70 و 18.58). ومعاملة المعالجة بكبريتات الزنك لكل من البادرات والعُقل سبب في حصول انخفاض في نسبة الضرر في الغشاء البلازمي من 34.13 و 45.79 في البورون السام إلى 19.52 و 26.63 ، على التوالي حيث أن قيم EC المسجلة في معاملة المعالجة لكل من العُقل والبادرات لم تختلف معنوياً مقارنة بالسيطرة. وبعبارة أخرى فان قيم (EC) في المعالجة بكبريتات الزنك كانت مساوية لقيمتها في السيطرة أي في الماء المقطر.

جدول (26): الضرر النسبي للغشاء البلازمي Electrolytic leakage المتسبب بالبورون السام لعُقل وبادرات الماش والمعالجة بالزنك

Treatment with:	Electrolytic leakage%
Seedling in d.w for 24h	18.58
Cutting in d.w for 24h	21.70
Seedling in B 200 µg/ml for 24h	34.13
Cutting in B 200 µg/ml for 24 h	45.79
Seedling in ZnSO4 15 ppm for 12h→B 200 µg/ml for 12h	19.52
Cutting in ZnSO4 15 ppm for 12h →B 200 µg/ml for 12h	26.63
L.S.D (0.05)	4.91

تمت معاملة العُقل والبادرات مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B (200µg/ml)، لمدة 24 ساعة، معاملة العُقل والبادرات 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون، ثم قطعت الأوراق إلى أقراص بقطر 2mm ونقلت إلى أنابيب اختبار حاوية على ماء خال من الأيونات ووضعت في حاضنة هزازة لمدة 24 ساعة بعدها قيس EC1 ثم نقلت إلى autoclave 120 م° لمدة 20 دقيقة، وقيست التوصيلية الكهربائية مرة ثانية لنفس العينات (EC2) وحسبت النسبة المئوية للنضوح.

4-2-1-2 تأثير البورون السام في ضرر الغشاء البلازمي لعقل الخيار

بيّن الجدول (27) ان البورون السام تسبب في زيادة معنوية بنسبة الضرر في أوراق عُقل وبادرات الخيار من 27.07 و21.80 في الماء المقطر إلى 40.61 و31.09، على التوالي عند المعاملة بالتركيز السام من البورون، أما المعاملة بكبريتات الزنك فقد تسببت في حصول انخفاض معنوي بنسبة مئوية للضرر في الغشاء البلازمي لأنسجة الورقة للعقل 23.27 والبادرات 19.62 وصولاً إلى مستواه في المعاملة بالماء المقطر. من خلال دور الزنك في الحفاظ على سلامة الأغشية الخلوية لأنسجة الورقة بدلالة التوصيلية الكهربائية وحالة النبات (عقله، بادره) تأثيراً معنوياً واضحاً في النسبة المئوية للضرر النسبي للغشاء البلازمي فان البادرات تفوقت معنوياً في خفض نسبة الضرر للغشاء البلازمي على العُقل فقد انخفضت من 31.09 في العُقل إلى 19.62 في البادرات المعالجة بكبريتات الزنك وهذا يعني أن الضرر كان أقل بوجود الجذور.

جدول (27): الضرر النسبي للغشاء البلازمي Electrolytic leakage المتسبب بالبورون السام لعقل وبادرات الخيار والمعالجة بالزنك

Treatment with :	Electrolytic leakage %
Seedling in d.w for 24h	21.80
Cutting in d.w for 24h	27.07
Seedling in B 300 µg/ml for 24h	31.09
Cutting in B 300 µg/ml for 24 h	40.61
Seedling in ZnSO ₄ 15 ppm for 12h→B 300 µg/ml for 12h	19.62
Cutting in ZnSO ₄ 15 ppm for 12h →B 300 µg/ml for 12h	23.27
L.S.D (0.05)	3.31

تمت معاملة العقل والبادرات مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B (300µg/ml) ، لمدة 24 ساعة، معاملة العقل والبادرات 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون، ثم قطعت الأوراق إلى أقراص بقطر 2mm ونقلت إلى أنابيب اختبار حاوية على ماء خالي من الأيونات ووضعت في حاضنة هزازة لمدة 24 ساعة بعدها قيس EC1 ثم نقلت إلى autoclave 120م لمدة 20 دقيقة، وقيست التوصيلية الكهربائية مرة ثانية لنفس العينات (EC2) وحسبت النسبة المئوية للنضوح .

3-1-2-4 - تأثير البورون السام في ضرر الغشاء البلازمي لعقل الطماطة

وتشير النتائج المبينة في الجدول (28) وجود الجذور قد خفض معنوياً نسبة الضرر لخلايا الأوراق في البادرات عند تعرضها إلى البورون السام مقارنة بالعقل المعرضة إلى المستوى نفسه من 39.02 في حالة العقل إلى 32.29 في البادرات. ولم تختلف نسبة الضرر للبادرات والعقل في معاملة المعالجة بكبريتات الزنك للحفاظ على سلامة الأغشية البايولوجية (أي حالة إزالة السمية) 29.58 و 29.82 ، على التوالي وهي لم تختلف معنوياً عن معاملة المقارنة (السيطرة) 28.63 . و 29.42 للبادرات والعقل ، على التوالي أي أن كبريتات الزنك كان لها دور مماثل إلى دور الجذور في تقليل نسبة الضرر في خلايا الأنسجة الأوراق المتحملة لسمية البورون.

جدول(28): الضرر النسبي للغشاء البلازمي Electrolytic leakage المتسبب بالبورون السام للعقل وبادرات الطماطة والمعالجة بالزنك

treatment	Electrolytic leakage %
Seedling in d.w for 24h	28.63
Cutting in d.w for 24h	29.42
Seedling in B 400 µg/ml for 24h	32.29
Cutting in B 400 µg/ml for 24 h	39.02
Seedling in ZnSO ₄ 15 ppm for 12h→B 400 µg/ml for 12h	29.58
Cutting in ZnSO ₄ 15 ppm for 12h →B 400 µg/ml for 12h	29.82
L.S.D (0.05)	3.053

تمت معاملة العقل والبادرات مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B (400µg/ml) ، لمدة 24 ساعة، معاملة العقل والبادرات 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون، ثم قطعت الأوراق إلى أقراص بقطر 2mm ونقلت إلى أنابيب اختبار حاوية على ماء خالي من الأيونات وضعت في حاضنة هزازة لمدة 24 ساعة بعدها قيس EC1 ثم نقلت إلى autoclave 120م لمدة 20 دقيقة، وقيست التوصيلية الكهربائية مرة ثانية لنفس لعينات (EC2) وحسبت النسبة المئوية للنضوح .

2-2-4 - دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى MDA

1-2-2-4 - دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى MDA في عُقل الماش

أوضحت النتائج المشار إليها في الجدول (29) بان محتوى MDA في أوراق عُقل الماش المأخوذة من بادرات النامية في الضوء المستمر لمدة عشرة أيام والمجهزة بمحلول هوكلاندي بنصف القوة حيث أوضحت أن محتوى MDA في أوراق العُقل المعاملة بالبورون السام قد ازداد إلى (73.64) مايكروغرام/غم نسيج نباتي مقارنة بالعُقل المعاملة بالماء المقطر (29.34) مايكروغرام/غم بفارق إحصائي على مستوى معنوية 0.05 وبنسبة زيادة 151.98%. وبهدف معالجة سُمية البورون بجهاز الزنك قبل البورون السام انخفض محتوى MDA في أوراق العُقل إلى 44.29 ملغم/غم واقترب محتوى MDA من قيمته في عُقل السيطرة مع بقاء الفوارق الإحصائية وهذا ما يشير إلى تثبيط عملية أكسدة دهون الأعشبية الخلوية ومن ثم انخفاض نواتج الأكسدة النهائية للدهون بدلالة MDA .

جدول (29): تأثير سُمية البورون في محتوى MDA لعقل الماش والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment with	mg/g F.W
d.w for 24h	29.34
B 200 µg/ml for 24h	73.64
ZnSO ₄ 15 ppm for 12h→B 200 µg/ml for 12h	44.29
L.S.D (0.05)	14.64

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B (200µg/ml) ، لمدة 24 ساعة ،معاملة العُقل والبادرات 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون ثم قدر MDA.

2-2-2-4 - دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى MDA في عُقل الخيار

يبين الجدول (30) تأثير كبريتات الزنك في تخفيف تأثيرات سُمية البورون في عُقل الخيار من خلال محتوى أوراق العُقل المأخوذة من بادرات نامية في الضوء لمدة عشرة أيام فقد أشارت النتائج إلى أن محتوى MDA في أوراق العُقل المعاملة بالتركيز 300 مايكروغرام/مل من حامض البوريك قد ازداد إلى 22.68 ملغم /غم وزن طري مقارنة بمحتوى أوراق العُقل المعاملة بالماء المقطر 11.66 ملغم /غم وزن طري وهي معنوية من الناحية الإحصائية على مستوى معنوية 0.05 وباستخدام كبريتات الزنك من أجل تخفيف سُمية البورون تم تجهيز عُقل الطماطة بالتركيز الأمثل من كبريتات الزنك 15 جزء بالمليون بدلالة استجابة تجذير عُقل الخيار قبل تجهيز البورون السام فقد انخفض محتوى MDA في أوراق العُقل إلى 11.70 ملغم /غم وزن طري وهذا الانخفاض بنسبة % 48.41 عن محتوى MDA في أوراق عُقل المعاملة بالبورون السام ومن جانب آخر كانت هذه القيمة

مساوية لقيمة MDA في معاملة السيطرة مما يشير إلى دور الزنك في السيطرة على عملية أكسدة الدهون وخفض إنتاج MDA بسبب الحفاظ على سلامة الأغشية البيولوجية.

جدول (30): تأثير سُمية البورون في محتوى MDA لعقل الخيار والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment with	MDA mg/g F.W
d.w for 24h	11.66
B 300 µg/ml for 24h	22.68
ZnSO ₄ 10 ppm for 12h→B 300 µg/ml for 12h	11.70
L.S.D (0.05)	5.706

تمت معاملة العقل مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B (300µg/ml) ، لمدة 24 ساعة ، معاملة العقل والبادرات 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون ثم قدر MDA

3-2-2-4- دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى MDA في عقل الطماطة

أشارت النتائج الموضحة في الجدول (31) إلى إن تجهيز عقل الطماطة بالتركيز السام من حامض البوريك قد زاد من الناتج النهائي لعملية أكسدة الدهون وهو MDA ونسبة زيادة 26.67% (37.61 ملغم /غم وزن طري) مقارنة مع عينة السيطرة (الماء المقطر) (29.69 ملغم /غم وزن طري) وهذه الزيادة غير معنوية إحصائياً أما تجهيز العقل بالـ Zn فقد منع عملية أكسدة الدهون وحافظ على مستوى MDA (26.38 ملغم /غم وزن طري) كما هو عليه في معاملة السيطرة ومنع الزيادة في محتوى MDA بل كانت أقل من السيطرة على الرغم من كونها غير معنوية عندما تجهز B ، حيث إن Zn قد حافظ على معدل اعتيادي لعملية أكسدة الدهون بدلالة محتوى MDA من خلال منع أكسدة الدهون.

جدول (31): تأثير سُمية البورون في محتوى MDA لعقل الطماطة والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment with	MDA mg/g F.W
d.w for 24h	29.69
B 400 µg/ml for 24h	37.61
ZnSO ₄ 15 ppm for 12h→B 400 µg/ml for 12h	26.38
L.S.D (0.05)	N.S

تمت معاملة العقل مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B (400µg/ml) ، لمدة 24 ساعة ، معاملة العقل والبادرات 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون ثم قدر MDA

3-2-4- Zn في إزالة سُمية B بدلالة فعالية إنزيم LOX Lipoxygenase

1-3-2-4 Zn في إزالة سُمية B بدلالة فعالية إنزيم LOX Lipoxygenase في عُقل الماش

يوضح الجدول (32) تأثير إجهاد (سُمية البورون) في فعالية إنزيم LOX في أوراق عُقل الماش والسيطرة عليها بتجهيز كبريتات الزنك قبل التعرض للتركيز سام من البورون. حيث وجد أن التعرض لتركيز البورون السام لوحده أدى إلى حصول زيادة معنوية في فعالية إنزيم LOX لأوراق العُقل 0.224 ملي مول /غم وزن طري بنسبه زيادة 41.77% مقارنة بفعالية الإنزيم في السيطرة 0.158 ملي مول /غم وزن طري وبهدف السيطرة على ظاهرة التسمم بـ B فقد وجد أن $ZnSO_4$ خفضت الزيادة الحاصلة في فعالية إنزيم LOX ويعتبر هذا الانخفاض معنوياً من الناحية الإحصائية على مستوى احتمالية 0.05 مقارنة بالعُقل المعرضة للبورون السام وان هذا الانخفاض وصل إلى مستوى فعالية الإنزيم في العُقل غير المجهدة واختفت الفوارق الإحصائية واستجابت العُقل كما لو كانت عُقل غير مُجهدة أي أن كبريتات الزنك سيطرت على فعالية إنزيم LOX وأوقفت عمليات أكسدة دهون الأغشية التي تحدث خلال الإجهاد.

جدول (32) : تأثير سُمية البورون في فعالية إنزيم (LOX) Lipoxygenase لعُقل الماش والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment with	LOX activity (m mole/gF.W.)
d.w for 24h	0.158
B 200 µg/ml for 24h	0.224
$ZnSO_4$ 15 ppm for 12h→B 200 µg/ml for 12h	0.145
L.S.D (0.05)	0.0293

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر او التركيز السام من B (200µg/ml ، لمدة 24 ساعة ، معاملة العُقل والبادرات 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون ثم قدرت فعالية LOX

2-3-2-4 Zn في إزالة سُمية B بدلالة فعالية إنزيم LOX Lipoxygenase في عُقل الخيار

يوضح الجدول (33) تأثير ظاهرة إجهاد البورون في فعالية إنزيم LOX لأوراق عُقل الخيار والسيطرة عليها بتجهيز كبريتات الزنك بتركيز الأمثل بدلالة التجذير (10 جزء بالمليون)، حيث وجد أن نتيجة لإجهاد البورون حصلت زيادة في فعالية الإنزيم 0.159 مقارنة بالسيطرة 0.140 لكن هذه الزيادة لم تكن معنوية , أما في حالة معالجة العُقل بكبريتات الزنك بهدف السيطرة على عمليات أكسدة دهون الأغشية التي تحصل خلال إجهاد البورون، انخفضت فعالية إنزيم LOX لكن هذا الانخفاض أيضاً غير معنوي عن السيطرة والبورون السام.

جدول (33) تأثير سُمية البورون في فعالية إنزيم Lipoxigenase (LOX) لُغقل الخيار والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment with	LOX activity (m mole/g F.W.)
d.w for 24h	0.140
B 300 µg/ml for 24h	0.159
ZnSO ₄ 10 ppm for 12h→B 300 µg/ml for 12h	0.133
L.S.D (0.05)	N.S.

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B (300µg/ml) ، لمدة 24 ساعة، معاملة العُقل والبادرات 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون ثم قدرت فعالية LOX.

3-3-2-4 دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة فعالية إنزيم Lipoxigenase LOX فـي عُقل الطماطة

يوضح الجدول (34) تأثير ظاهرة التسمم بالبورون في فعالية إنزيم LOX لأوراق عُقل الطماطة المتحمل للبورون حيث أن مستوى فعالية الإنزيم في عُقل السيطرة 0.199 ازدادت إلى 0.218 وإنها غير معنوية مقارنة بالسيطرة وعند تجهيز كبريتات الزنك انخفضت فعالية الإنزيم إلى قيم مقاربة إلى السيطرة 0.196 ومن هذا يمكن الاستنتاج بان فعالية الإنزيم لم تغير معنوياً بالبورون السام والمعالجة بالكبريتات الزنك في عُقل الطماطة المتحملة للبورون.

جدول (34): تأثير سُمية البورون في فعالية إنزيم Lipoxigenase (LOX) لُغقل الطماطة والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment with	LOX activity (m mole/g F.W.)
d.w for 24h	0.199
B 400 µg/ml for 24h	0.218
ZnSO ₄ 15 ppm for 12h→B 400 µg/ml for 12h	0.196
L.S.D (0.05)	N.S.

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B (400µg/ml) ، لمدة 24 ساعة ، معاملة العُقل والبادرات 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون ثم قدرت فعالية LOX

4-2-4 دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى البروتين

1-4-2-4 دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى البروتين في عُقل الماش

بيّن الجدول (35) بأن التركيز السام من البورون خفض محتوى البروتين في أوراق عُقل الماش بما يقارب من النصف بالنسبة العُقل المعاملة بالماء المقطر لمدة 24 ساعة فقد انخفض من 0.6338 ملغم/غم وزن طري إلى 0.3832 ملغم/غم وزن طري. أما عند تجهيز كبريتات الزنك قبل التعرض للتركيز البورون السام (200مايكروغرام/مل)، ومن اجل تخفيف تأثير سُمية البورون فقد ارتفع المحتوى البروتيني إلى 0.5364 ملغم/غم وزن طري وهذه القيمة لا تختلف معنوياً عن قيمة

السيطرة وهذا ما يشير إلى حصول شفاء من سُمية البورون بشكل كامل من خلال الحفاظ على محتوى البروتين في أوراق العُقل.

جدول (35): تأثير سُمية البورون في محتوى البروتين لعُقل الماش والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment with	mg/g F.W
d.w for 24h	0.6338
B 200 µg/ml for 24h	0.3832
ZnSO ₄ 15 ppm for 12h→B 200 µg/ml for 12h	0.5364
L.S.D (0.05)	0.102

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B (200µg/ml) ، لمدة 24 ساعة ، معاملة العُقل 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون ثم قدر البروتين

4-2-4-2-4 دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى البروتين في عُقل الخيار

تشير النتائج الموضحة في الجدول (36) إلى كمية البروتين في عُقل الخيار المعاملة بالماء المقطر والبورون السام والمعالجة بكبريتات الزنك، حيث لوحظ انخفاض معنوي في كمية البروتين عند البورون السام 0.433 ملغم/غم وزن طري وبنسبة مئوية 36.02% مقارنة بعُقل السيطرة. أما بالنسبة إلى العُقل المعالجة بالزنك فقد لوحظ زيادة كمية البروتين في العُقل المعالجة وبفارق إحصائي على مستوى معنوية 0.05 بالمقارنة البورون السام وكذلك هذه القيمة 0.629 ملغم/غم وزن طري لا تختلف معنوياً عن قيمة السيطرة بل تفوقت على كمية البروتين المسجل في السيطرة 0.589 ملغم/غم وزن طري وهذا ما يدل إلى حصول شفاء كامل من سُمية البورون من خلال الحفاظ على المحتوى البروتيني .

جدول (36): تأثير سُمية البورون في محتوى البروتين لعُقل الخيار والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment with	mg/g F.W
d.w for 24h	0.589
B 300 µg/ml for 24h	0.433
ZnSO ₄ 10 ppm for 12h→B 300 µg/ml for 12h	0.629
L.S.D (0.05)	0.137

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B (300µg/ml) ، لمدة 24 ساعة ، معاملة العُقل والبادرات 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون ثم قدر البروتين.

4-3-4-2-4 دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى البروتين في عُقل الطماطة

يشير جدول (37) إلى تأثير التركيز السام من حامض البوريك 400 مايكروغرام/مل والذي حدد من خلال خفض استجابة التجذير في عُقل الطماطة بنسبة 50% على محتوى البروتين في العُقل

والسيطرة على ذلك باستخدام كبريتات الزنك بالتركيز الأمثل 15 جزء بالمليون والذي حدد أيضاً من استجابة التجذير قد بينه الجدول (37). حيث أوضحت النتائج بأن كمية البروتين في عُقل عينة السيطرة (عُقل غير مجهدة) 0.296 ملغم/غم وزن طري، وان العُقل المجهدة بالتركيز السام من البورون فقد انخفضت فيها كمية البروتين إلى (0.273 ملغم/غم وزن طري) هذا الانخفاض غير معنوياً من الناحية الإحصائية على مستوى معنوية 0.05. وعند تجهيز كبريتات الزنك قبل البورون السام بهدف التخفيف أضرار البورون السام في بروتينات الغشاء والمحافظة على تركيبه فقد ارتفعت كمية البروتين إلى (0.288 ملغم/غم وزن طري) وهذا الارتفاع كان مقارباً إلى محتوى السيطرة وبهذا أزيلت التأثيرات الضارة للبورون السام من خلال المعالجة بالزنك.

جدول (37): تأثير سمية البورون في محتوى البروتين لعقل الطماطة والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment with	mg/g F.W
d.w for 24h	0.296
B 400 µg/ml for 24h	0.273
ZnSO ₄ 15 ppm for 12h→B 400 µg/ml for 12h	0.288
L.S.D (0.05)	0.252

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B (400µg/ml) ، لمدة 24 ساعة ، معاملة العُقل والبادرات 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون ثم قدر البروتين

5-2-4 دور Zn في ازالة سُمية B بدلالة محتوى carbohydrate

1-5-2-4 دور Zn في ازالة سُمية B بدلالة محتوى carbohydrate في عُقل الماش

تأثير سُمية B في محتوى أوراق العُقل من الكربوهيدرات والسيطرة عليه باستعمال كبريتات الزنك بالتركيز 15 جزء بالمليون الأمثل بدلالة التجذير قد بينه الجدول (38) حيث أوضحت النتائج بأن البورون السام قد خفض محتوى الكربوهيدرات من 5.51 ملغم/غم وزن طري في عينة السيطرة إلى 4.11 ملغم/غم وزن طري عند تجهيز B السام وبفارق معنوي أما في حالة مُعالجة سُمية البورون بالتجهيز المسبق للتركيز الأمثل من ZnSO₄ لاستجابة التجذير فقد ارتفع محتوى الكربوهيدرات في أوراق العُقل إلى 4.56 ملغم /غم إلا أن كبريتات الزنك لم تتمكن من إزالة سُمية الـ B معنوياً بدلالة محتوى الكربوهيدرات (4.56 ملغم/غم وزن طري) مقارنة بالبورون السام وعلماً أن القيمة الأخيرة كانت مرتفعة مقارنة بالسيطرة لكنها غير معنوية.

جدول (38): تأثير سُمية البورون في محتوى carbohydrate لعُقل الماش والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment with	mg/g F.W
d.w for 24h	5.51
B 200 µg/ml for 24h	4.11
ZnSO ₄ 15 ppm for 12h→B 200 µg/ml for 12h	4.56
L.S.D(0.05)	0.716

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B(200µg/ml) ، لمدة 24 ساعة، معاملة العُقل 2 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون بعدها قدرت الكربوهيدرات.

2-5-2-4- Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى carbohydrate في عُقل الخيار

تم تقدير محتوى الكربوهيدرات في العُقل المعاملة بالماء المقطر والمعاملة بالتركيز السام من البورون والعُقل المعالجة بكبريتات الزنك والمبينة في الجدول (39) وقد كان محتوى الكربوهيدرات في عُقل السيطرة 4.63 ملغم/غم وزن طري وفي أوراق عُقل الخيار المعاملة بالبورون السام 2.97 ملغم/غم وزن طري أي بانخفاض معنوي مقارنة بالسيطرة (35.9%) أما معاملة معالجة العُقل بكبريتات الزنك فقد ازداد محتوى الكربوهيدرات إلى (3.49 ملغم/غم وزن طري) ، إلا أن هذه القيمة لم تصل إلى مستوى المعنوية مع السيطرة.

جدول (39): تأثير سُمية البورون في محتوى carbohydrate لعُقل الخيار والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment with	mg/g F.W
d.w for 24h	4.63
B 300 µg/ml for 24h	2.97
ZnSO ₄ 10 ppm for 12h→B 300 µg/ml for 12h	3.49
L.S.D(0.05)	0.622

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B(300µg/ml) ، لمدة 24 ساعة، معاملة العُقل 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون بعدها قدرت الكربوهيدرات.

3-5-2-4- Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى carbohydrate في عُقل الطماطة

يشير الجدول (40) الى إن تأثير إجهاد البورون في محتوى الكربوهيدرات لأوراق عُقل الطماطة كمؤشر لضرر إجهاد البورون وتخفيف الضرر من خلال المعالجة بكبريتات الزنك بالتركيز الأمثل لاستجابة التجذير من خلال التجهيز المسبق أي قبل التعرض لتركيز البورون السام . فقد بيّنت النتائج أن محتوى الكربوهيدرات في الأوراق لعُقل السيطرة (معاملة 24 ساعة بالماء المقطر) هو 5.15 ملغم/غم وزن طري وعند المعاملة بتركيز البورون السام فقد انخفض محتوى الكربوهيدرات معنوياً إلى (2.80 ملغم/غم وزن طري) وبنسبة انخفاض 45.63% أما عند معاملة العُقل بكبريتات الزنك

(كمعالجة) فقد ارتفع محتوى الكربوهيدرات معنوياً مقارنة بالبورون السام، إلا أن الزيادة لم تصل لمستوى الكربوهيدرات في السيطرة أي إزالة جزئية لسُمية الـ B تقدر بـ 77.8%.
جدول (40): تأثير سُمية البورون في محتوى carbohydrate لغُقل الطماطة والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment with	mg/g F.W
d.w for 24h	5.15
B 400 µg/ml for 24h	2.80
ZnSO ₄ 15 ppm for 12h→B 400 µg/ml for 12h	4.01
L.S.D(0.05)	0.849

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B (400µg/ml) ، لمدة 24 ساعة ، معاملة العُقل 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون بعدها قدرت الكربوهيدرات.

6-2-4-6-2-4 دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى IAA

6-2-4-1-6-2-4 دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى IAA في عُقل الماش

بيّن الجدول (41) أن تأثير ظاهرة التسمم بالبورون في محتوى أوراق العُقل من هرمون IAA حيث أن المحتوى الابتدائي لأوراق عُقل معاملة السيطرة (الماء المقطر 24 ساعة) هي (1.646) مايكرو غرام لكل غرام وزن طري وهذا المحتوى قد انخفض معنوياً إلى (0.7035) مايكرو غرام في أوراق العُقل المعاملة السُمية وبنسبة انخفاض (57.26%) وبهدف السيطرة على أضرار الإجهاد من خلال المعالجة بكبريتات الزنك فقد ارتفع معنوياً محتوى IAA عن كل من معاملة الإجهاد والسيطرة أي ازداد بنسبة (189.79%) مقارنة بالبورون السام باعتبارها 100% ونسبة زيادة 3.93% مقارنة بالسيطرة باعتبارها 100% ويمكن القول ان الزنك نجح في منع الانخفاض الحاصل في محتوى IAA فضلاً عن وصولها إلى مستوى أعلى مما في عُقل السيطرة 2.04 مايكرو غرام .

جدول (41) تأثير سُمية البورون في محتوى IAA لغُقل الماش والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment with	IAA µg/g F.W
d.w for 24h	1.646
B 200 µg/ml for 24h	0.7035
ZnSO ₄ 15 ppm for 12h→B 200 µg/ml for 12h	2.04
L.S.D(0.05)	0.316

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B (200µg/ml) ، لمدة 24 ساعة ، معاملة العُقل والبادرات 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون ثم قدر IAA

6-2-4-2-6-2-4 دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى IAA في عُقل الخيار

يشير الجدول (42) إلى ظاهرة التسمم بالبورون في المحتوى الابتدائي لأوراق عُقل الخيار في محتواها من اندول حامض الخليك حيث بينت النتائج ان المحتوى الابتدائي للـ IAA قد انخفض معنوياً

في أوراق عُقل الخيار المعاملة بالتركيز السام من البورون 300 مايكروغرام/مل إلى 3.03 وبنسبة انخفاض تقدر 40.93% مقارنة بالمستوى الابتدائي لعُقل السيطرة (24 ساعة بالماء المقطر) وعند المعالجة بـ ZnSO₄ بهدف السيطرة على سُمية B فقد تبين أن محتوى IAA ازداد معنوياً مقارنة بمعاملة السُّمية إذ كان المحتوى 4.69 أي أن العُقل استجابت كما لو كانت عُقلاً غير مجهدة ومن هذا نستنتج أن الزنك تكمن من الحفاظ على المحتوى الابتدائي للـ IAA .

جدول (42): تأثير سُمية البورون في محتوى IAA لعُقل الخيار والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment with	IAA µg/g F.W
d.w for 24h	5.13
B 300 µg/ml for 24h	3.03
ZnSO ₄ 10 ppm for 12h→B 300 µg/ml for 12h	4.69
L.S.D (0.05)	0.840

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B (300µg/ml) ، لمدة 24 ساعة، معاملة العُقل والبادرات 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون ثم قدر IAA

3-6-2-4- دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى IAA في عُقل الطماطة

يتضح في ملاحظة الجدول (43) ان محتوى اندول حامض الخليك قد انخفض وبفارق إحصائي على مستوى 0.05 في أوراق عُقل الخيار المعرضة إلى تركيز السام من البورون إلى (2.88) مايكروغرام لكل غرام وزن طري وتقدر نسبة الانخفاض بـ (38.64%) مايكروغرام وقد ازداد محتوى IAA عن محتوى العُقل المعاملة بالتركيز السام من البورون (300 مايكروغرام/مل) بتأثير كبريتات الزنك (4.45) مايكروغرام حيث ازداد محتواه بشكل معنوي ووصل إلى مستواه في عُقل السيطرة (4.68) مايكروغرام أي أن العُقل في معاملة المعالجة استجابت كما لو كانت عُقل غير مجهدة واستعادة محتواها من الاوكسين IAA .

جدول (43) : تأثير سُمية البورون في محتوى IAA لعُقل الطماطة والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment with	IAA µg/g F.W
d.w for 24h	4.68
B 400 µg/ml for 24h	2.88
ZnSO ₄ 15 ppm for 12h→B 400 µg/ml for 12h	4.45
L.S.D(0.05)	0.866

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B (300µg/ml) ، لمدة 24 ساعة، معاملة العُقل والبادرات 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون ثم قدر IAA

7-2-4- دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة فعالية إنزيم IAAO

7-2-4-1 دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة فعالية إنزيم IAAO في عُقل الماش

يشير الجدول (44) إلى فعالية إنزيم IAA-Oxidase في عُقل السيطرة غير المعرضة لإجهاد البورون ($7.102 \mu\text{g unoxidised IAA/g h F.W}$). ومن جانب آخر فإن تعريض عُقل الماش للإجهاد البورون قد سببت في رفع فعالية إنزيم إلى ($12.698 \mu\text{g unoxidised IAA/g h F.W}$) عن السيطرة أما المعالجة بـ ZnSO_4 فقد خفضت في فعالية الإنزيم إلى وضعه الطبيعي كما في السيطرة واختفت الفوارق الإحصائية بهذا يكون للـ ZnSO_4 دور واضح في تخفيف أو السيطرة على سُمية البورون بدلالة فعالية إنزيم IAAO.

جدول (44): تأثير سُمية البورون في فعالية إنزيم IAAO لعقل الماش والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment with	$\mu\text{g unoxidised IAA/g h F.W}$
d.w for 24h	7.102
B 200 $\mu\text{g/ml}$ for 24h	12.698
ZnSO_4 15 ppm for 12h→B 200 $\mu\text{g/ml}$ for 12h	6.742
L.S.D(0.05)	1.876

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B ($200 \mu\text{g/ml}$) ، لمدة 24 ساعة ، معاملة العُقل والبادرات 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون ثم قدرت فعالية IAAO.

7-2-4-2 دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة فعالية إنزيم IAAO في عُقل الخيار

يشير الجدول (45) إلى فعالية إنزيم IAAO في عُقل الخيار والتغير الحاصل بها عن التعرض إلى إجهاد البورون وكذلك المعالجة بـ ZnSO_4 بتركيزها الأمثل (15 جزء بالمليون) ، حيث أشارت النتائج إلى أن فعالية إنزيم IAA-Oxidase في عُقل السيطرة ازدادت فعالية إنزيم بشكل معنوي من الناحية الإحصائية على مستوى إلى ($6.402 \mu\text{g unoxidised IAA/g h F.W}$) وبهدف السيطرة على ظاهرة التسمم فقد جهزت العُقل بكبريتات الزنك إذ خفضت الأحيات فعالية إنزيم IAA-Oxidase إلى (3.270) مع زوال الفوارق الإحصائية بينها ومعاملة السيطرة مما يؤكد دور الزنك في إزالة سُمية البورون عند التجهيز قبل التعرض للبورون السام في خفض فعالية إنزيم IAA-Oxidase المؤكسد لاندول حامض الخليك.

جدول (45): تأثير سُمية البورون في فعالية إنزيم IAAO عُقل الخيار والمعالجة بكبريتات الزنك.

Treatment with	µg unoxidised IAA/g h F.W
d.w for 24h	4.280
B 300 µg/ml for 24h	6.402
ZnSO ₄ 15 ppm for 12h→B 300 µg/ml for 12h	3.270
L.S.D(0.05)	1.283

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر او التركيز السام من B(300µg/ml) ، لمدة 24 ساعة ،معاملة العُقل والبادرات 12ساعة بالزنك وبعدها 12ساعة بالبورون ثم قدرت فعالية IAAO

3-7-2-4 دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة فعالية إنزيم IAAO في عُقل الطماطة

إن تأثر البورون في فعالية إنزيم IAAO في أوراق عُقل الطماطة والسيطرة عليها باستخدام الزنك قد أشار له الجدول (46)، حيث بيّنت النتائج أن فعالية إنزيم IAAO في عُقل السيطرة (ماء المقطر) (4.620µg unoxidised IAA/g h F.W) بينما العُقل المجهزة بتركيز البورون السام فقد ارتفعت فعالية الإنزيم إلى (5.200 µg unoxidised IAA/g h F.W) وهذا الارتفاع غير معنوي من الناحية الإحصائية وعلى مستوى معنوية 0.05. وهذا من جانب آخر فان السيطرة على سُمية البورون كطريقة وقائية وذلك بتجهيز الـ ZnSO₄ قبل البورون فقد بيّنت أن فعالية الإنزيم انخفضت إلى 2.730 وهذا الانخفاض معنوي مقارنة بالبورون لوحده وكذلك بالنسبة للسيطرة.

جدول (46): تأثير سُمية البورون في فعالية إنزيم IAAO لعقل الطماطة والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment with	µg unoxidised IAA/g h F.W
d.w for 24h	4.620
B 400 µg/ml for 24h	5.200
ZnSO ₄ 15 ppm for 12h→B 400 µg/ml for 12h	2.730
L.S.D(0.05)	0.906

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر او التركيز السام من B(400µg/ml) ، لمدة 24 ساعة ،معاملة العُقل والبادرات 12ساعة بالزنك وبعدها 12ساعة بالبورون ثم قدرت فعالية IAAO

8-2-4-2 دور الزنك في إزالة سُمية البورون بدلالة توزيع العناصر

1-8-2-4-2 دور الزنك في إزالة سُمية البورون بدلالة توزيع الزنك في أجزاء عُقل الماش

بيّن الجدول (47) المحتوى الابتدائي من قيم الزنك في الأوراق والسويق فوق الفلق والسويق تحت الفلق لعُقل الماش في السيطرة 13.42 و 8.5 و 8.61 على التوالي كما بيّن أن تعرض عُقل الماش إلى إجهادات الـ B قد خفض قيم الـ Zn إلى 8.79 و 5.42 و 5.09 ملغم/كغم في أجزاء العقلة أعلاه وبنسبة انخفاض 34.5% و 36.3% و 40.9% مقارنة بالسيطرة لكل جزء من

العُقلة. وبصدد معالجة العُقل من سُمية البورون فان تجهيز $ZnSO_4$ قد زاد مستوى Zn إلى قيم تساوت عندها مع قيم السيطرة لجميع أجزاء العُقلة أعلاه من الناحية المعنوية، وبهذا يكون الزنك قد ساهم في إزالة سُمية البورون كلياً.

جدول (47): تأثير سُمية البورون في تركيز Zn في أجزاء عُقل الماش والمعالجة بكبريتات الزنك

Teratment with	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 μ g/ml for 24h	8.79	5.42	5.09	6.43
ZnSO ₄ 15 ppm for 12h→B 200 μ g/ml for 12h	15.12	8.39	7.88	10.46
L.S.D(0.05)	3.430	1.711	1.264	1.00

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B (200 μ g/ml) ، لمدة 24 ساعة ، معاملة العُقل 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون ثم جفت الأوراق بعدها قدر الزنك

4-2-8-2-4- دور الزنك في إزالة سُمية البورون بدلالة توزيع الزنك في أجزاء عُقل الخيار

بيّن الجدول(48) تأثير كبريتات الزنك بالتركيز الأمثل بدلالة استجابة التجذير(15 جزء بالمليون) في سُمية البورون بدلالة أخذ وتوزيع الزنك في أجزاء عُقل الخيار المأخوذة من بادرات بعمر عشرة أيام والنامية بالضوء. حيث يوضح الجدول (48) أن تركيز Zn في السوق تحت الفلق والسويق فوق الفلق والأوراق الأولية لعُقل السيطرة (25.35 و 21.71 و 28.32) على التوالي وقد انخفض معنوياً محتوى العُقل من Zn عند تجهيزها بالتركيز السام من البورون إلى (16.25 و 15.38 و 17.76) ملغم/كغم على التوالي بنسبة انخفاض (37.3 و 35.9 و 29.7 %) عن السيطرة لكل جزء، بينما كان الانخفاض في العُقلة كاملة (16.46) ملغم/كغم وبنسبة 34.47% مقارنة بالسيطرة (25.12)، ومن جانب آخر كان تجهيز كبريتات الزنك كطريقة علاجية لسُمية البورون تسببت في ارتفاع قيم الزنك كمثباتها من العُقل في عينة السيطرة مع اختفاء الفروقات من الناحية الإحصائية ولجميع أجزاء العُقلة فكانت (26.4 و 21.87 و 28.1) ملغم/كغم حسب ترتيبها أعلاه فضلاً عن ارتفاع محتوى الزنك في العُقلة كاملة 25.45 ملغم/كغم إلى مستواه في العُقل غير المجهدة 25.12 ملغم/كغم من الناحية الإحصائية.

جدول (48) : تأثير سُمية البورون في تركيز Zn في أجزاء عُقل الخيار والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment with :	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

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B (300µg/ml) ، لمدة 24 ساعة ، معاملة العُقل 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون ثم جففت الأوراق بعدها قدر الزنك

3-8-2-4 دور الزنك في إزالة سُمية البورون بدلالة توزيع الزنك في أجزاء عُقل الطماطة

بيّن الجدول (49) محتوى الزنك في أوراق عُقل الطماطة المتحملة للبورون حيث كان في الأوراق والابيكوتيل والهيوكوتيل هي (32.36 و 29.81 و 25.82) ملغم/كغم على التوالي وفي العُقلة كاملة (29.31 ملغم/كغم إن تعرض عُقل الطماطة إلى إجهادات البورون قد تسبب في خفض قيم الزنك في جميع أجزاء العُقلة أعلاه (24.11 و 19.88 و 20.46 ملغم/كغم) ، على التوالي ونسبة انخفاض تساوي (25.4% و 33.4% و 20.8%) عن السيطرة لكل جزء ، بينما كان الانخفاض في العُقلة كاملة (21.48 ملغم/كغم) ونسبة تساوي 26.71% مقارنة بالسيطرة (أي العُقل غير المجهد بالبورون) ومن جانب آخر، فإن تجهيز كبريتات الزنك كطريقة وقائية من سُمية البورون قد تسبب في رفع محتوى الزنك إلى حدوده التي لا تختلف معنوياً عن العُقل غير المجهد في جميع أجزائها (34.06 و 30.10 و 23.97 ملغم/كغم) أعلاه وكذلك في محتوى العُقلة كاملة (29.73 ملغم/كغم) مما يؤكد دور الزنك في إزالة سُمية البورون بشكل كامل.

جدول (49): تأثير سُمية البورون في تركيز Zn في أجزاء عُقل الطماطة والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment with :	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 for 12h	34.06	30.1	23.97	29.73
L.S.D(0.05)	4.192	2.034	4.898	1.55

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B (400µg/ml) ، لمدة 24 ساعة ، معاملة العُقل 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون ثم جففت الأوراق بعدها قدر الزنك.

4-8-2-4 دور الزنك في إزالة سُمية البورون بدلالة توزيع البورون في أجزاء عُقل الماش

يبيّن الجدول (50) تأثير كبريتات الزنك على ظاهرة التسمم بالبورون بدلالة توزيع عنصر البورون السام في أجزاء عُقل الماش حيث يتضح أن تركيز البورون في الأوراق والسويق فوق الفلق

والسويق تحت الفلق (51.00 و 49.34 و 43.45) مايكرو غرام / غرام وزن جاف ،على التوالي وعند تعريض الماش إلى تركيز البورون السام (200 مايكرو غرام/مل) فقد ازداد معنوياً محتوى العُقل في البورون في كل من الأوراق الأولية وسويق فوق الفلق وسويق تحت الفلق (110.77 و 65.98 و 70.64 مايكرو غرام/غرام) على التوالي وبهدف السيطرة على سُمية البورون ومعرفة توزيع البورون في أجزاء العُقل ومن خلال استخدام كبريتات الزنك (15 جزء بالمليون) قبل التعرض للبورون السام فقد انخفض تركيز البورون معنوياً في أجزاء العُقل إلى (55.10 ، 40.10 ، 43.74)،على التوالي أي انخفضت قيم الـ B في الأجزاء الثلاثة إلى ما يقرب من قيمتها الابتدائية بعد المعالجة بكبريتات الزنك واختفت الفوارق الإحصائية أما في العُقلة الكاملة Whole cutting فإنها تأخذ نفس السياق أيضاً حيث أنها تزداد عند المعاملة بالبورون السام (82.46) وتراجع إلى مستواها الابتدائي (47.93) بعد المعالجة بالزنك (46.29) وتخفي الفوارق الإحصائية .

جدول (50): تأثير سُمية البورون في تركيز B في أجزاء عُقل الماش والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment 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 200 µg/ml for 24h	110.77	65.98	70.64	82.46
ZnSO ₄ 10 ppm for 12h→B 200 µg/ml for 12h	55.10	40.10	43.74	46.29
L.S.D(0.05)	11.02	8.751	9.164	7.93

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر او التركيز السام من B (200µg/ml) ، لمدة 24 ساعة ،معاملة العُقل 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون ثم جففت الأوراق بعدها قدر B.

4-2-8-5- دور الزنك في إزالة سُمية البورون بدلالة توزيع البورون في أجزاء عُقل الخيار

بيّن الجدول (51) تأثير كبريتات الزنك بالتركيز الأمثل بدلالة استجابة التجذير (10 جزء بالمليون) في إجهاد البورون بدلالة اخذ وتوزيع عنصر الزنك في أجزاء عُقل الخيار المأخوذة من بادرات بعمر عشرة أيام والنامية بالضوء . حيث يوضح الجدول أن تركيز B في السويق تحت الفلق والسويق فوق الفلق والأوراق الأولية لعقل السيطرة (25.3 و 32.75 و 45.66)، على التوالي ، وقد ازداد معنوياً محتوى العُقل من B عند تجهيزها بالتركيز السام في البورون إلى (56 و 49.63 و 80.49) في أجزاء العُقل على التوالي . وبهدف السيطرة على إجهاد البورون ومعرفة تأثير Zn على توزيع B في أجزاء العُقل إذ بيّن الجدول أن كبريتات الزنك تسببت بخفض معنوي في تركيز B في جميع أجزاء العُقل مقارنة بالبورون السام ، فضلاً عن كون القيم قريبة من قريناتها في عينة السيطرة ، أما في العُقلة كاملة فان تركيز B يزداد عند المعاملة بالبورون السام وتراجع إلى مستواها الابتدائي

بعد المعالجة بالزنك بهذا يكون الزنك قد تسبب في إصلاح التلف الحاصل في الأغشية وتقليل أضرار الإجهاد التأكسدي للدهون .

جدول (51): تأثير سمية البورون في تركيز B في أجزاء عُقل الخيار والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment 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	37.97
B 300 µg/ml for 24h	80.49	49.63	56	82.77
ZnSO ₄ 15 ppm for 12h→B 300 µg/ml for 12h	50.82	24.29	30.40	38.5
L.S.D(0.05)	4.881	4.964	3.845	8.56

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B (300µg/ml) ، لمدة 24 ساعة ، معاملة العُقل 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون ثم جففت الأوراق بعدها قدر B

4-2-8-6- دور الزنك في إزالة سمية البورون بدلالة توزيع البورون في أجزاء عُقل الطماطة

يبين الجدول (52) تأثير كبريتات الزنك على ظاهرة التسمم بالبورون بدلالة توزيع عنصر البورون السام في أجزاء عُقل الطماطة، حيث يتضح ان تركيز البورون في الأوراق والسويق فوق الفلق والسويق تحت الفلق (لعقل غير مجهد) هي (44.15 و 36.97 و 32.8)، على التوالي وعند تعريض الطماطة إلى التركيز السام من البورون (400 مايكروغرام/مل) فقد ازداد تركيز B معنوياً في كل من الأوراق الأولية وسويق فوق الفلق وسويق تحت الفلق على التوالي وبنسبة (129.35% و 108.41% و 113.41%)، على التوالي. وبهدف السيطرة على سمية البورون ومعرفة توزيع البورون في أجزاء العُقل من خلال استخدام كبريتات الزنك قبل التعرض إلى البورون السام فقد انخفض تركيز البورون معنوياً في أجزاء العُقل مقارنة بالبورون لوحده، كما انعكس هذا الانخفاض المعنوي أيضاً بدلالة العقلة كاملة مقارنة بالسيطرة. وهذا ما يؤكد دور الزنك في السيطرة على أخذ وتوزيع البورون في أجزاء العُقل.

جدول (52): تأثير سمية البورون في تركيز B في أجزاء عُقل الطماطة والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment 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	34.69
B 400 µg/ml for 24h	101.26	77.05	70	62.04
ZnSO ₄ 15 ppm for 12h→B 400 µg/ml for 12h	45.05	33	36.10	35.17
L.S.D(0.05)	9.48	4.45	9.31	4.59

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B (400µg/ml) ، لمدة 24 ساعة ، معاملة العُقل 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون ثم جففت الأوراق بعدها قدر B

2-4-9 - دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة مضادات الأكسدة اللا- إنزمية

2-4-9-1- دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى ASA

2-4-9-1-1- دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى ASA في عُقل الماش

بيّن الجدول (53) أن هنالك انخفاضاً معنوياً من الناحية الإحصائية لمحتوى الاسكوربيت في أوراق العُقل المعرضة إلى التركيز السام من البورون حيث كان 3.01 ملغم/غم وزن طري وبنسبة انخفاض 55.92% مقارنة الاسكوربيت بعقل السيطرة المعاملة بالماء المقطر (عُقل غير مجهدة). أما المعالجة بكبريتات الزنك فقد جعلت العُقل تستعيد محتواها الابتدائي من ASA واستجابت كما لو كانت عقلاً غير مجهدة وبعبارة أخرى فقد تسببت كبريتات الزنك بالتركيز الأمثل 15 جزء بالمليون بإزالة سُمية البورون بالكامل في عُقل الماش .

جدول (53) تأثير سُمية البورون في محتوى ASA لعقل الماش والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment with	ASA mg/g F.W
d.w for 24 h	6.83
B 200 µg/ml for 24h	3.01
ZnSO ₄ 15 ppm for 12h→B 200 µg/ml for 12h	6.40
L.S.D(0.05)	1.074

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B (200µg/ml) ، لمدة 24 ساعة، معاملة العُقل 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون بعدها قدر ASA.

2-4-9-1-2- دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى ASA في عُقل الخيار

تشير النتائج الموضحة في الجدول (54) أن عُقل الخيار المعاملة بالتركيز 300 ميكروغرام/مل من حامض البوريك (التركيز السام) قد كشفت زيادة معنوية في محتوى (ASA) 5.74 ملغم/غم وزن طري وبنسبة زيادة 19.58% مقارنة بالسيطرة 4.80 ملغم/غم وزن طري وبهدف تخفيف أو إزالة سُمية البورون من خلال تجهيز عُقل الخيار بالزنك فكان محتوى ASA في أوراق العُقل والتي جهزت بالزنك قبل البورون 4.75 ملغم/غم وزن طري والذي لا يختلف إحصائياً عن المحتوى الاسكوربيت في عُقل السيطرة.

جدول (54): تأثير سُمية البورون في محتوى ASA لعقل الخيار والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment with	ASA mg/g F.W
d.w for 24h	4.80
B 300 µg/ml for 24h	5.74
ZnSO ₄ 10 ppm for 12h→B 300 µg/ml for 12h	4.75
L.S.D(0.05)	0.777

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B (300 مايكروغرام/مل)، لمدة 24 ساعة، معاملة العُقل 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون بعدها قدر ASA.

3-1-9-2-4- دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى ASA في عُقل الطماطة

أن تأثير البورون في محتوى مضادة الأكسدة اللا إنزيمي (الاسكوربيت) في عُقل الطماطة (المتحمل للبورون) ومعالجة السُمية باستخدام كبريتات الزنك فقد بيّنه الجدول (55) حيث أشارت النتائج أن محتوى الاسكوربيت في عُقل الطماطة (غير المجهد) 7.02 ملغم/غم وزن طري في حين العُقل المجهد بالبورون عند التركيز 400 مايكروغرام/مل (التركيز السام) قد زادت من محتوى مضاد الأكسدة اللانزيمي الاسكوربيت فيها إلى (9.85 ملغم/غم وزن طري) وبنسبة زيادة 40.31 % وهذه الزيادة معنوية من الناحية الإحصائية على مستوى معنوية 0.05 . أما في حالة المعالجة بكبريتات الزنك وبالتركيز الأمثل فقد انخفض محتوى ASA إلى (7.63 ملغم/غم وزن طري) أي إلى مستواه معنوياً في عينة السيطرة.

جدول (55) تأثير سُمية البورون في محتوى ASA لعقل الماش والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment with	ASA mg/g F.W
d.w for 24h	7.02
B 200 µg/ml for 24h	9.85
ZnSO ₄ 15 ppm for 12h→B 200 µg/ml for 12h	7.63
L.S.D(0.05)	1.532

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B (200µg/ml)، لمدة 24 ساعة، معاملة العُقل 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون بعدها قدر ASA .

2-9-2-4- دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى GSH

1-2-9-2-4- دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى GSH في عُقل الماش

يشير الجدول (56) إلى محتوى مضادة الأكسدة ذات الطابع اللا إنزيمي والمتمثل بالكلوتاثيون (GSH) حيث تبين أن محتوى الـ GSH في عُقل الماش المعاملة بالماء المقطر (غير المجهد) هو 395.66 ملغم/غم وزن طري للورقة وعند معاملة العُقل بالتركيز السام من البورون فقد انخفض

GSH إلى 290.32 بنسبة (26.62 %) وهي معنوية وذلك لكون المحتوى الابتدائي عالٍ. كما ان معالجة الإجهاد الناتج عن البورون السام وذلك بتجهيز العُقل بال $ZnSO_4$ قبل معاملة العُقل بال B ، قد شجع على زيادة محتوى GSH في أوراق عُقل الماش ليس إلى مستواه في عُقل المقارنة (غير المعرضة للإجهاد الـ B) بل زاد عن ذلك 405.83 بحيث اختلفت الفوارق الإحصائية مع السيطرة وبهذا يكون الزنك قد تسبب في إزالة سُمية الـ B بالكامل.

جدول (56): تأثير سُمية البورون في محتوى Glutathione لعقل الماش والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment with	mg/g F.W
d.w for 24h	395.66
B 200 μ g/ml for 24h	290.32
$ZnSO_4$ 15 ppm for 12h→B 200 μ g/ml for 12h	405.83
L.S.D(0.05)	81.55

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B (200 μ g/ml)، لمدة 24 ساعة، معاملة العُقل 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون بعدها قدر GSH .

2-2-9-2-4 دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى GSH في عُقل الخيار

إن تأثير التسمم بالبورون في محتوى مضاد الأكسدة اللا أنزيمي الكلوتاثيون (GSH) في عُقل الخيار والسيطرة على ذلك باستعمال $ZnSO_4$ قد بيّنه الجدول (57). حيث أشارت النتائج إلى أن محتوى الكلوتاثيون في عُقل عينة السيطرة (270.78 ملغم/غم وزن طري)، بينما العُقل المجهزة بالبورون عند التركيز السام 300 مايكروغرام/مل فقد ازداد محتوى الكلوتاثيون فيها بشكل معنوي إلى (605.28 ملغم/غم وزن طري) ونسبة زيادة 123.32%. بهدف التخفيف من تأثير البورون فقد جهز الزنك لمدة 12 ساعة قبل التعرض إلى تركيز البورون السام مما تسبب في خفض محتوى الكلوتاثيون إلى (330.24 ملغم/غم وزن طري) وهذا الانخفاض معنوي مقارنة بسُمية البورون، ويعد لا معنوياً عند المقارنة بالسيطرة، بعبارة أخرى فقد تسبب في اختفاء الفوارق الإحصائية مع عينة السيطرة، وبهذا يكون الزنك قد تسبب في إزالة سُمية الـ B بالكامل بدلالة الكلوتاثيون.

جدول (57): تأثير سُمية البورون في محتوى Glutathione لعُقل الخيار والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment with	mg/g F.W
d.w for 24h	270.78
B 300 µg/ml for 24h	605.28
ZnSO ₄ 10 ppm for 12h→B 300 µg/ml for 12h	330.24
L.S.D(0.05)	95.60

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B (300µg/ml)، لمدة 24 ساعة، معاملة العُقل 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون بعدها قدر GSH

4-2-9-3-2-4 دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى GSH في عُقل الطماطة

تم تقدير الكلوتاثيون في أوراق عُقل الطماطة بالماء المقطر (عُقل غير مجهد) وفي أوراق عُقل المعاملة بالتركيز السام من البورون (عُقل مجهد) وفي أوراق العُقل المعالجة بـ ZnSO₄ بهدف تخفيف تأثيرات البورون السام والمشار إليها في الجدول (58) فقد كان محتوى الكلوتاثيون في الحالة الأولى 132.59 ملغم/غم وزن طري وكان محتوى الكلوتاثيون في العُقل مجهد 470.20 ملغم/غم وزن طري بزيادة تقدر بـ 256% عن السيطرة .

إن معالجة الإجهاد الناتج عن البورون السام وذلك بتجهيز العُقل بالـ ZnSO₄ قبل معاملة العُقل بالـ B ، قد شجع على خفض محتوى GSH (143.58) في العُقل إلى مستواه في عُقل المقارنة (غير المعرضة للإجهاد الـ B) بحيث اختلفت الفوارق الإحصائية مع السيطرة وبهذا يكون الزنك قد تسبب في إزالة سُمية الـ B بالكامل.

جدول (58): تأثير سُمية البورون في محتوى Glutathione لعُقل الطماطة والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment with	mg/g F.W
d.w for 24h	132.59
B 400 µg/ml for 24h	470.20
ZnSO ₄ 15 ppm for 12h→B 400 µg/ml for 12h	143.58
L.S.D(0.05)	68.99

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B (400µg/ml) ، لمدة 24 ساعة، معاملة العُقل 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون بعدها قدر GSH

4-2-9-3-9-2-4 دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى البرولين

4-2-9-3-9-1-3-9-2-4 دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى البرولين في عُقل الماش

البيانات الموضحة في الجدول (59) تشير إلى تأثير التركيز السام من البورون 200 مايكروغرام/مل في محتوى الحامض الاميني (برولين) ومعالجتها بكبريتات الزنك ZnSO₄ بالتركيز

15 جزء بالمليون حيث بينت أن كمية البرولين في أوراق عُقل السيطرة (عُقل غير مجهدة) 0.0360 مايكروغرام/غم وزن طري أما في أوراق العُقل المعاملة بالبورون السام لمدة 24 ساعة فقد ارتفع محتوى البرولين في الأوراق إلى 0.0575 مايكروغرام/غم وزن طري. أما عند معالجة سُمية البورون بكبريتات الزنك انخفض محتوى البرولين إلى مستواه كما في العُقل غيرالمجهدة الذي يختلف معنوياً عن البورون السام ولا يختلف معنوياً عن السيطرة , وهذا ما يشير إلى حصول شفاء من سُمية البورون بالكامل من خلال انخفاض محتوى البرولين ثم ان الزيادة في الخلايا تعد مؤشراً على حصول الإجهاد.

جدول (59): تأثير سُمية البورون في محتوى البرولين لعقل الماش والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment with	µg/g F.W
d.w for 24h	0.0360
B 200 µg/ml for 24h	0.0575
ZnSO ₄ 15 ppm for 12h→B 200 µg/ml for 12h	0.0305
L.S.D (0.05)	0.0231

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B (200µg/ml) ، لمدة 24 ساعة ، معاملة العُقل 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون بعدها قدر البرولين.

4-2-3-9-2-4 دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى البرولين في عُقل الخيار

البيانات الموضحة في الجدول (60) تشير إلى تأثير سُمية البورون في محتوى أوراق عُقل الخيار من الحامض الاميني البرولين ومعالجة بالتركيز الأمثل من كبريتات الزنك إذ يبين الجدول أن معاملة العُقل بالتركيز السام من البورون 300 مايكروغرام/مل أدى إلى ارتفاع معنوي في محتوى البرولين 0.0498 مايكروغرام/غم وزن طري مقارنة بمعاملة السيطرة وبنسبة زيادة 57.09% كمضاد لا- إنزيمي للأكسدة بسبب الإجهاد التأكسدي المتسبب عن ال- B . أما في حالة معالجة سُمية البورون بكبريتات الزنك وبتركيزها الأمثل للتجذير فقد تسبب في انخفاض محتوى البرولين معنوياً إلى 0.0346 مايكروغرام/غم وزن طري مقارنة بالبورون السام مع غياب الفارق المعنوي بالمقارنة مع السيطرة 0.0317 مايكروغرام/غم وزن طري وجعل قيمته مساوية للسيطرة ,وبهذا يحقق إزالة سُمية ال- B بدلالة محتوى البرولين.

جدول (60): تأثير سُمية البورون في محتوى البرولين لعقل الخيار والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment with	µg/g F.W
d.w for 24h	0.0317
B 300 µg/ml for 24h	0.0498
ZnSO ₄ 10 ppm for 12h→B 300 µg/ml for 12h	0.0346
L.S.D (0.05)	0.0096

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B (300µg/ml) ، لمدة 24 ساعة ،معاملة العُقل 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون ثم قدر البرولين

3-3-9-2-4- دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة محتوى البرولين في عقل الطماطة

يشير الجدول (61) إلى تأثير التركيز السام من البورون في محتوى البرولين حيث كان محتوى البرولين في أوراق عقل الطماطة غير المعرضة للإجهاد (0.0231 مايكروغرام/غم وزن طري) بينما في أوراق العقل التي عرضت إلى ظروف السُمية (التركيز السام من B) ولمدة 24 ساعة كانت (0.0356 مايكروغرام/غم وزن طري) وبزيادة غير معنوية احصائياً بالنسبة إلى السيطرة وعند تجهيز كبريتات الزنك قبل التعرض إلى سُمية B فانخفضت إلى (0.0189 مايكروغرام/غم وزن طري) وبانخفاض غير معنوي إحصائياً بالنسبة إلى كل من السيطرة والسُمية.

جدول (61): تأثير سُمية البورون في محتوى البرولين لعقل الطماطة والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment with	µg/g F.W
d.w for 24h	0.0231
B 400 µg/ml for 24h	0.0356
ZnSO ₄ 15 ppm for 12h→B 400 µg/ml for 12h	0.0189
L.S.D (0.05)	N S

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B (400µg/ml) ، لمدة 24 ساعة ، معاملة العُقل 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون ثم قدر البرولين

10-2-4- دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة مضادات الأكسدة الإنزيمية

1-10-2-4- دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة فعالية إنزيم SOD

1-1-10-2-4- دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة فعالية إنزيم SOD في عقل الماش

إن تأثير إجهاد البورون في فعالية إنزيم SOD لعُقل أوراق الماش والسيطرة عليها باستخدام الزنك قد أشار له الجدول (62) حيث بيّنت النتائج في الجدول أن فعالية إنزيم SOD في عقل السيطرة (ماء المقطر) (2.108 مايكروغرام/غم وزن طري) بينما العُقل المجهزة بتركيز 200 مايكروغرام/مل (التركيز السام من البورون) قد انخفضت فيها فعالية إنزيم SOD إلى (1.74 مايكروغرام/غم وزن طري) علماً أن هذا الانخفاض غير معنوي من الناحية الإحصائية وهذا من جانب آخر فان السيطرة

على سُمية البورون كطريقة وقائية وذلك بتجهيز الـ $ZnSO_4$ قبل البورون فقد بيّنت أن فعالية SOD ارتفعت إلى 3.125 ، وان هذا الارتفاع قد فاق قيمته عن السيطرة.

جدول (62): تأثير سُمية البورون في فعالية إنزيم SOD لِعُقل الماش والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment with	$\mu\text{g/g F.W}$
d.w for 24h	2.108
B 200 $\mu\text{g/ml}$ for 24h	1.74
$ZnSO_4$ 15 ppm for 12h→B 200 $\mu\text{g/ml}$ for 12h	3.125
L.S.D (0.05)	0.981

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B (200 $\mu\text{g/ml}$) ، لمدة 24 ساعة ، معاملة العُقل 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون ثم قدرت فعالية إنزيم SOD.

2-4-10-2-1-2- دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة فعالية إنزيم SOD في عُقل الخيار

عند قياس فعالية إنزيم SOD في عُقل الخيار المعاملة بالماء المقطر 24 ساعة (السيطرة) والعُقل المعاملة بالبورون السام ولمدة 24 ساعة وُعقل المعالجة من اجل تخفيف تأثير سُمية البورون من خلال تجهيز العُقل بالزنك خلال 12 ساعة الأولى ومن ثم التعرض إلى البورون السام في 12 ساعة الأخرى فقد أظهرت النتائج في الجدول (63) بان المستوى الابتدائي لفعالية الإنزيم في العُقل غير المجهد كانت (3.275). وازدادت فعالية الإنزيم في العُقل المجهد بتركيز البورون السام لكن الزيادة لم تكن معنوية، هذا ومن جانب آخر أو بهدف التخفيف من تأثير البورون السام فقد كانت المعالجة غير مؤثرة معنوياً على الرغم من الانخفاض في فعالية إنزيم SOD وبقيت قيم فعالية الإنزيم متقاربة في كل من عُقل غير المجهد والمجهد بالبورون السام وكذلك المعالجة بالزنك وهذا ما يشير إلى عدم مشاركة إنزيم SOD في ميكانيكية الدفاع الإنزيمية.

جدول (63) تأثير سُمية البورون في فعالية إنزيم SOD لِعُقل الخيار والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment with	$\mu\text{g/g F.W}$
d.w for 24h	3.275
B 300 $\mu\text{g/ml}$ for 24h	3.713
$ZnSO_4$ 10 ppm for 12h→B 300 $\mu\text{g/ml}$ for 12h	3.47
L.S.D (0.05)	NS

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B (300 $\mu\text{g/ml}$) ، لمدة 24 ساعة ، معاملة العُقل 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون ثم قدرت فعالية إنزيم SOD

2-4-10-2-3- دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة فعالية إنزيم SOD في عُقل الطماطة

إن تأثير التركيز السام للبورون في فعالية إنزيم SOD لِعُقل الطماطة والسيطرة على ذلك باستخدام كبريتات الزنك حيث أشارت النتائج (64) إلى أن فعالية إنزيم SOD في عُقل عينة السيطرة (عُقل غير مجهد) 23.47 مايكروغرام/غرام وزن طري بينما العُقل المجهد بالبورون عند التركيز

السام فقد ازدادت فيها فعالية أنزيم SOD إلى (33.36) مايكروغرام/غرام علماً أن هذه الزيادة غير معنوية من الناحية الإحصائية وعلى مستوى 0.05 أما في حالة تجهيز كبريتات الزنك بتركيزها الأمثل فقد ارتفعت فعالية أنزيم SOD إلى 37.19 مايكروغرام/غرام وهذا الارتفاع لم يكن معنوياً مقارنة بالبورون السام وكذلك عينة السيطرة ويبين أن البورون السام والمعالجة بالزنك لم تنشط مضادات الأكسدة بدلالة فعالية إنزيم SOD .

جدول (64) تأثير سُمية البورون في فعالية إنزيم SOD لعقل الطماطة والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment with	µg/g F.W
d.w for 24h	23.47
B 400 µg/ml for 24h	33.36
ZnSO ₄ 15 ppm for 12h→B 400 µg/ml for 12h	37.19
L.S.D (0.05)	NS

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B (400µg/ml) ، لمدة 24 ساعة، معاملة العُقل 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون ثم قدرت فعالية إنزيم SOD.

4-10-2- دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة فعالية إنزيم CAT

4-10-2-1- دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة فعالية إنزيم CAT في عُقل الماش

عند قياس فعالية إنزيم Catalase في العُقل المعاملة بالبورون السام لعُقل الماش (200 مايكروغرام/مل) لوحظ انخفاض غير معنوي من الناحية الإحصائية حيث كانت الفعالية (15.62 وحدة/غم وزن طري) مقارنة بعقل السيطرة حيث كانت الفعالية (16.46 وحدة/غم وزن طري) كما موضح في الجدول (65). وعند معاملة المعالجة فقد أوضحت النتائج المشار إليها في الجدول إلى ارتفاع في فعالية إنزيم Catalase (17.01 وحدة/غم وزن طري) الذي لا يختلف معنوياً عن المقارنة أو المعاملة بالبورون السام لوحده وهذا ما يشير إلى أن إنزيم CAT لا يُعد من الميكانيكيات الدفاعية المضادة للأكسدة في الماش.

جدول (65): تأثير سُمية البورون في فعالية إنزيم CAT لعُقل الماش والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment with	U /g F.W
d.w for 24h	16.46
B 200 µg/ml for 24h	15.62
ZnSO ₄ 15 ppm for 12h→B 200 µg/ml for 12h	17.01
L.S.D (0.05)	NS

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B (200µg/ml) ، لمدة 24 ساعة ، معاملة العُقل 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون ثم قدرت فعالية إنزيم CAT

4-2-10-2-2-2-4 دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة فعالية إنزيم CAT في عُقل الخيار

إن تأثير البورون في فعالية إنزيم Catalase في عُقل الخيار والمعالجة باستخدام كبريتات الزنك قد وضّح في الجدول (66). أن فعالية الإنزيم في عُقل السيطرة (ماء مقطر) هي (28.05) بينما في العُقل المجهزة بتركيز السام في البورون (27.06) التي لم تتغير بشكل معنوي مقارنة بالسيطرة وعند تجهيز كبريتات الزنك بهدف التخفيف من تأثير البورون السام لم تتغير الفعالية أيضاً بشكل معنوي مقارنة بكل من البورون السام والسيطرة وهذا يؤكد عدم فعالية كل من سُمية البورون والمعالجة بكبريتات الزنك في تنشيط فعالية إنزيم Catalase في عُقل الخيار.

جدول (66): تأثير سُمية البورون في فعالية إنزيم CAT لعُقل الخيار والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment with	mg/g F.W
d.w for 24h	28.05
B 300 µg/ml for 24h	27.06
ZnSO ₄ 10 ppm for 12h→B 300 µg/ml for 12h	27.55
L.S.D (0.05)	NS

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B (300µg/ml) ، لمدة 24 ساعة ، معاملة العُقل 12 ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون ثم قدرت فعالية إنزيم CAT

4-2-10-2-3-2-4 دور Zn في إزالة سُمية B بدلالة فعالية إنزيم CAT في عُقل الطماطة

إن تأثير التسمم بالبورون في فعالية إنزيم Catalase في عُقل الطماطة والسيطرة على ذلك باستخدام كبريتات الزنك بالتركيز 15 جزء بالمليون قد وضحت في الجدول (67). إلى أن فعالية إنزيم Catalase في عُقل السيطرة (46.052 ملغم/غم وزن طري) بينما في العُقل المجهزة من البورون السام لم يحدث تغير في الفعالية (46.337 ملغم/غم وزن طري). أما في حالة تجهيز كبريتات الزنك بالتركيز الأمثل بدلالة استجابة التجذير فقد ارتفعت فعالية الإنزيم إلى (52.742 ملغم/غم وزن طري) وهذا الارتفاع لم يكن معنوياً مقارنة بالسيطرة وكذلك بالبورون السام ويلاحظ من هذه النتائج أن إجهاد البورون وكذلك المعالجة بـ ZnSO₄ لم تنشط دفاعات مضادات للأوكسدة الإنزيمية بدلالة فعالية إنزيم Catalase في عُقل الطماطة المأخوذة من بادرات نامية بالضوء وبعمر عشرين يوماً.

جدول (67): تأثير سُمية البورون في فعالية إنزيم CAT لعقل الطماطة والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment with	mg/g F.W
d.w for 24h	46.052
B 400 µg/ml for 24h	46.337
ZnSO ₄ 15 ppm for 12h→B 400 µg/ml for 12h	52.742
L.S.D (0.05)	NS

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B(400µg/ml) ، لمدة 24 ساعة ،معاملة العُقل 12ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون ثم قدرت فعالية إنزيم CAT

3-10-2-4- دور الزنك في إزالة سُمية البورون بدلالة فعالية إنزيم Ascorbate (APX) peroxidase

1-3-10-2-4- دور الزنك في إزالة سُمية البورون بدلالة فعالية إنزيم Ascorbate (APX) peroxidase في عُقل الماش

إن فعالية أنزيم Ascorbate peroxidase (APX) قد بينها الجدول (68) وأشار إلى أن المستوى الابتدائي لفعالية هذا الإنزيم في عُقل الماش غير مجهدة هو 1.872 ملي مول/غم وزن طري هذا ومن جانب آخر، فإن تجهيز عُقل الماش بالتركيز السام من البورون (200مايكروغرام/مل) أو المعالجة بكبريتات الزنك كعلاج من سُمية البورون، لم يغير معنوياً من فعالية الإنزيم في الحالتين مقارنة بالسيطرة لكل منهما وهذا يشير إلى أن سُمية البورون والمعالجة بكبريتات الزنك لم تنشط ميكانيكية الدفاع الإنزيمية المتمثلة بـ Ascorbate peroxidase

جدول (68): تأثير سُمية البورون في فعالية إنزيم Ascorbate proxidase (APX) لعُقل الماش والمعالجة بكبريتات الزنك.

Treatment with	APX activity (m mole/g F.W)
d.w for 24h	1.872
B 200 µg/ml for 24h	0.967
ZnSO ₄ 15 ppm for 12h→B 200 µg/ml for 12h	1.247
L.S.D (0.05)	NS

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B(200µg/ml) ، لمدة 24 ساعة ،معاملة العُقل 12ساعة بالزنك وبعدها 12 ساعة بالبورون ثم قدرت فعالية انزيم APX

2-3-10-2-4 - دور الزنك في إزالة سُمية البورون بدلالة فعالية إنزيم Ascorbate (APX) peroxidase في عُقل الخيار

يوضح الجدول(69) تأثير ظاهرة التسمم بالبورون في فعالية أنزيم APX أوراق عُقل الخيار والسيطرة عليها تجهيز بكبريتات الزنك حيث ان مستوى الفعالية الابتدائية للإنزيم هي (2.102 ملي

مول/غم وزن طري) إنها ازدادت في العُقل المعرضة إلى سُمية البورون إلى (2.374 ملي مول/غم وزن طري) لكن هذه الزيادة لم تكون معنوية مقارنة بمستوى الفعالية الابتدائية كما لوحظ زيادة فعالية الإنزيم في أوراق العُقل المعالجة بكبريتات الزنك لكنها لم تكن معنوية مقارنة بالبورون لوحده والسيطرة ،ومن هذا يُستنتج أن البورون السام والمعالجة لم تؤثر معنوياً في فعالية هذا الإنزيم.

جدول (69): تأثير سُمية البورون في فعالية إنزيم Ascorbate proxidase (APX) لُعقل الخيار والمعالجة بكبريتات الزنك .

Treatment with	APX activity (m mole/g F.W)
d.w for 24h	2.102
B 300 µg/ml for 24h	2.374
ZnSO ₄ 15 ppm for 12h→B 300 µg/ml for 12h	3.015
L.S.D (0.05)	NS

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B (300µg/ml)، لمدة 24 ساعة ،معاملة العُقل 12ساعة بالزنك وبعدها 12ساعة بالبورون ثم قدرت فعالية إنزيم APX

3-3-10-2-4 - دور الزنك في إزالة سُمية البورون بدلالة فعالية إنزيم Ascorbate (APX) peroxidase في عُقل الطماطة

يبين الجدول (70) تأثير التسمم بالبورون في فعالية إنزيم APX لُعقل الطماطة المتحملة للبورون والسيطرة على ذلك باستخدام كبريتات الزنك حيث أشارت النتائج الى أن الفعالية الابتدائية لأنزيم APX في أوراق العُقل غير المجهد (2.903 ملي مول/غم وزن طري) في حين العُقل المعرضة إلى التركيز السام من البورون بدلالة التجذير لُعقل الطماطة والمأخوذة من بادرات النامية بالضوء بعمر 20 يوماً ارتفعت الفعالية إلى (3.650 ملي مول/غم وزن طري) وبنسبة زيادة 25.7 % . أما في حالة تجهيز كبريتات الزنك بهدف السيطرة على سُمية البورون قبل التعرض إلى سُمية البورون فقد ارتفعت فعالية إنزيم APX وبشكل معنوي عند المقارنة بالبورون السام وبنسبة زيادة 41.6% عن السيطرة .

جدول (70): تأثير سُمية البورون في فعالية إنزيم Ascorbate proxidase (APX) لُعقل الطماطة والمعالجة بكبريتات الزنك.

Treatment with	APX activity (m mole/g F.W)
d.w for 24h	2.903
B 400 µg/ml for 24h	3.650
ZnSO ₄ 15 ppm for 12h→B 400 µg/ml for 12h	4.112
L.S.D (0.05)	0.955

تمت معاملة العُقل مباشرة بالماء المقطر أو التركيز السام من B (400µg/ml) ، لمدة 24ساعة ،معاملة العُقل 12ساعة بالزنك وبعدها 12ساعة بالبورون ثم قدرت فعالية إنزيم APX

4 - 3 الجانب التشريحي

4-3-1 دور الزنك في إزالة سُمية البورون بدلالة التغيرات النسجية لأوراق

4-3-1-1 دور الزنك في إزالة سُمية البورون بدلالة التغيرات النسجية لأوراق عُقل الماش

يبين الجدول (71) وكذلك الشكل (A-11 و B و C) إن تعريض عُقل الماش إلى سُمية البورون لمدة 24 ساعة قد أثر معنوياً في الصفات التشريحية لأوراق العُقل فقد اختزل كل من سُك النسيج و سُك العرق الوسطي، سُك الطبقة الأسفنجية وطول الحزمة الوعائية وعدد الاوعية، في حين ازداد سُك الطبقة العمادية و عرض الحزمة معنوياً وعند المعالجة بكبريتات الزنك ازداد كل من سُك النسيج و سُك العرق الوسطي ، سُك الطبقة الأسفنجية وطول و عرض الحزمة الوعائية وعدد الاوعية. أما سُك الطبقة العمادية فقد أنخفض معنوياً عن المعاملة بالبورون السام ولكنه أصبح مساوياً من الناحية المعنوية بالنسبة إلى العُقل غير المجهدة.

جدول (71): تأثير سُمية البورون في بعض القياسات النسيجية لأوراق عُقل الماش والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment in	القياسات النسجية (µm)						عدد الأوعية الخشبية
	سُمك النسيج 10x	سُمك العرق الوسطي 10x	سُمك الطبقة الأسفنجية 10x	سُمك الطبقة العمادية 10x	طول الحزمة 10x	عرض الحزمة 10x	
d.w for 24h	111.16	329.26	75.81	23.73	262.64	134.57	12
B 200 µg/ml for 24h	82.10	204.92	61.50	28.16	114.35	162.69	7
ZnSO ₄ 10 ppm for 12h→B 200 µg/ml for 12h	94.13	382.28	81.93	19.60	201.16	180.83	10
L.S.D (0.05)	6.04	11.75	4.79	4.36	15.15	12.34	3.51

4-3-1-2 دور الزنك في إزالة سُمية البورون بدلالة التغيرات النسجية لأوراق عُقل الخيار

يوضح الجدول (72) وكذلك الشكل (A-12 و B و C) التغيرات النسجية في أوراق عُقل الخيار المعرضة إلى سُمية B والمعالجة بـ Zn يلاحظ في الجدول أن سُك النسيج ، سُك الطبقة الأسفنجية ، سُك الطبقة العمادية، طول الحزمة الوعائية ، فقد انخفضت عند تعريض العُقل إلى سُمية البورون وبشكل معنوي بالنسبة إلى القياسات النسجية لأوراق السيطرة في حين سُك العرق الوسطي ازداد غير معنوياً و عرض الحزمة فقد ازدادت معنوياً تحت ظروف سُمية B لكن عند تجهيز العُقل بالزنك فقد ازدادت كل القياسات معنوياً بالنسبة إلى السمية باستثناء الطبقة العمادية ذلك أن معظم القياسات قد تساوت مع السيطرة او فاقتها في البعض الآخر.

جدول (72): تأثير سمية البورون في بعض القياسات النسيجية لأوراق عقل الخيار والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment in	القياسات النسيجية (µm)						عدد الأوعية الخشبية
	سمك النسيج 10x	سمك العرق الوسطي 10x	سمك الطبقة الأسفنجية 10x	سمك الطبقة العمادية 10x	طول الحزمة 10x	عرض الحزمة 10x	
d.w for 24h	119	207.57	92.13	50.06	259.9	126.64	14
B 300 µg/ml for 24h	111.5	229.26	70.93	49.98	140.06	160.11	9
ZnSO ₄ 10 ppm for 12h → B 300 µg/ml for 12h	132.93	365	93.37	27.53	179.73	194.03	15
L.S.D (0.05)	4.94	22.47	11.27	7.69	21.60	15.79	2.81

4-3-1 دور الزنك في إزالة سمية البورون بدلالة التغيرات النسيجية لأوراق عقل الطماطة

يشير الجدول (73) وكذلك الشكل (A-13 و B و C) (إلى القياسات النسيجية لأوراق الطماطة حيث كانت (99.23 ، 214 ، 70.43 ، 33.31 ، 139.94 ، 122.23) مايكرو متر لكل من (سُمك النسيج، سُمك العرق الوسطي ، سُمك الطبقة الأسفنجية، سمك الطبقة العمادية، طول الحزمة وعرض الحزمة) عند معاملة السيطرة ، على التوالي وعند تجهيز العقل بالتركيز السام من البورون فقد ازدادت إلى (111.6 ، 366 ، 82.11 ، 260.06 ، 150.13) ، على التوالي وباستثناء سمك الطبقة العمادية فلم يتغير معنوياً وعدد الاوعية أخفض معنوياً، وعند تجهيز الزنك مع البورون فقد خفض معظم القياسات أعلاه بشكل معنوي بالنسبة لسُمية الـ B ما عدا سُمك الطبقة العمادية لم يتغير معنوياً أما سمك النسيج وسمك الطبقة الاسفنجية وعدد الاوعية ارتفع معنوياً .

جدول (73): تأثير سمية البورون في بعض القياسات النسيجية لأوراق عقل الطماطة والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment in	القياسات النسيجية (µm)						عدد الأوعية
	سمك النسيج 10x	سمك العرق الوسطي 10x	سمك الطبقة الأسفنجية 10x	سمك الطبقة العمادية 10x	طول الحزمة 10x	عرض الحزمة 10x	
d.w for 24h	99.23	214	70.43	33.31	139.94	122.23	15
B 400 µg/ml for 24h	111.6	366	82.11	30.67	260.06	150.13	8
ZnSO ₄ 15 ppm for 12h → B 400 µg/ml for 12h	134	282.3	102.04	32.03	180.13	143.53	14
L.S.D (0.05)	18.90	45.39	9.90	NS	16.68	5.25	3.45

4-2-3 دور الزنك في إزالة سُمية البورون بدلالة التغيرات النسيجية لـ Hypocotyl العُقل

4-1-2-3 دور الزنك في إزالة سُمية البورون بدلالة التغيرات النسيجية لـ Hypocotyl عُقل الماش

يبين الجدول (74) وكذلك الشكل (A-14 و B و C) أن التركيز السام من B قد أثر في الصفات التشريحية لـ Hypocotyl عُقل الماش فقد اختزال عدد الحزم الوعائية وكذلك عدد الاوعية الخشبية من 14 حزمه و 6 أوعية في معاملة السيطرة إلى 8 حزمة و 4 أوعية في معاملة السُمية وبينما سُمك النسيج قد انخفض من (1325.1) إلى (1120.25) ومن جانب أخر فان سُمك القشرة وطول الحزمة الوعائية وقطرها قد ازداد من (98.26، 164.66، 205.13) في السيطرة إلى (210.42، 210.35، 110.13)، على التوالي وبشكل معنوي. لكن المعالجة بالزنك أثرت بالقياسات النسيجية لـ Hypocotyl فقد ازداد عدد الحزم الوعائية وعدد الاوعية وسُمك النسيج واختفت الفوارق الإحصائية مع معاملة السيطرة أما سُمك القشرة وطول الحزمة الوعائية وقطرها فقد انخفض مقارنة بسُمية البورون والمعالجة بكبريتات الزنك أصبحت القياسات النسيجية مساويا للسيطرة أحصائياً.

جدول (74): تأثير سُمية البورون في بعض القياسات النسيجية لـ Hypocotyle عُقل الماش والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment in	القياسات النسيجية (µm)					عدد الأوعية الخشبية
	عدد الحزم الوعائية 4x	سُمك النسيج 4x	سُمك القشرة 4x	طول الحزمة 4x	قطر الحزمة 4x	
d.w for 24h	14	1325.1	205.13	164.66	98.26	6
B 200 µg/ml for 24h	8	1120.25	210.42	210.35	110.13	4
ZnSO ₄ 15 ppm for 12h → B 200 µg/ml for 12h	12	1300.08	199.66	158.67	105.00	7
L.S.D (0.05)	1.99	52.87	69.57	16.26	10.89	1.12

4-2-2-3 دور الزنك في إزالة سُمية البورون بدلالة التغيرات النسيجية لـ Hypocotyl عُقل الخيار

يلاحظ من الجدول (75) وكذلك الشكل (A-15 و B و C) ان عدد الحزم الوعائية وعدد الاوعية فقد انخفض معنوياً من 8.8 الى 5.4 ، على التوالي لسُمية البورون حيث يلاحظ من الجدول ان جميع المؤشرات قد انخفضت معنوياً باستثناء قطر الحزمة الوعائية ازداد ، ولكن الزيادة لم تكن معنوية . أما المعالجة لها فقد تسببت في زيادة جميع المؤشرات معنوياً باستثناء قطر الحزمة الوعائية التي كانت الزيادة غير معنوية قياساً بمعاملة السمية بالبورون. علماً ان الزيادة في جميع المؤشرات لم تصل الى حد السيطرة.

جدول (75): تأثير سُمية البورون في بعض القياسات النسيجية لـ Hypocotyle عُقل الخيار والمعالجة بكبريتات الزنك

Treatment in	القياسات النسيجية (µm)					
	عدد الحزم الوعائية 4x	سمك النسيج 4x	سمك القشرة 4x	طول الحزمة 4x	قطر الحزمة 4x	عدد الأوعية
d.w for 24h	6	1549.65	425.67	305.63	170.28	8
B 300 µg/ml for 24h	4	1275.32	300.46	210.87	186.43	5
ZnSO ₄ 10 ppm for 12h → B 300 µg/ml for 12h	6	1375	374.36	259.57	189.31	7
L.S.D (0.05)	1.62	80.20	17.17	17.09	32.14	0.66

4-3-2-3- دور الزنك في إزالة سُمية البورون بدلالة التغيرات النسيجية لـ Hypocotyle عُقل الطماطة

يبين الجدول (76) وكذلك الشكل (A-16 و B و C) أن التركيز السام من البورون تسبب في زيادة معنوية عدد الحزم الوعائية في Hypocotyle عُقل الطماطة فقد ازدادت من 4 حزم في معاملة السيطرة إلى 6 حزم في معاملة السُمية بينما سُمك النسيج وسُمك القشرة وطول الحزمة و عرض الحزمة وعدد الأوعية في الحزمة فقد ازدادت معنوياً بأستثناء طول الحزمة من (173.76، 199.59، 1444.13) إلى (6.33، 250.53، 1857.62، 224.63، 201.83، 67، 349، 8.33) في معاملة السيطرة إلى (6.33، 250.53، 1857.62، 224.63، 201.83، 67، 349، 8.33) في معاملة السُمية. أما المعالجة بكبريتات الزنك وبالتركيز الأمثل أذ أنخفضت معنوياً عن معاملة السُمية بالبورون وقاربت قيم المعاملة غير المعرضة لاجهاد بأستثناء الزيادة المعنوية في عدد الحزم الوعائية وعدد الأوعية الخشب.

جدول (76): تأثير سُمية البورون في بعض القياسات النسيجية لـ Hypocotyl عُقل الطماطة والمعالجة بكبريتات الزنك

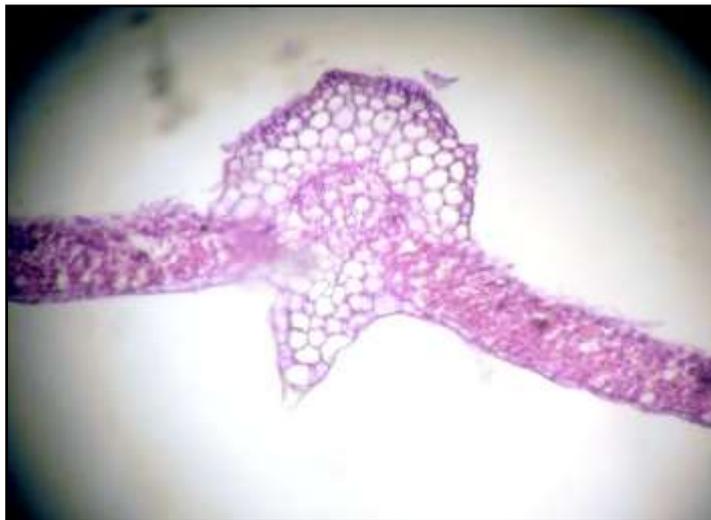
Treatment in	القياسات النسيجية (µm)					
	عدد الحزم الوعائية 4x	سمك النسيج 4x	سمك القشرة 4x	طول الحزمة 4x	قطر الحزمة 4x	عدد الأوعية
d.w for 24h	4	1444.13	199.59	173.76	250.53	6.33
B 400 µg/ml for 24h	6	1857.62	224.63	201.83	349.67	8.33
ZnSO ₄ 15 ppm for 12h → B 400 µg/ml for 12h	7	1456.45	201	150.42	275.38	11
L.S.D (0.05)	0.66	67.37	20.91	32.75	22.27	1.48



-A-



-B-



-C-

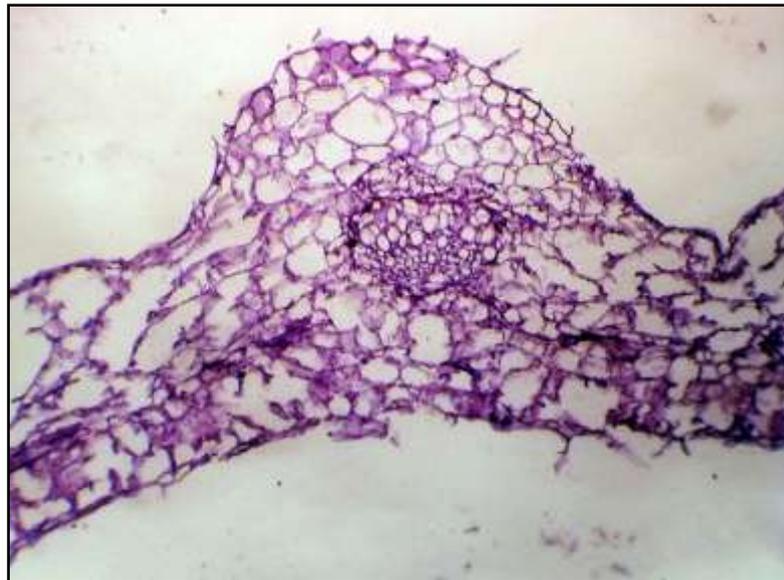
شكل (11) المقاطع المستعرضة لأوراق عقل الماش (A- أوراق السيطرة ، B- أوراق السمية، C- أوراق المعالجة).



-A-

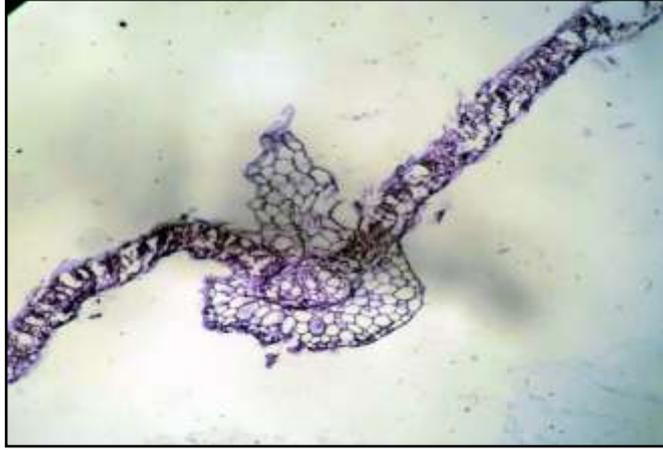


-B-



-C-

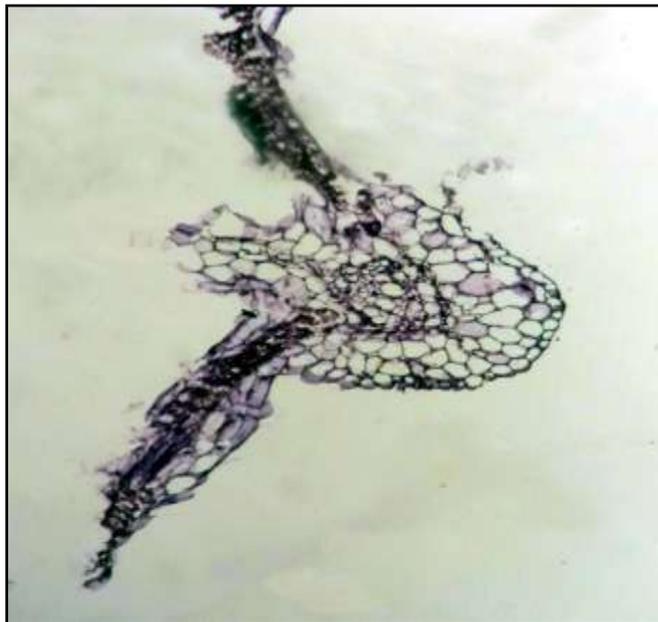
شكل (12) المقاطع المستعرضة لأوراق عقل الخيار (A- أوراق السيطرة ، B- أوراق السُمّية، C- أوراق المعالجة).



-A-



-B-



-C-

شكل (13) المقاطع المستعرضة لأوراق عُقل الطماطة (A- أوراق السيطرة ، B- أوراق السُمّية، C- أوراق المعالجة).



-A-

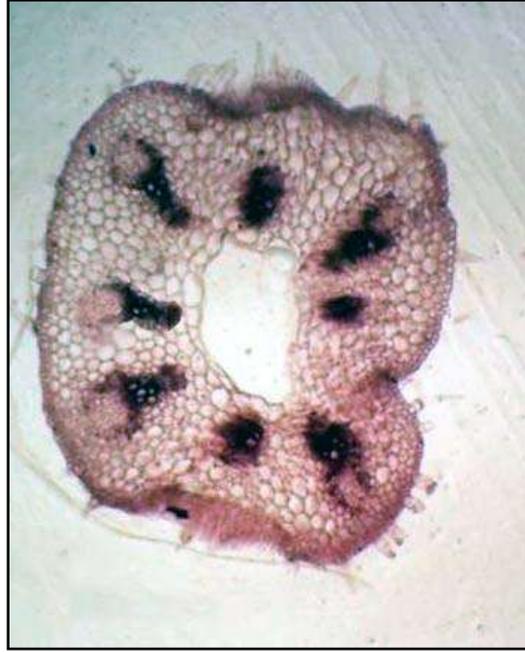


-B-

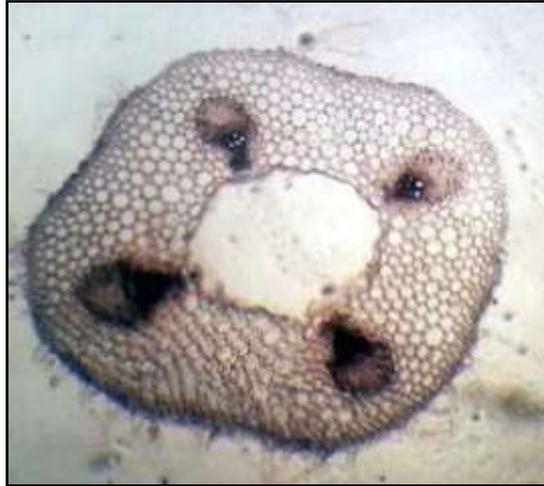


-C-

شكل (14) المقاطع المستعرضة لـ Hypocotyl عُقل الماش (Hypocotyl -A) السيطرة ، Hypocotyl -B ، السمية، Hypocotyl -C المعالجة).



-A-



-B-

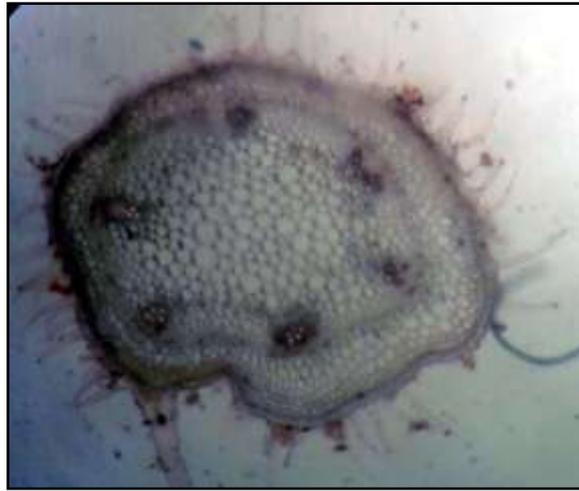


-C-

شكل (15) المقاطع المستعرضة لـ Hypocotyl عُقل الخيار Hypocotyl -A السيطرة ، Hypocotyl -B ، السمية، Hypocotyl -C المعالجة).



-A-



-B-



-C-

شكل (16) المقاطع المستعرضة لـ Hypocotyl عُقل الطماطة (A) Hypocotyl السيطرة ، B -Hypocotyl السمية، C -Hypocotyl المعالجة).

5- المناقشة Discussion

في هذه الدراسة تم التحري عن دور الزنك في تحسين تحمل نباتات مختلفة في حساسيتها لسُمية البورون كالماش (الحساس) والخيار (معتدل التحمل) والطماطة (المتحمل) من خلال آليات مختلفة وبدلالة استجابة التجذير في عُقل كل من الماش والخيار والطماطة من خلال استخدام تقنية المحاليل المغذية حيث تم اعتماد محلول هوكلاند كوسط متوازن وبنصف القوة في تنمية البادرات، وهذا يتفق مع دراسة كل من علواني (2004) و عبد الكاظم (2013).

وتم تحديد مستويات سُمية البورون Toxic levels في هذه النباتات الثلاثة المشار إليها بالاعتماد على أختزال مؤشرات النمو بدلالة عدد الجذور العرضية المتكشفة في عُقل النباتات الثلاثة إلى النصف (50%) فضلاً عن ظهور الاعراض المورفولوجية المرافقة للتسمم، حيث اختزل عدد الجذور إلى النصف تقريباً في التراكيز السامة للبورون 200، 300، 400 مايكرو غرام/مل إلى 4.92 في الماش (جدول،4) وإلى 14.42 في الخيار (جدول،5) وإلى 9.08 في الطماطة (جدول،6) مقارنة مع عُقل السيطرة لكل من للانواع النباتية أعلاه وبنسبة انخفاض 55.16% ، 50.83% ، 53.49% ، على التوالي. وهذا يتفق مع Fujiwara et al. (2010) إذ أشار إلى إن B من العناصر الصغرى الضرورية لنمو وتكشف النبات والتراكيز المناسبة لنمو النبات قليلة جداً ويكون ساماً للنبات عندما يتواجد في تراكيز عالية في وسط النمو. وفي دراسة Dannel et al. (1997) اشاروا الى ان التجهيز الخارجي للـB يحدد مستويات البورون في النبات ووجدوا أن أستعمال المحاليل الغذائية الحاوية على تراكيز عالية من B ينتج عنه زيادة في امتصاص B بواسطة النبات أكثر من المستوى الطبيعي ويؤدي الى التسمم وتنفق مع العيساوي (2010) الذي وجد انخفاضاً في استجابة تجذير عُقل الماش المعرضة للسُمية بالبورون. والانخفاض في استجابة التجذير يعزى إلى انخفاض الحاصل في متطلبات التجذير الاساسية كالأوكسين جداول (41 ، 42 ، 43) ، الكاربوهيدرات جداول (38،39،40) البروتينات جداول (35،36،37) فضلاً عن نقلها إلى قاعدة العُقلة (منطقة التجذير). بالإضافة إلى اضطراب النفاذية وضرر الأغشية جداول (26،27،28) بسبب العمليات التأكسدية للـROS التي ازدادت عند التعرض إلى سُمية البورون (Scandlions,1993) مما سلباً انعكس في استجابة التجذير.

ان لارتفاع تراكيز البورون أثراً معنوياً في مؤشرات النمو والعمليات الفسلجية والجوانب التشريحية لاجزاء النبات ويعد محتوى الكلوروفيل مؤشراً مهماً لضرر عملية البناء الضوئي المستحث بواسطة الإجهادات البيئية (Maxwell and Johnson, 2000). لذلك تم التحري عن التغير في المحتوى الكلوروفيلي لعُقل النباتات وبيّن جدول(5) أن التراكيز السامة للبورون (200،300،400) مايكرو غرام/مل اختزلت محتوى الكلوروفيل الكلي لكل من عُقل الماش والخيار

والطماطة، فضلاً عن ظهور الأعراض المورفولوجية والمتمثلة بقلة الكلوروفيل Chlorosis وظهور بقع نخرية بنية Necrosis على حواف الأوراق الأولية للعُقل في الأنواع النباتية قيد الدراسة نتيجة لتراكم B في قِمم وحواف الأوراق (Brown and Shelp, 1997). وتتفق هذه النتائج مع ماتوصل إليه (Shaheed and Muhammad, 2010) في عُقل الماش ومع (Cervilla et al., 2012) في الطماطة ومع (Wang et al., 2010) في الخيار. ان ظهور البقع النخرية في حواف الأوراق لانواع النباتات قيد الدراسة في التراكيز السامة من البورون تعود إلى تلف أغشية الـ Thylakoids حيث اقترح (Pereira et al., 2000) أن واحداً من الاسباب الممكنة في اختزال عملية البناء الضوئي بواسطة البورون الزائد هو تلف الـ Thylakoids. وبالتالي يؤدي الى تغير في نسبة النقل الالكتروني مما ينعكس في تمثيل CO₂ الذي يمكن ان يحدد بالاختزال الثغري حيث ينخفض معدل النتح في عُقل الماش عند التراكيز السامة من البورون جدول (11) وهذا يتفق مع (Shaheed and Muhammad, 2012)، وان هذه الأحداث يمكن ان توضح النقص في محتوى الكلوروفيل في الأوراق (Han et al., 2009; Chen et al., 2012) من خلال تلف الكلوروبلاست (Papadakis et al., 2004) في النباتات النامية تحت ظروف سُمية البورون. كما ان البورون يستحث التغيرات في خلايا النسيج المتوسط في الورقة جداول (71,72,73) وخفض فعالية بعض الإنزيمات المشتركة في تمثيل ثاني اوكسيد الكربون phosphatase و fructose-1,6 - bisphosphate و ribulose-1,5-bisphosphate و carboxylase/oxygenase ويحد أيضاً من اختزال NADPH واستعمال ATP وهذا التثبيط في نسبة النقل الالكتروني يحدث إجهاداً تأكسدياً يولد ROS في الكلوروبلاست مما يؤكسد الجزيئات العضوية في الكلوروبلاست مثل الدهون ومن المحتمل ان تؤدي إلى موت الخلية. وكنتيجة لهذه الأحداث فإن الأعراض المرئية التي تقع في حواف الأوراق هي نتيجة تراكم البورون بدرجة كبيرة (Guidi et al., 2011). ان الاختزال الكبير لصبغة الكلوروفيل، تحت ظروف اجهاد الـ B في أوراق عُقل النباتات الثلاثة اختزل معنوياً. والنتائج متوافقة مع دراسة (Hasnain et al., 2011) الذين وجدوا انخفاضاً في كمية Chlorophyll في أوراق Mung bean ومع دراسة (Cervilla et al., 2012) في أوراق الطماطة ومع دراسة (Prabhu inbaraj and Muthuchellan, 2011) في أوراق اللوبيا Cowpea عند التعرض إلى التراكيز السامة من B. ومن جانب آخر، فان الأعراض المبكرة لسُمية B هو نقصان الكلوروفيل الذي له علاقة بقلة امتصاص Mg⁺² (Reinbott et al., 1997). كما أن نسبة (maximum Fm/ Fv quantum yield chlorophyll fluorescence) تتخفض في كثير من النباتات بعد التعرض إلى سُمية B (Guidi et al., 2011) وفي بعض الأحيان الانخفاض في نسبة Fm/Fv يكون مرتبط

مع زيادة F0 (minimal chlorophyll fluorescence) الذي يرتبط بشدة مع ضرر تركيب غشاء Thylakoids (Havaux and Lannoye, 1985) والانخفاض في نسبة Fm/Fv يشير إلى أن الأوراق مثبطة ضوئياً *photoinhibited*. وكما هو معروف في مثل هذه الظروف تكون جزئية الأوكسجين تمثل المستقبل البديل للإلكترونات (Velez- Ramirez *et al.*, 2011) والذي يؤدي إلى تكوين ROS وهذا الحدث يمكن أن يشرح النقصان الملاحظ في محتوى أوراق العُقل من صبغة الكلوروفيل المعرضة إلى سُمية البورون (Han *et al.*, 2009; Chen *et al.*, 2012; Landi *et al.*, 2013). أو أن الإجهاد بالبورون ثبط التخليق الحيوي للكلوروفيل أو ينشط فعالية انزيم Chlorophyllase (Gunes *et al.*, 1996). كما سجلت نتائج الوزن الطري والجاف في الدراسة انخفاضاً لعُقل بادرات الماش والخيار والطماطة المعاملة بالتراكيز السامة من البورون، إذ أشار عدد من الباحثين إلى وجود اختزال بمعدل الكتلة الحيوية الجافة يتبعها بالاتجاه نفسه الكتلة الحيوية الرطبة مع وجود البورون السام، الاختزال في الكتلة الحيوية يمكن أن يسهم في نقصان ومحدودية نقل الماء وتجهيز المغذيات إلى الأجزاء الخضر في وجود كميات مفرطة من العناصر الصغرى. التأثير السلبي للبورون السام قد ذكر أيضاً من قبل Alpaslan and Gunes (2001) و Sotiropoulos *et al.* (2002) كما أن انخفاض الوزن الجاف والطري قد يكون بسبب عدم التوازن الغذائي المتسبب بسُمية B وكذلك إنتاج ROS (Karabal *et al.*, 2003; Landi *et al.*, 2013) وقلة معدل النتج جدول (11) وقلة التوصيل الثغري واختزال عدد الحزم الوعائية جدولين (74 و 75) وبالتالي قلة امتصاص العناصر الغذائية من وسط النمو إلى داخل النبات (النتروجين، الفسفور، البوتاسيوم والمغنيسيوم) التي تدخل في تكوين الأغشية الخلوية وبناء البروتينات والأحماض النووية (DNA و RNA) وكذلك اختزال معدل البناء الضوئي وقلة نقل المغذيات (Anjum *et al.*, 2012). وقد يعزى سبب انخفاض الوزن الطري إلى انخفاض المستوى المائي للعُقل المعرضة إلى إجهاد البورون بسبب غلق الثغور كما أن انخفاض عدد أوعية الخشب وعدد الحزم الوعائية جدولين (74 و 75) أدى إلى انخفاض كفاءة العُقل لسحب الماء وبالتالي قلة الوزن الطري. ويمكن أن يُنسب إلى الانخفاض في المساحة الورقية جدول (10) المؤدي لمستوى واطيء من البناء الضوئي لينتهي بتحديد تجهيز الخلايا بالكاربوهيدرات التي تحتاجها أثناء النمو (Munns, 2002).

ومن المؤشرات الأخرى: اختزال المساحة الورقية وقد لا يكون السبب الرئيس في تقيد أو كبح نمو النباتات المعرضة لسُمية البورون هذه الحالة لا تكون مرتبطة فقط بصغر حجم الورقة بل مع حجم Chlorosis للورقة. فقد وجد Hasnain *et al.* (2011) انخفاضاً خطياً في المساحة الورقية في نبات الماش بزيادة مستويات البورون كما بين Perrot-Rechenmann *et al.* (2010) أن الأوكسين

الحر يلعب دوراً مهماً في انقسام الخلايا المرستمية للمجموع الخضري وانخفاضه بسبب سُمية البورون في عُقل النباتات الثلاثة جداول (38 و 39 و 40) سبب قلة معدلات الانقسام مما يؤدي إلى قلة المساحة الورقية.

ان معدل النتح في العُقل يقل بشكل كبير ومعنوي عند تجهيز B السام جدول(11) إذ أن اختزال معدل النتح هو أحد مقاييس التأثيرات السامة في نمو النبات (Trapp *et al.* , 2000; Yu *et al.*, 2008) حيث يسبب البورون قلة في التوصيل الثغري و انخفاض معدل النتح (Eraslan *et al.*, 2008) ويعود انخفاض معدل النتح إلى اختزال مساحة الورقة فضلاً عن ان انخفاض الكتلة الحيوية للورقة يسبب حدوث صرف drainage عالي عند التجهيز العالي من البورون وبالتالي قلة النتح (Goldberg *et al.*, 2003). ومن المدهش فان الانخفاض في معدل النتح في عُقل النباتات الثلاثة قد حصل في 24 ساعة (مدة المعاملة بالبورون السام) فكانت نسبة الانخفاض الأكثر في الماش (الحساس) بنسبة 59.6% وفي الخيار (معتدل التحمل) بنسبة 57.17% وفي الطماطة (المتحمل) بنسبة 47.64% وهذا يعود إلى اختزال عدد الحزم الوعائية إلى حوالي النصف تقريباً في كل من الماش والخيار مقارنة بالسيطرة جدولين(74 و75) وبالتالي عرقلة أو قلة صعود الماء إلى الأوراق. وتتفق هذه النتائج مع نتائج العيساوي (2010) وعبد الكاظم (2013) اللذين بيئا حصول انخفاض في معدل النتح في عُقل الماش المعرضة إلى التركيز السام من البورون والسلينيوم، على التوالي. وبيّن (Putra *et al.* (2012) وجود علاقة خطية بين قلة عرض الثغرة والتوصيل الثغري ومعدل النتح مع زيادة البورون في نباتات Rastali.

علاوة على ما تقدم فقد ، بيّنت نتائج الدراسة الحالية زيادة شدة الإجهاد على نبات الماش (عُقل/بادرات) من جانب وقلة دليل التحمل من جانب آخر لكونه من الأنواع الحساسة للبورون (جدولين 12 و13) وعلى العكس من ذلك فان نبات الطماطة قد وصفت بقلة شدة الاجهاد بينما كان دليل التحمل عالياً جداً (لكونه من الأنواع المتحملة للبورون). وفي الوقت ذاته فان نبات الخيار يمثل حالة وسطية بالنسبة للإجهاد أعلاه (لأنه من الأنواع معتدلة التحمل للبورون). ومن الأدلة التي تؤكد ما ذكر أعلاه هو التدرج التصاعدي في تركيز البورون السام بين الأنواع الثلاثة (200، 300، 400 مايكرو غرام/مل) وهي الماش، الخيار والطماطة ، على التوالي . وأن التوافق بين أقل التراكيز السامة للبورون 200 مايكرو غرام/مل وأكثر الأنواع حساسية يتمثل بالماش وعلى العكس من ذلك فقد تحمل نبات الطماطة لأعلى التراكيز السامة من البورون 400 مايكرو غرام/مل، بينما الخيار ما يزال حالة وسطية 300 مايكرو غرام/مل كما وصف أعلاه .

كما تم التحري في هذه الدراسة عن أفضل ملح من أملاح الزنك بعد تحديد التركيز الأمثل من كل من هذه الاملاح في تخفيف سُمية البورون للأنواع النباتية قيد الدراسة باعتبارها أحد عوامل

الاجهادات البيئية. أن النباتات التي تتعرض إلى ظروف الإجهاد تتطلب تجهيزات إضافية من المغذيات المعدنية وخصوصاً النتروجين والبوتاسيوم والمنغنيسيوم والكالسيوم والزنك لتقليل تأثيرات الإجهاد، وبقاء وانتاجية النباتات المعرضة للإجهادات البيئية تعتمد على قابليتها لتطوير ميكانيكيات التكيف لتحاكي تأثير الإجهاد والأدلة المقترحة بأن حالة المغذي المعدني للنباتات كثيراً ما تؤثر بالإيجاب على قابلية التكيف إلى الظروف البيئية المجهدة، ولمعرفة التراكيز الأمثل من أملاح الزنك في إزالة سمية البورون لكل نوع نباتي فقد بينت نتائج الجدول (14-22)، ان لنوع الملح تأثيراً في استجابة التجذير لعُقل الماش والخيار والطماطة. حيث تفوقت كبريتات الزنك على نترات الزنك وكوريد الزنك المستعملة في معدل عدد الجذور العرضية المتكشفة لعُقل النباتات أعلاه، فكانت أعلاها في الكبريتات أذ بلغت 12.25، 26.25 و 41.83 جذراً في التراكيز 15 و 10 و 15 جزء بالمليون لكل من الماش والخيار والطماطة، على التوالي. لذا فان كبريتات الزنك هي الأفضل وبالتركيز الأمثل منها لكل نوع نباتي هي التي اعتمدت في إزالة سمية البورون. علاوة على ذلك، بينت الجداول أن للنوع النباتي تأثيراً في استجابة التجذير حيث كان أقصاها في الطماطة يليها الخيار ثم الماش. وبعبارة أخرى فان استجابة التجذير قد تتناسب طردياً مع زيادة قيم دليل التحمل وعكسياً مع شدة الإجهاد. من جانب آخر، فأن لتركيز الملح تأثيراً في عدد الجذور المتكشفة حيث كان أقصى بدلالة استجابة التجذير عند التركيز 15 أو 10 جزء بالمليون للكبريتات، في حين كان التركيز 100 جزء بالمليون من كلوريد الزنك مثبطاً بالكامل لكل من الماش والخيار والطماطة.

من الواضح أن للكبريتات دوراً خاصاً في الأحماض الأمينية الحاوية على الكبريت cysteine و methionine ولذلك لها دور في البناء الحيوي للبروتين و DNA وهذا ينعكس على المتطلبات اللازمة لكل من انقسام الخلايا واستطالتها في طور نشوء ونمو وتكشف الجذور العرضية في العُقل (Wirtz and Hell, 2006). فضلاً عن أن البناء الحيوي للـ cysteine له دور مهم في امتصاص الكبريت المختزل وتحوله إلى مركبات مضادة للأكسدة مثل glutathione (GSH). بالإضافة الى ان نقص الزنك سبب خفض نسبة التجذير بدلالة عدد الجذور المتكشفة في نبات اليوكالتوس *Eucalyptus globulus* مقارنة بالمعاملة بـ 30 - 60 مايكرومول زنك لأن نقص الزنك يؤثر في اضطراب ايض الاوكسين لكونه مطلوباً في التخليق الحيوي للتربتوفان البادي وأعلى عدد للجذور كان في التركيز 60 مايكروغرام/مل قد يشير بأن تركيز الزنك العالي في طور التحفيز يؤثر في تركيز الاوكسين وبذلك يحسن استجابة التجذير (Schwambach et al., 2005). وأشار (Blazich 1988) الى ان عُقل العنب الماخوذه من كرمات خصبت بالزنك تجذر بنسب عالية وبنوعية أفضل من عُقل الكرمات غير المخصبة. وبعبارة أخرى فان أيونات الزنك لايمكن الاستغناء عنها في البناء الحيوي لعوامل النمو ونقص الزنك يوقف إنتاج التربتوفان (المادة الاصل لبناء IAA)

(Stanisławski, 1977). والبيانات المنشورة من قبل Szydło وجماعه (2007) تؤكد أيضاً دور الزنك في تحفيز تجذير العُقل الساقية من شجيرات الزينة. كما بيّنت نتائج الدراسة الحالية أن التراكم العالية من أملاح الزنك كانت مثبطة للتجذير وخصوصاً كلوريد الزنك. وبيّن James (2003) أن Zn يحسن التجذير عند التراكم الواطئة في أنسجة العُقل. كما ذكر Mangal *et al.* (2013) بأن الزنك يعمل كمغذي في تراكيز معينة تلك التي هي أقل من 50 ppm لكنه يؤثر عكسياً في النمو حيث يتسبب في خفض الوزن الطري والجاف ومحتوى الكلوروفيل والكاروتينات في أوراق *Cyamopsis tetragenotobe* والباميا *Abelmischnus esculentus*. كما وجد Vassiler *et al.* (2011) انخفاضاً في الوزن الطري، المساحة الورقية، معدل البناء الضوئي، التوصيل الثغري ومعدل النقل الاكتروني وتراكم isoprenoids في الفاصوليا (*Phaseolus vulgaris* L.cv.lodi) في التراكيز الأكثر من 50ppm. حركيات التفاعلات البايوكيميائية في ستروما الكلوروبلاست توجه بفعالية إنزيم Ribulose 1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase (Rubisco) والذي يعد حساساً إلى التراكيز السامة من الزنك (Tsonev and Lidon, 2012) وبالرغم من ان الكاتيونات الثنائية تلعب دوراً رئيساً في فعالية انزيم (Rubisco) والتوازن بين ارتباطها بالاكسجين أو ثاني اوكسيد الكربون (Lorimer,1981) حيث أشار Hossain *et al.*(2012) الى ان الزنك باعتباره ثنائي الشحنة يحل محل Mg^{++} في تركيب أنزيم (Rubisco) وبالتالي يسبب فقدان فعالية الإنزيم (Rubisco). وقد حصلت زيادة معنوية في استجابة التجذير في الماش والخيار والطماطة المعاملة بكبريتات الزنك وكانت نسبة الزيادة 26.34% و 35.16% و 101.59% في التراكيز 15 ، 10 و 15 جزء بالمليون ،على التوالي، ومن اجل السيطرة على سُمية البورون يجهز الزنك بالتركيز الامثل للتجذير من كبريتات الزنك.

هذا من جانب آخر فإن السيطرة على ظاهرة التسمم بـ B قد تمت بتجهيز كبريتات الزنك عند التركيز الأمثل للتجذير (15 جزء بالمليون) بالنسبة إلى عُقل الماش والطماطة (10 جزء بالمليون) بالنسبة إلى عُقل الخيار. وعندما تجهز $ZnSO_4$ وبالتركيز الأمثل بدلالة التجذير قبل وبعد ومعاً مع التركيز السام من البورون (في آن واحد) جداول (23 و 24 و 25) فقد تبين بأن كبريتات الزنك ذات تأثير محفز قياساً بالسيطرة (المعاملة بالماء المقطر) لكل من عُقل الماش والخيار والطماطة وأن التركيز السام من البورون ذو تأثير تثبيطي قياساً بالسيطرة أيضاً وأن كبريتات الزنك لا يؤثر في إزالة سُمية B عندما يجهز بعد B أو في آن واحد (معاً) ولكنها قادرة على إزالة سُمية الـ B عندما يجهز قبل التعرض لسُمية البورون (أي دوراً وقائياً) فضلاً عن استحداث زيادة في إستجابة التجذير حيث قدرت الزيادة بـ 4.90% عن السيطرة بالنسبة إلى الماش جدول (23) وبالأسلوب نفسه في عُقل الخيار والطماطة ونسبة زيادة 2.72 و 8.22% عن السيطرة ،على التوالي. إذ تقوم كبريتات الزنك

بإزالة سُمية البورون عندما تجهز قبل استخدام البورون Pre – treatment في الانواع النباتية الثلاثة قيد الدراسة وأُعدت التجهيز المسبق للكبريتات في تجارب ازالة السُمية.

دعمت النتائج الأخيرة من قبل (Sinha *et al.*, 2000) الذين اشاروا إلى وجود تداخل تعاوني بين الزنك والبورون في نبات الخروع mustard عندما تجهز سوية في التراكيز الواطئة أو العالية و (Hosseini *et al.*, 2007) الذين أشاروا إلى وجود تداخل معنوي بين الزنك والبورون في نمو وتركيز المغذيات في نبات الذرة. وبشكل عام التأثير تضادي في الطبيعة (وسط النمو) على تركيز المغذيات وتعاوني في نمو النبات (Nasim, 2010).

وأيونات الزنك عرفت بانها مثبتبات قوية لانزيم NADPH oxidase في خلايا جذور الفاصوليا والقطن ونقص الزنك يسبب زيادة في فعالية الانزيم وانتاج O_2^- واستئناف تجهيز الزنك للنبات اعلاه لمدة 12 او 24 ساعة سبب اختزلاً مميزاً في فعالية الإنزيمات وتوليد O_2^- (Pinton *et al.*, 1994; Cakamk and Marscher, 1988). كما ان الانتاج العالي لـ H_2O_2 عند الاجهاد التأكسدي يثبط تكوين الجذور في عُقل الماش (Pal Singh *et al.*, 2009) ، في خلايا مزارع التبغ ، الملح حث توليد O_2^- بواسطة انزيم NADPH oxidase الذي ثبط بقوة بواسطة الزنك. وفي أغلب الاحيان فان تحسين حالة الزنك التغذوية للنباتات النامية في ظروف ملحية كان له دور في حماية النباتات من سُمية الاملاح وهذا الدور منسوب إلى دوره في حفظ تركيب وسلامة الغشاء البلازمي والسيطرة على أخذ الأيونات السامة وكذلك من ضرر مهاجمة لـ ROS (Cakamk, 2005).

إن تأثيرات سُمية البورون في نفاذية الاغشية لخلايا أنسجة الورقة لعُقل الماش والخيار والطماطة قد بينتها جداول (26 و 27 و 28) ، اذ كان للبورون أثر سلبي في نفاذية الغشاء مقارنة بالسيطرة وهذه النتائج متفقة مع (Inal and Tarakcioglu, 2001) وكانت نفاذية الغشاء بدلالة (EC) في عُقل الماش 45.80% وبنسبة زيادة 111.05% بينما وصلت نفاذية الغشاء في الخيار والطماطة إلى 40.61 و 38.70% ان هذه النتائج تؤكد كون الماش حساساً للبورون اذ تزامنت أعلى نسبه مئوية من التلف بدلالة EC مع أوطأ التراكيز السامة للأنواع الثلاثة وهي 200 مايكروغرام/مل للبورون مقارنة بال 300 و 400 مايكروغرام/مل للخيار والطماطة ،على التوالي. واستنادا إلى (Sairam *et al.*, 1998) والى (Sairam and Saxena, 2000) ان الأنواع النباتية تستجيب بشكل مختلف إلى الضرر التأكسدي نتيجة للاختلاف في أنظمة المضادات للاكسدة تحت ظروف الاجهاد. و يبدو ان تحمل سُمية البورون تعتمد على الاختلافات في أخذ البورون ونقله في النباتات واستبعاد البورون حيث أن اكثر مقاومة لسُمية البورون وبميكانيكية الاستبعاد تسيطر النباتات على أخذ البورون

الزائد بالرغم من ان امتصاص البورون مسيطر عليه بعملية النتج وتحت ظروف البورون الزائد فان امتصاص البورون يكون سلبياً وينتشر في خلايا أنسجة الورقة.

كانت نسبة ضرر الغشاء البلازمي في البادرات أي بوجود الجذور أقل مما في العُقل وكانت 83.74% و 42.59% و 9.91% لبادرات كل من الماش، الخيار والطماطة عند تعريضها لسُمية البورون وهذا ما يؤكد ميكانيكية الاستبعاد على مستوى الجذور، وجاءت النتائج متوافقة مع Jamil et al. (2008) عند تعريض بادرات نبات السلجم *Brassica napus* إلى تراكيز متزايدة من كلوريد الصوديوم ارتفعت النسبة المئوية للضرر في الغشاء البلازمي من 15% عند معاملة السيطرة إلى 40% عند المعاملة الملحية 14.1 ديسي سمينز/متر تعزى إلى زيادة تكوين ROS بسبب سُمية البورون الذي ينتج عنه الإجهاد التأكسدي (Landi et al., 2013). وهذه الجذور الحرة لها ألفة عالية لأكسدة الليبيدات في الغشاء البلازمي ومن ثم تفقد خاصيتها الانتخابية وبالتالي زيادة %EC والنقصان في استقرارية الغشاء البلازمي يعكس مدى أكسدة الدهون المتسببة بـ ROS (Zlatev and Lidon , 2012).

ومن المؤشرات المهمة لضرر سُمية البورون هو تلف الأغشية الحيوية بسبب عمليات الأكسدة الدهون الغشائية وبالتالي زيادة MDA (جداول 29 و 30 و 31) والذي ينتج من أكسدة الدهون Lipid peroxidation وهذه الأكسدة هي مؤشرات لتلف الأغشية تحت ظروف الاجهاد (Mansoor and Naqvi, 2013) وخاصة الإجهاد المعدني حيث تعمل ROS على تحطيم الأغشية الحيوية ، وان عُقل بادرات الماش والخيار والطماطة المعرضة إلى سُمية البورون اظهرت زيادة في مستويات MDA، والتي ذكرت سابقاً في نباتات الطماطة (Cervilla et al., 2007, 2012) والعنب *Vitis vinifera* (Gunes et al., 2006) والعرموط pear (Wang et al., 2011) والفسنق Chickpea (Ardic et al., 2009) والبطاطا (Ayvaz et al., 2013). وعلى أي حال فان المستويات الواطنة للـ MDA قد سجلت في أوراق عُقل الطماطة (المتحمل) المعرضة إلى التراكيز السامة من البورون مقارنة مع الخيار (معتدل التحمل) والماش (الحساس). أن هذا تزامن مع نتائج الدراسة الحالية حيث تبين أن الطماطة يمكن أن توقف أو تقلل الضرر التأكسدي من خلال تشجيعها مضادات الأكسدة اللانزيمية المتمثلة بـ GSH و ASA جدولين (55 و 58) والإنزيمية المتمثلة بـ APX, SOD جدولين (64 و 70). كما لاحظ Demiral and Turkan (2005) بان محتوى MDA المنخفض هو مرتبط مع تحمل الاملاح في أصناف الرز المتحملة مقارنة مع الأصناف الحساسة. وعند تجهيز كبريتات الزنك قبل التعرض إلى سُمية البورون فقد منع أكسدة الدهون بدلالة MDA وبالتالي حافظ على مستواه كما هو عليه في العُقل غير مجهدة أي ان كبريتات الزنك قللت من محتوى MDA. وكثير من الابحاث أشارت إلى ان نقص

الزنك يستحث الإجهاد التأكسدي والذي يثبط بشكل كامل عند التجهيز الكافي من الزنك (Cakmak, 2000; Cakmak and Marschner, 1998 a,b) وهذا يشير بان الزنك يلعب دوراً مهماً في تعديل إنتاج ROS وحفظ التوازن الخلوي لها (Powell,2000) حيث بيّن (Gunes (2009) بان إضافة الزنك يخفف أعراض سُمية البورون بوساطة منع ضرر الإجهاد التأكسدي للغشاء البلازمي وخفض مستويات MDA .

ومن المؤشرات المهمة لضرر سُمية البورون هو تلف الاغشية الحيوية بسبب عمليات الأوكسدة للدهون الغشائية وبالتالي زيادة محتوى MDA في أوراق كل من الماش والخيار والطماطة وهذه الزيادة هي المؤشرات لتلف الأغشية الحيوية تحت ظروف اجهاد البورون باعتباره اجهدا تاكسديا وقدح إنتاج الجذور الحرة حيث تعمل هذه الجذور الحرة على تحطيم الاغشية الحيوية مسببة زيادة محتوى MDA وعلى أي حال بان المستويات الواطنة للـ MDA قد سجلت في أوراق عُقل الطماطة المعرضة إلى التراكيز السامة من البورون مقارنة مع الخيار معتدل التحمل والماش الحساس ان هذا يتزامن مع توقف الضرر التأكسدي في الطماطة من خلال تشجيعها مضادات الأوكسدة اللانزيمية المتمثلة بـ GSH و ASA جدولين (58 و 55) والإنزيمية المتمثلة بـ SOD و APX جدولين (64 و 70) .

ان أكسدة لبيدات الغشاء نتيجة لزيادة تركيز البورون قد حصلت في البصل (Alpaslan and Gunes, 2001) والبطاطا والخيار (Inlal and tarakcioglu, 2001) لكن المعالجة بالزنك سببت انخفاضاً معنوياً في نسبة الضرر للغشاء البلازمي تحت ظروف سُمية البورون وتبين من خلال نتائج هذه الدراسة دور الزنك في المحافظة على سلامة الأغشية.

اما بخصوص فعالية انزيم Lipoxygenase (LOX) فقد بيّنت الجداول (32، 33، 34) أن المستوى الابتدائي لفعالية هذا الإنزيم كانت متقاربة في كل من الماش والخيار (0.158 و 0.140) ملي مول/غم وزن طري للورقة) ،على التوالي، بينما ارتفعت في الأنواع المتحملة كالطماطة إلى 0.199 ملي مول/غم أي بنسبة زيادة 26% تقريباً عن فعاليتها في الماش.

ان تعرض عُقل الانواع الثلاثة لإجهاد البورون قد حفز زيادة فعالية هذا الإنزيم عند النوع النباتي الحساس (أي الماش) وبنسبة 41.7% عن السيطرة بينما لم تكن الزيادة في الخيار والطماطة واضحة مقارنة بالسيطرة لكل نوع. وذلك لكونها من الأنواع المعتدلة التحمل والمتحملة ،على التوالي. ومن جانب آخر فان تجهيز الـ ZnSO₄ لمعالجة سُمية الـ B قد حافظت على فعالية الانزيم كما هو عليه في عينة السيطرة (المستوى الابتدائي) لكل من الأنواع الثلاثة. حيث أن الزنك يرتبط مع مجاميع

SH لبروتينات الغشاء ويحمي البروتينات والفوسفوليبيد من Thiol oxidation وتكوين Disulfide (Chvapil, 1973). أن الأخير يحصل أما بالارتباط المباشر أو الارتباط بمواقع قريبة

من مجاميع Sulfhydryl أو التغيير الفراغي مما يظهر استقرارية للإنزيمات وبروتينات الغشاء الخلوي وتركيب الدهون (Sharma *et al.*, 1994). أي أن إضافة الزنك اختزلت تأثيرات الإجهاد التأكسدي المستحث بسُمية البورون من خلال نقصان هذه المؤشرات المتمثلة بانخفاض MDA وفعالية Lipoxgenase ونقصان التوصيلية الكهربائية ، وهذا مايشير إلى تداخله مع السلامة التركيبية للغشاء جداول(26،27،28) ان هذه النتائج جاءت متوافقة مع (Tavallali *et al.* (2010) الذين بينوا بان الزنك يحمي بادرات Pistachio من الإجهاد التأكسدي المستحث بملح NaCl من خلال تثبيط أكسدة دهون الغشاء بدلالة محتوى MDA وفعالية إنزيم LOX.

ومن الأضرار الأخرى المهمة لسُمية البورون هي قلة البروتين من جراء تلف الأغشية وكانت نسبة الانخفاض الأعلى في الماش والأقل في الطماطة والخيار حالة وسطية باعتباره معتدل التحمل وهذا النقصان في كمية البروتين بسبب زيادة البورون تعمل على تثبيط تصنيع البروتين (Gonzalez-fontes *et al.*, 2008). حيث بيّن (Molassiotis *et al.* (2006) ان ROS التي تنتج تحت الاجهاد هي مؤكسدات قوية Strong oxidizing species تسبب ضرراً تأكسدياً للجزيئات الحيوية مثل البروتينات والدهون. وهذا يؤدي إلى قلة البروتينات والدهون. وهذا ما أكدته (Lindi *et al.* (2013) بان سُمية البورون تسبب أكسدة الدهون الغشائية وتلف الأغشية والبروتينات. كما اشار (Mahboobi *et al.* (2000) إلى انخفاض محتوى البروتين في أوراق بادرات الشعير بعمر عشرة أيام في الأصناف الحساسة لكنه لم يتغير في النباتات المتحملة عند معاملتها بالبورون السام. لكن عند المعالجة بكبريتات الزنك استطاعت العقل المحافظة على كميات البروتين في الأوراق كما في العقل غير المجهد وذلك من خلال تخفيف الضرر التأكسدي المستحث بالبورون من خلال تشجيع مضادات الأكسدة الإنزيمية واللا إنزيمية والمحافظة على سلامة الأغشية والسيطرة على أخذ العناصر والبورون، أي أن إضافة الزنك حسن محتوى البروتين من خلال تثبيط أكسدة البروتين بواسطة ROS وهذا يتفق مع بعض الدراسات في عدد من الأنواع النباتية (Hossain *et al.*, 1997; Cakmak *et al.*, 1989) وأشارت بان الزنك هو في الحقيقة واحد من العناصر التي تنظم صناعة البروتين مع هذا فان زيادة المحتوى البروتيني تشير إلى حماية البروتين الخلوي من ROS التي تزداد عن الاجهاد التأكسدي. كما بيّن (Calgaroto *et al.* (2011) ان المعاملة بالزنك اختزلت اكسدة الدهون المتسببة بـ Hg ووجود الزنك سبب اختزلاً معنوياً للإجهاد التأكسدي المستحث بـ Hg ، كما أن محتوى أوراق العقل من الكاربوهيدرات فقد انخفض والانخفاض في محتوى الكاربوهيدرات تحت البورون السام قد يكون ناشئاً من قلة تمثيل CO₂ وانخفاض معدل البناء الضوئي (Chen *et al.*, 2012) أو من تجزئة الكاربوهيدرات او من انخفاض فعالية انزيم

starch synthase او starch phosphatase (Dugger,1983) وعند تجهيز العُقل وكبريتات الزنك شجع زيادة محتوى اوراق العُقل من الكاربوهيدرات.

هذا ومن جانب اخر فان المحتوى الابتدائي (initial amount) للاوكسين (IAA) في عُقل الانواع الحساسة للبورون كالماش كان الأوطأ (1.64) مايكروغرام/غم وزن طري، بينما في الخيار والطماطة هو (5.13 و 4.68) مايكروغرام/غم ، على التوالي وبنسبة زيادة تساوي (212.8 و 185.3) % عن قيم IAA في الماش . وبعبارة أخرى فان IAA يزداد في عُقل الطماطة والخيار إلى مايعادل 200% بشكل عام عن مستواه في عُقل الماش (الجدول 41،42،43).

إن التنظيم المباشر لمحتوى الاوكسين في النبات ضروري لنمو وتكشف النبات و الاستجابة إلى المحفزات البيئية وعلى هذا الاساس هنالك آليات تعتمدان على محتوى IAA هي الايض (البناء الحيوي، الاقتران و التحطيم) والنقل ضمن وبين الخلايا (Hloušková, 2013). حيث ان مستويات منظمات النمو تلعب دوراً مهماً في تخفيف الاجهاد في نباتات مختلفة (Vardhini et al., 2010) منها ما اشار إليه (Akbari et al., 2007) من ان إضافة الاوكسين تزيد طول الـ Hypocotyl ووزنها والوزنين الطري والجاف لبادرات الحنطة تحت الملوحة. كما أن الميكانيكية الحقيقية للاوكسين هي أنه يحفز استنساخ جينات عديدة والتي تعرف auxin-responsive genes إذ حددت ووصفت في أنواع نباتية مثل فول الصويا وأذان الفار (Hagen and Guilfoyle, 2002). وأن تحديد هذه الجينات التي تشارك في الاستجابة إلى الاجهاد وقر قاعدة بحثية في مجال الهندسة الوراثية لتحسين تحمل النبات ضد الاجهادات (Zhu, 2002).

وتحت ظروف سُمية البورون، انخفض محتوى IAA في جميع الأنواع النباتية قيد الدراسة، حيث كانت النسبة المئوية للإنخفاض في الماش عالية جداً بلغت 57.8% , بينما تدرج الانخفاض إلى 41% في الخيار وإلى 38.5% في الطماطة جداول 41، 42، 43. وبعبارة أخرى فان الانخفاض يقل مع زيادة تحمل الأنواع للبورون أي من الماش باتجاه الخيار ثم الطماطة (أي من الحساس ← معتدل التحمل ← المتحمل). أن هذا يتفق مع نتائج الدراسة الحالية (جدول 13) من أن استجابة التجذير في العُقل تزداد مع زيادة معامل التحمل Tolerance index للبورون في الأنواع الثلاثة مما أكد أولوية IAA في سيطرته على تكشف الجذور العرضية في العُقل (Blakesley et al., 1991).

علاوة على ما تقدم ، فان زيادة مستويات البورون المضافة إلى وسط نمو بادرات الحنطة نتج عنه انخفاضاً في مستوى IAA في البادرات (Gemici et al., 2002) وجاءت النتائج متفقة مع (Akçam-Oluk and Demiray, 2004). حيث أشارا إلى أن محتوى IAA في أوراق نبات زهرة

الشمس (*Helianthus annuus* L.) انخفض في ظروف إجهاد البورون مقارنة بنباتات السيطرة وهذا الانخفاض يعتمده على مدى عالٍ من فعالية إنزيم IAA oxidase (Cohen and Bandurski, 1978), وان فعالية إنزيم IAAO قد ازدادت عند معاملة كل من الماش والخيار والطماطة بالبورون السام جداول (44 و 45 و 46). حيث وجد (1996) Nilsen and Orcutt أن الملوحة تسبب انخفاضاً في مستوى IAA في أوراق نبات الرز وكذلك الحال في الطماطة (Dunlap and Binzel, 1996). هذا ومن جانب آخر فإن السيطرة على سمية البورون بطريقة وقائية وذلك بتجهيز الـ $ZnSO_4$ قبل الـ B، قد بينت أن محتوى الـ IAA قد ارتفع في عُقل الأنواع النباتية قيد الدراسة ليس إلى مستواه في العُقل غير المجهزة بل تعدى ذلك في بعض العُقل وخصوصاً في الماش. وبهذا نستطيع القول ان الزنك قد تسبب في ازالة سمية البورون بدلالة زيادة مستوى IAA. أن الزيادة الأخيرة للـ IAA قد تكون بسبب انخفاض فعالية إنزيم IAAO (Paull et al., 1992). ولتخفيف الضرر التأكسدي على الأغشية الحيوية تحت ظروف الإجهاد الملحي فإن الزنك يعمل ككاسح لأنواع الاوكسين الفعالة ROS المتولدة بسبب إجهاد البورون ويعيق انتاجها من خلال تفاعلات (Haber-Weiss) وأن التجهيز الكافي من الزنك يمنع أخذ وتراكم الأيونات السامة في الجزء الخضري من خلال إصلاح الغشاء البلازمي (Dang et al., 2010)، كما وان الزنك يستحث نمو النبات من خلال دوره في البناء الحيوي للحامض الاميني التربتوفان البادي لبناء الاوكسين (Alloway, 2004) وهذا ينعكس على زيادة مستوى IAA. وبالاعتماد على محتوى الزنك فان فعالية نظام مضادات الأكسدة الإنزيمية مثل SOD، APX و GR واللاإنزيمية مثل ASA و GSH تقل بانخفاض مساهمة مساهمة تويات الزنك (Jain et al., 2010; Ivanov et al., 2012)، كما أن نتائج دراسة (Wang et al., 2001) أشارت إلى ان الهرمونات النباتية تلعب دوراً حاسماً في استجابة النبات إلى الملوحة، وتتفق مع نتائج هذه الدراسة ضمن المفهوم العام بأن الاستجابة للـ IAA والسيطرة على حصة المنتج الخضري وأدائه تطيل البقاء والتأقلم لظروف الإجهاد.

تُشير الجداول (44 و 45 و 46) إلى أن فعالية IAA-oxidase الابتدائية Initial هي الأعلى قيمة في الماش وغير المعرضة لإجهاد البورون بينما انخفضت في الخيار معتدل التحمل بنسبة 39.3% و الطماطة المتحمل بنسبة 34.5%، على التوالي عن فعاليتها في الماش باعتبار الأخيرة 100%. أن هذه النتائج تتناغم مع محتوى IAA في الماش وزيادته في الخيار والطماطة (الجدول 41، 42، 43). وبعبارة أخرى فان IAA يزداد في الأنواع معتدلة التحمل/المتحملة مقابل إنخفاضاً في فعالية IAA-oxidase في الأنواع الحساسة والعكس صحيح أي يقل IAA في الأنواع الحساسة كالماش

نتيجة زيادة فعالية IAA-oxidase المسؤولة عن تحطيم الزيادة بهدف الحفاظ على المستويات الفسلجية للـ IAA لتنظيم النمو بشكل دقيق.

هذا ومن جانب آخر، فإن تعريض الأنواع الثلاثة لإجهاد البورون قد تسبب في رفع فعالية IAA-O بحدود 78.8% (في الماش)، 49.6% (في الخيار) و 12.6% (في الطماطة) عن السيطرة لكل نوع من الأنواع الثلاثة أعلاه. وتتفق مع (Bybordi et al. (2010 حيث بيّنوا بأن الملوحة 200mM سببت إنخفاضاً في فعالية انزيم IAA-oxidase في بادرات السلجم (canola).

أما المعالجة بـ $ZnSO_4$ فقد خفض من فعالية الانزيم إلى وضعه الطبيعي كما في السيطرة أو دون ذلك في الأنواع الثلاثة وبهذا يكون للـ Zn دور واضح في السيطرة على سُمية البورون بدلالة فعالية أنزيم IAA-oxidase التي تنعكس على المحتوى الاوكسيني IAA وبالتالي في استجابة التجذير (جداول 44 و 45 و 46).

تُشير الجداول (47 و 48 و 49) إلى أن المحتوى الابتدائي (initial amount) للـ Zn في الماش كان الأوطأ في أي جزء من أجزاء العُقل (كالأوراق، الالبكتوتيل أو الهيبوكوتيل) على انفراد (13.42 و 8.5 و 8.61) ملغم/كغم وزن جاف، على التوالي أو في العُقلة كاملة 10.17 ملغم/غم مقارنة بمحتوى الـ Zn في أجزاء عُقل الخيار، الطماطة على انفراد أيضاً أو في العُقلة كاملة. أي بعبارة أخرى أن Zn يزداد مع زيادة معامل التحمل عبر الخيار وصولاً إلى الطماطة (أي ان الميكانيكية المطلوب الاشارة إليها في هذه الدراسة هي ان تحمل سُمية الـ B معتمداً على محتوى الـ Zn في العُقل وتوزيعه في أجزائها).

وبالاعتماد على محتوى الزنك فإن نظام مضادات الأكسدة الإنزيمية مثل (SOD، APX و GR) و اللاإنزيمية (ASA و GSH) تقلل بانخفاض مسـتويات الزنك (Jain et al., 2010 ; Ivanov et al., 2012) كما تتفق مع (Rajai et al. (2009 الذين أشاروا إلى أن بادرات الليمون منقوصة الزنك تكون أكثر حساسية لسُمية البورون من البادرات المجهزة بكميات كافية منه. كذلك تتفق مع (Swietikle and Ludall (1991 حيث لاحظنا أن زيادة الزنك في أوراق Grapefruit يخفف أعراض سُمية البورون وفي دراسة أخرى لـ Swietikle (1995) بيّن فيها ان سُمية البورون تكون شديدة في بادرات النارنج منقوصة الزنك. فضلاً عن كون البادرات البازغة من بذور قليلة الزنك تكون حساسة إلى الإجهادات اللاحيوية abiotic stresses والحيوية biotic stresses (Obata et al., 1999).

كما بيّن الجدول (47) ان تعرض عُقل الماش إلى اجهادات البورون قد خفض قيم الـ Zn إلى 8.79 و 5.42 و 5.09 ملغم/كغم في أجزاء العُقلة أعلاه وبنسبة انخفاض (34.5 و 36.3 و 40.9%) مقارنة بالسيطرة لكل جزء من العُقلة. وبصدد معالجة العُقل من سُمية البورون فان تجهيز

ZnSO₄ قد رفع مستوى Zn الى قيم تساوت عندها مع قيم السيطرة لجميع أجزاء العُقلة أعلاه وبهذا يكون الزنك قد ساهم في إزالة سُمية البورون كلياً جداول(23,24,25) من خلال عدد الجذور العرضية المتكشفة فضلاً عن اختفاء الاعراض المورفولوجية الملازمة لمعاملة العُقل بالتركيز السام من البورون لكل من الماش والخيار والطماطة على حد سواء وكذلك يتفق مع (Gunes *et al.* (2009) من خلال زيادة فعالية الإنزيمات المضادات للأكسدة.

كما بيّن الجدول(48) أن المحتوى الابتدائي من الزنك في الخيار كان أعلى من قيمة في عُقل الماش. حيث كانت القيم في الأوراق والابيكوتيل والهيبيكوتيل هي (25.35 و 21.71 و 28.32) ملغم/كغم على التوالي وفي العُقلة كاملة 75.38 ملغم/كغم علماً بأن الزيادة في الأوراق تساوي 111% من قيمتها في الماش على سبيل المثال.

ان تعرض عُقل الخيار إلى اجهادات البورون قد تسبب في انخفاض قيم الزنك في جميع أجزاء العُقلة أعلاه إلى (17.76 و 15.38 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 العُقلة كاملة (49.39 ملغم/كغم) وبنسبة 34.6% مقارنة بالسيطرة.

ومن جانب آخر كان تجهيز كبريتات الزنك كطريقة علاجية لسُمية البورون تسببت في ارتفاع قيم الزنك كمثيلاًتها من العُقل في عينة السيطرة مع اختفاء الفروق من الناحية الإحصائية ولجميع اجزاء العُقلة فكانت (28.1 و 26.4 و 21.87) ملغم/كغم حسب ترتيبها أعلاه فضلاً عن ارتفاع محتوى الزنك في العُقلة كاملة (25.45 ملغم/كغم) إلى مستواه في العُقل غير المجهدة (25.12 ملغم/كغم).

إن الموقع الرئيس الذي يهاجمه البورون في الخلية النباتية هو الغشاء البلازمي (Logani and Davies, 1980)، والزنك له دور في استقرارية وحماية وسلامة الأغشية البلازمية من الضرر التأكسدي (O'Dell, 2000) كما أن 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 (Zago and Oteiza, 2001).

كما بيّن الجدول (49) المحتوى الابتدائي للزنك في الطماطة وكان أعلى من قيمته في الخيار والماش. حيث كانت في الأوراق والابيكوتيل والهيبيكوتيل هي (32.36 و 29.81 و 25.82) ملغم/كغم على التوالي وفي العُقلة كاملة (29.31 ملغم/كغم) علماً ان نسبة الزيادة في الأوراق تساوي 140.6% عن الماش و13.7% عن الخيار على سبيل المثال.

إن تعرض عُقل الطماطة إلى اجهادات البورون قد تسبب في خفض قيم الزنك في جميع أجزاء العُقلة 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 العُقلة كاملة (21.48)

ملغم/كغم وبنسبة تساوي 26.8% مقارنة بالسيطرة (أي العُقل غير المجهدة بالبورون). كما تمت الإشارة إلى ان وجود البورون يمنع زيادة الزنك وفي الحنطة (Singh *et al.*, 1990) وفي النارج (Swietlik, 1995) وفي أوراق الذرة corn (Hosseini *et al.*, 2007; Aref, 2011).

ومن جانب آخر، فان تجهيز كبريتات الزنك كطريقة وقائية من سُمية البورون قد تسبب في رفع محتوى الزنك إلى حدوده التي لا تختلف معنوياً عن العُقل غير المجهدة في جميع أجزائها (34.06 و 30.10 و 23.97) ملغم/كغم أعلاه وكذلك في محتوى العُقلة كاملة (29.73 ملغم/كغم) مما يؤكد دور الزنك في ازالة سُمية البورون بشكل كامل.

تشير الجداول (52,51,50) إلى تأثير سُمية البورون في تركيز الـ B وتوزيعه في أجزاء العُقل وكذلك معالجة سُمية بكميات الزنك. حيث بيّنت الجداول أعلاه أربعة نقاط أساسية هي أولاً: أن توزيع المحتوى الابتدائي من الـ B في الماش، الخيار، والطماطة) يأخذ السياق نفسه (trend) وهو التوزيع التصاعدي Acropetal Distribution. أي وبعبارة اخرى القيم الأوطأ في الهيبيوكتيل والأعلى صعوداً نحو الأوراق الأولية (مثال: 43.45 و 49.34 و 51.00) مايكروغرام/غم كما في الماش. ثانياً: تزداد جميع قيم الـ B في الأجزاء الثلاثة أعلاه بالسياق نفسه عند تعريض العُقل للبورون السام أي Acropetally أيضاً. ثالثاً: تنخفض جميع قيم الـ B في الأجزاء الثلاثة إلى ما يقترب من قيمتها الابتدائية بعد المعالجة بكميات الزنك. رابعاً: قيم الـ B في العُقلة الكاملة Whole cutting ولجميع الأنواع تأخذ السياق نفسه أيضاً حيث أنها تزداد عند المعاملة بالبورون السام وتراجع إلى مستواها الابتدائي بعد المعالجة بالزنك (مثال 143.79 و 247.39 و 138.89 /الماش) علماً أن أجمالي القيم الواطنة هي في الطماطة والمتوسطة في الخيار والعالية في الماش. وتتفق النتائج مع (Bagacki *et al.* (2013) الذين أشاروا إلى ان تركيز B في أوراق نباتات الجت Medicago المتحملة هو أقل من نصف تركيزه في نباتات الجت غير المتحملة.

إن إضافة البورون السام قد زادت من تركيز البورون معنوياً في أجزاء عُقل الأنواع المدروسة والزيادة في تركيز البورون في عُقل الماش كاملة هي الأعلى ومن ثم الخيار والطماطة وهذا ما يوضح إمكانية التحمل الخلوية في الخيار والطماطة، وهذا يقترح بأن عقل الطماطة تمتلك ميكانيكية استبعاد البورون ضد تدرج التركيز، أي قابلية حفظ تركيز البورون أقل مما هو عليه في وسط النمو. في حين ان الماش لا يمتلك لميكانيكية استبعاد B. وتحت التجهيز الكافي والعالى من البورون يؤخذ البورون من خلال Passive influx (Dannel *et al.*, 2002) وعندما يعرض النبات إلى التراكم السامة، يتم تفعيل استراتيجية خفض التدفق السالب واستبعاد البورون الزائد خلال التدفق أو اختزال الضرر الخلوي من الإجهاد التأكسدي (Nasim, 2010). وأن نقصان تركيز البورون بإضافة الزنك قد ذكرها (Hosseini *et al.*, 2007) في أنسجة الذرة و (Singh *et al.*, 1990) في أنسجة الحنطة. فضلاً عن

كون الطمطة والخيار لهما آليات إضافية أخرى غير الاستبعاد مثل إعاقة النقل للبورون باتجاه الأوراق من خلال اختزال نقل البورون باتجاه الأوراق قد تكون آلية محتملة لتحسين تحمل سمية البورون حيث ان امتصاص ونقل البورون إلى القمم يؤدي إلى تراكم البورون إلى المستويات السامة تحت نقص الزنك (Singh et al., 1990).

ومما هو جدير بالاهتمام , فان استخراج نسبة Zn\ B من خلال الجداول (49,48,47) المتعلقة بالـ Zn والجدول (52,51,50) المتعلقة بالـ B كانت أيضاً بالسياق نفسه ولجميع النقاط الاربعة أعلاه. وعند التركيز على الجزء الخضري وبالذات الأوراق باعتبارها الجزء المتحسس لسمية البورون تكون نسبة Zn\ B عالية في الأنواع الحساسة للـ B كالماش (4.66) ومتوسطة في الأنواع المعتدلة التحمل كالخيار (1.51) ومنخفضة في الأنواع المتحملة كالطمطة (1.18). علماً بأن قيم نسبة Zn\ B هي بالسياق نفسه أيضاً لجميع أجزاء العُقل الأخرى وكذلك الحال مع النسبة فيما يتعلق بالعُقلة كاملة Whole cutting ولجميع الأنواع النباتية (النتائج غير معروضة منعاً للتكرار ولسهولة استنباطها).

واعتماداً على ذلك ، فان الآلية المحتملة لحصول التحمل هي أما بنقصان أخذ البورون أو تدفق ، والملاحظ بأن الطمطة والخيار تمتلك آلية الاستبعاد وتقليل أخذ البورون بالمقابل أخذ عالٍ للزنك، ومن ثم زيادة مستويات IAA. وليس هنالك دليل على أن البورون يعرقل عملية حيوية هو مطلوب فيها بالقدر المطلوب (Reid, 2010)، وعلى الأرجح بان سمية البورون تنشأ من خلال ألفة البورون مع مركبات ايضية لتشكيل معقدات في الخلايا وكذلك فان نسبة الزنك تكون مؤثرة في هذه الألفة، وأشار (Nasim 2010) إلى ان نسبة Zn\B في الجزء الخضري تكون عالية في صنف الشعير Cipler الحساس للبورون مقارنة بـ Sahara المتحمل الذي له القابلية على حفظ نسبة Zn\B واطئة، كيميائية لتحمل زيادة البورون في وسط النمو، حيث أن هذا ينجز من خلال خفض أخذ البورون أو زيادة أخذ الزنك.

أشارت الجدوال من (53-61) إلى الميكانيكيات الدفاعية المضادة للأكسدة ذات الطابع اللاإنزيمي والمتمثلة بالاسكوربيت (ASA) والكلوتاثيون (GSH) والبرولين، حيث بينت الجداول (53 و 54 و 55) إلى أن المحتوى الابتدائي من الاسكوربيت (ASA) لا يختلف معنوياً في الماش والطمطة (6.83 و 7.02 مايكرو غرام/غم وزن طري للورقة ،على التوالي). وعند تعرض الأنواع الثلاثة لإجهاد البورون السام فقد تسبب في خفض محتوى الـ ASA بنسبة 66% في الماش بينما ارتفع بنسبة 19.5% في الخيار وبنسبة أعلى 40.3% في الطمطة. أن سبب انخفاض ASA في الماش قد يعود إلى استنفاذ جزء منه من خلال مشاركته في الميكانيكيات الدفاعية المضادة للإجهاد التأكسدي المتمثل بإجهاد البورون. كما أن البورون يؤثر بشكل كبير (واضح) في قابلية النبات على إنتاج كثير من المركبات ومن ضمنها ASA (Eraslan et al., 2008). كذلك وجد (Singh et al. 2012).

تغاييراً في مستويات إنتاج ASA في تراكيب وراثية مختلفة من الجزر carrot وكانت المستويات أعلى في حالة نقص البورون من حالة سُمية البورون. وفي دراسة حديثة للـ Hossain *et al.* (2011) على الماش mung bean ، بيّنت ان مستويات ASA تنخفض في استجابتها إلى الإجهاد الملحي وأيضاً وجد (Kanwal *et al.* (2013) أن الإجهاد الملحي يختزل ASA في نبات الماش، وفي دراسة (Cervilla (2007) في صنفين من الطماطة (*Lycopersicon esculentum* Mill.) هما Josefina و Kosaco لوحظ في الصنفين تحفيز عام لمضادات الأكسدة ومن ضمنها ASA عند تعرضها لسُمية البورون.

أما المعالجة بكبريتات الخارصين فقد جعلت العقل تستعيد محتواها الابتدائي من ASA واستجابت كما لو كانت عقل غير مجهدة. وبعبارة أخرى فقد تسبب الخارصين بإزالة سُمية البورون بالكامل. الزنك يحمي ASA، كونه يتفاعل بشكل كفاء مع O_2^- و O_2^1 (بشكل مباشر) ومع H_2O_2 (انزيمياً من خلال APX) وبذلك يساعد في إبطال جهدها التأكسدي (Smirnoff *et al.* 2001). بالإضافة إلى أن الزنك يؤثر على بقاء دورة GSH-ASA cycle ويشجع كل الانزيمات المستعملة فيها وبذلك يحفظ مستويات ASA و GSH (Aravind and Vara Prasad, 2005).

ان انخفاض محتوى ASA في الأنواع النباتية قيد الدراسة مرتبط بفعالية انزيم APX ومن ثم استهلاك ASA مقارنة بالأنواع التي يلعب APX فيها دوراً بسيطاً في كسح ROS. حيث ذكر Eraslan *et al.* (2007a) في الجزر carrot و Han *et al.* (2009) في الحمضيات citrus بأن البورون العالي يخفض ASA بينما يزيد فعالية APX وعلى النقيض من ذلك في الخس lettuce حيث ان البورون زاد من فعالية APX مقارنة بنباتات السيطرة ، بينما لم تكن هنالك اختلافات معنوية في تراكيز ASA (Eraslan *et al.*, 2007c). كما ان محتوى ASA يزداد في التراكيب الوراثية لنبات الرز المتحملة للجفاف بينما التراكيب الحساسة ينخفض محتواها من ASA (Selote and Khanna-Chopra, 2004). ان اكسدة الـ ASA بواسطة APX تؤدي إلى تكوين جذور MDHA قصيرة الأجل التي تتحول إلى ASA بواسطة انزيم Monodehydro ascorbate reductase (MDHAR) والذي يتطلب GSH المختزل (Gallie, 2013). كما ذكر Mittova *et al.* (2003) بأن الإجهاد الملحي يخفض معنوياً فعالية انزيم MDHAR و ASA ونسبة ASA/DHA في الأصناف المتحملة بينما الفعالية تبقى ثابتة في أصناف الطماطة الحساسة المصحوبة بضرر تأكسدي عالي. كما تبين ان زيادة التعبير الجيني لإنزيم MDHAR في نبات *thaliana Arabidopsis* يزيد مستويات ASA و GSH (Wang *et al.*, 2010) وان المعاملة بالزنك سببت

زيادة معنوية في محتوى ASA في أوراق بادرات الجوز Pistachio المعرضة إلى الاجهاد NaCl (Tavallali *et al.*, 2010).

كما تبين ان محتوى الـ GSH الابتدائي (Initial amount) في عُقل الماش غير المعاملة (غير المجهدة) 367.68 ملغم/غم وزن طري للورقة ويعد هذا المستوى عالياً جداً في عُقل الماش مقارنة في الخيار و الطماطة (270.78 و 132.59) ملغم/غم والذي أنخفض بنسبة (26.5% و 63.8%) ، على التوالي مقارنة بالماش جداول (56,57,58).

ان ارتفاع محتوى إلى GSH في الماش تحت الظروف الطبيعية وقلته في الخيار فضلاً عن انخفاضه إلى ما يقرب من الثلث في الطماطة، يعد ميكانيكية وقائية طبيعية تجاه اجهادات البورون. إن هذا يتفق مع (Noctor *et al.* (2002) الذين أشاروا إلى ان تركيز الحامض الاميني cystein يمكن أن يحدد تصنيع GSH في النبات فضلاً عن أن بذور الماش من النباتات الغنية بالبروتين والاحماض الامينية. ان تنسيق وتنظيم مستويات تصنيع وأيض GSH نتقترح بان لها دوراً في تحمل الإجهاد الملحي في الطماطة (Mittova *et al.*, 2003). كما أن المحتوى الداخلي من مضادات الاكسدة اللاانزيمية مثل GSH و ASA تقوم بكسح فعلي للجذور الحره (Noctor and Foyer, 1998) ، وجزء من نقل الاشاره (Foyer and Noctor, 2005) ، فضلاً عن ان GSH هو المادة الأساس لبعض انزيمات الاختزال وبضمن ذلك الإنزيمات التي تختزل Peroxides (Hoque *et al.*, 2007).

كما أن النقص في محتوى GSH في عُقل الماش قد يكون بسبب زيادة فعالية انزيم (DHAR) Dehydro ascorbate reductase الذي يستعمل GSH كمناح للألكترون في اختزال DHA (Garcia *et al.*, 2001) ان هذه النتائج متوافقة مع نتائج (Kocsy *et al.* (2004) الذين وجدوا ان تحول DHA إلى ASA مطلوب لاستعماله الواسع للـ GSH ، في دورة AsA-GSH cycle. كما ان الانخفاض في نسبة GSSG/ GSH ناشئ من إزالة ROS على شكل glutathione-conjugates (GSH-conjugates) أو من تحلل GSH (Nzengue, 2008)، كما ان استنزاف محتوى GSH في عُقل الماش ناشئ من تنشيط ميكانيكية إزالة السمية في الخلايا من خلال تنشيط تفاعلات ارتباط الكلوتاثيونون glutathione-conjugates (Canesi and Viarengo, 1997). ومن جانب آخر ، واستناداً إلى دراسة (Canesi and Viarengo (1997) فأن انخفاض مستوى GSH مرتبط بشكل رئيسي بنقصان فعالية إنزيم glutamyl cysteine synthetase الذي يشترك في التخليق الحيوي للـ GSH ، والتي تتفق مع (Grant *et al.*, 1998). وحديثاً لوحظ بان فعالية انزيم GR تنخفض في بادرات الماش

المعرضة للمستويات العالية من Cd (Hossain *et al.*, 2010) والأنزيم أعلاه يحفز اختزال GSSG إلى GSH باستعمال NADPH.

وتحت ظروف الإجهاد (عند معاملة العُقل بالتركيز السام من البورون) فقد انخفض الـ GSH في الماش من 367.68 ملغم/غم إلى 290.32 بنسبة 21% وهي غير معنوية وذلك لكون المحتوى الابتدائي عالياً جداً بينما في الخيار فقد ارتفع من 270.78 إلى 605.28 ملغم/غم أي بزيادة تقدر بـ 124% عن المقارنة وكذلك في الطماطة فقد ارتفع من 132.59 إلى 470.20 ملغم/غم أي بزيادة تقدر بـ 256% عن السيطرة. وطبقاً لذلك تعد الزيادة العالية جداً في عُقل الطماطة من الـ GSH واحدة من بين الميكانيكيات الدفاعية المضادة للأكسدة ذات الطابع اللاإنزيمي. فضلاً عن ان هذا السياق ينطبق على الخيار ولكن بزيادة أقل مما في الطماطة ولكنها في الوقت ذاته أكثر من الضعف مقارنة بسيطرة الخيار مع عدم حصول زيادة في الماش وذلك لمحتواه الابتدائي العالي. وبهذا يُستنتج أن زيادة GSH تتناسب طردياً مع معامل التحمل (tolerance index) والعكس صحيح. كذلك تتفق مع Ruiz *et al.* (2003) حيث ذكر بأن البورون الزائد ثبط تصنيع GSH في أوراق نبات زهرة الشمس (*Helianthus annuus*) والذي يعد من النباتات الحساسة للبورون (CCEM, 1999). بينما الإضافة الخارجية لمضاد الأكسدة أعلاه قللت الضرر التأكسدي المستحث بسُمية البورون (Cervilla *et al.*, 2007). علاوة على ذلك فإن Ruiz *et al.* و Lenoble *et al.* (1996) (2006) لاحظوا بان البورون يختزل سُمية الامونيوم من خلال تحفيز البناء الحيوي للـ GSH في الأوراق وزيادة تركيزه في الجذور وأنه يمنع الأضرار الناتجة من تراكم ROS وهذه النتائج تتفق مع Wang *et al.* (2011) الذين أشاروا إلى زيادة محتوى أوراق الكمثرى pear من GSH عند تجهيز العالي من البورون.

إن معالجة الإجهاد الناتج عن البورون السام وذلك بتجهيز العُقل بالـ ZnSO₄ قبل معاملة العُقل بالـ B، قد شجع على زيادة محتوى GSH في الأنواع النباتية الثلاثة ليس إلى مستواه في عُقل المقارنة لكل نوع (غير المعرضة للإجهاد الـ B) بل زاد عن ذلك بحيث اختفت الفوارق الإحصائية مع السيطرة وبهذا يكون الزنك قد تسبب في ازالة سُمية الـ B بالكامل. حيث أن الزنك يغير مستويات GSH بواسطة تنظيم البناء الحيوي للـ GSH أو بواسطة حماية الحامض الأميني Cysteine في GSH (Cakmak, 2000) أو من الوظيفة الكاملة لإنزيم GR (Foyer and Hallwial, 1976) وجاءت النتائج متوافقة مع Arora *et al.* (2012) الذين وجدوا زيادة في تركيز GSH عند معاملة نباتات الماش للمدة 48 ساعة بالزنك وأيضاً مع Xiao-Fen *et al.* (2009) الذين وجدوا أن الزنك رفع مستوى GSH في أوراق (*Sedum alfredii* H.) كما بيّن Chaoui *et al.* (1997) ان أعراض سُمية الكاديوم في

الفاصوليا

(*Phaseolus vulgaris*) يمكن ان تخفف بشكل واضح بإضافة الزنك.

علاوة على ما تقدم، فقد ارتفع بشكل واضح محتوى البرولين في أوراق الماش والخيار والطماطة عند تعرض العقل إلى التراكيز السامة من البورون جداول (59,60,61)، والآخر له دور بارز في قدح اليات دفاع النباتات ضد الاجهاد وتراكم البرولين (غير ضار) هو استجابة ايضية شائعة في العديد من النباتات تحت ظروف الإجهاد (Zhang *et al.*, 2013) حيث ذكرت زيادة البرولين تحت ظروف البورون الزائد في كثير من النباتات مثل الطماطة والفلفل (Eraslan *et al.*, 2007b) الماش (العيساوي، 2010) نبات اللوبيا (*Cajanas cajan* و (Prabhu Inbaraj and Muthuchelian, 2011) Cowpea (Bhamburdekar and Chavan, 2011). كما ان الزيادة قد ذكرت في أنواع مختلفة من الإجهادات مثل cd (الرياحي، 2012)، السلينيوم (عبد الكاظم، 2013). والزيادة في كمية البرولين كميكانية تأقلم (تكيف) لاختزال مستويات تراكم NADH، الحامضية $2\text{NADH} + 2\text{H}^+$ وهي تستعمل لضمان تصنيع كل جزيئة برولين من الكلوتامين Glutamic Acid (Venekemp *et al.*, 1987) والبرولين هو معدل ازموزي osmoregulator وكاسح للجذور الحرة scavenging of free radicals مثل جذر OH ويمكن ان يتداخل مع الجزيئات الخلوية العملاقة مثل الدنا والبروتين والاعشية ويحافظ على استقرارية تركيب ووظيفة هذه الجزيئات (Kavi Kishor *et al.*, 2005). كما ان سمية البورون ينتج عنها عدم توازن أزموزي osmotic imbalances، ضرر تأكسدي Oxidative damage وتسرب غشائي memberane leakiness واكسدة الدهون lipid peroxidation وتراكم البرولين Prolin accumulation (Reid, 2007a; Eraslan *et al.*, 2007a ; Herrera-Rodriguez *et al.*, 2010) وان زيادة مستويات البرولين في عقل النباتات الثلاث هي مرتبطة مع الجهد التحملي واعلى نسبة زيادة كانت في عقل الطماطة المتحملة للبورون ومن خلال النتائج يمكن ان يُستنتج ان تحفيز تراكم البرولين قد يعكس استراتيجية التغلب على الاجهاد الناشئة من سمية البورون. وعند تجهيز كبريتات الزنك بالتركيز الأمثل بهدف إزالة سمية البورون فقد انخفض تراكم البرولين في أوراق عقل كل الماش والخيار والطماطة وبشكل معنوي وهذا التأثير جاء متوافقا مع حماية الاغشية ضد مهاجمة ROS حيث بيّن Kavi Kishor *et al.* (2005) بأن زيادة الكلوروفيل يمكن ان تكون ناتجة من حماية البرولين لأغشية Thylakoid ضد مهاجمة ROS. وتوافقت النتائج مع (Gunes *et al.* (2000, 2009) الذين وجدوا زيادة محتوى البرولين في نباتات bean والطماطة وعند تعرضها لسمية البورون وانخفض محتوى البرولين عند تجهيزها بالزنك.

أما الميكانيكيات الدفاعية المضادة للأكسدة ذات الطابع الانزيمي فقد بينتها الجداول من (62-70). حيث أشارت الجداول (62,63,64) المتعلقة بفعالية إنزيم SOD ان المستوى الابتدائي (initial) فعالية إنزيم الـ superoxide dismutase (SOD) كان الأوطأ في الماش (2.108 وحدة/غم وزن طري) ويتصاعد مع زيادة مستوى التحمل عبر الأنواع متعددة الحساسية كالخيار إلى 3.275. (وحدة/غم وزن طري) أي بنسبة بزيادة تزيد 55% وصولاً إلى (23.4 وحدة/غم وزن طري) في الأنواع المتحملة كالطماطة وبنسبة زيادة مذهلة تصل إلى 1017%.

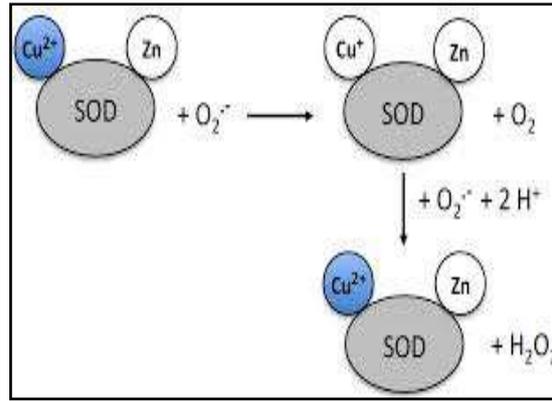
كما ان تعرض عُقل الانواع الثلاثة لسُمية البورون لم يُغير نشاط هذا الإنزيم على الرغم من انخفاضه بحدود 14.5% في الماش فضلاً عن عدم تغييره بعد المعالجة بالـ ZnSO₄ مقارنة بالسيطرة لكل من الأنواع الثلاثة. ان الانخفاض في فعالية إنزيم SOD في أوراق عُقل الماش حيث يفسر من خلال اقتراح (Casano et al. 1997) بأن المستويات العالية من H₂O₂ تثبط Cu- Zn/SOD بواسطة اختزال Cu⁺⁺ إلى Cu⁺ وهذا يُكون زيادة في radicals Hydroxyl والذي بدوره يثبط Cu-Zn/SOD.

إضافة إلى ما تقدم ، فان الجداول (65,66,67) المتعلقة بفعالية إنزيم Catalase (CAT)، أن المستوى الابتدائي لفعالية إنزيم (CAT) كان الأوطأ في الماش (16.46 مايكروغرام/غم وزن طري) ويتصاعد مع زيادة التحمل عبر الخيار (28.05 مايكروغرام/غم وزن طري) وبنسبة زيادة تساوي 75.0% عن الماش وصولاً إلى (46.05 مايكروغرام/غم وزن طري) في الطماطة وبنسبة زيادة تساوي 175% عن الماش. والانخفاض في فعالية إنزيم CAT في أوراق عُقل الماش، يمكن ان يعود الى كون إنزيم CAT

حساس إلى (O₂⁻) ويمكن ان تعطل فعاليته بزيادة مستويات Superoxide (Zago and Oteiza,2001).

كما أن تعريض عُقل الانواع الثلاثة لسُمية البورون لم يُغير من نشاط هذا الإنزيم، وكذلك فان المعالجة بكبريتات الخارصين لم تغير أيضاً من نشاطه مقارنة بالسيطرة لكل نوع من الأنواع الثلاثة. والزيادة الملاحظة في فعالية SOD عند تجهيز العُقل بكبريتات الزنك قبل تعرضها إلى سُمية البورون

مما يشير إلى تشجيع كسح O₂⁻ وتحوله إلى H₂O₂ كما في المعادلة الاتية:



الزنك هو واحد من المعادن في الموقع الفعال Active site لهذا الانزيم ، ويعد Co-factor لوظيفته (Vallee and Falckck, 1993), كما لوحظ انخفاض فعالية هذا الانزيم تحت ظروف نقص الزنك (Cakmak *et al.*, 1997) لكن ليس تحت ظروف نقص Cu. وهذا ما يشير إلى دور الزنك في تنظيم فعالية SOD وبالتالي يسهل إزالة السمية في المراحل اللاحقة من خلال CAT و APX وهذه الملاحظات ربما تشير إلى دور Zn في تحفيز البناء الحيوي للإنزيمات المضادة للأكسدة (Cakmak, 2000) كما اثبت في أنظمة بايولوجية مختلفة أن هنالك علاقة بين التحمل النسبي للإجهاد التأكسدي وقابلية الكائن على تحسين فعالية مضادات الأكسدة الخلوية من خلال حث تصنيع جديد للبروتين *de nova* (Miszalski *et al.*, 1998). والإنتاج العالي للـ ROS بواسطة السمية يبطل فعالية SOD وCAT كما ان المستويات العالية من H₂O₂ تثبط SOD (Cakmak, 2000). وكاستنتاج عام فان سمية البورون والمعالجة بالـ Zn لم تنشط الميكانيكات الدفاعية المضادة للأكسدة بدلالة إنزيمي SOD وCAT.

بالإضافة على ما تقدم، أن فعالية أنزيم Ascorbate peroxidase (APX) قد بينتها الجداول (68 و 69 و 70) وأشارت إلى ان المستوى الابتدائي لفعالية هذا الانزيم في عقل الماش كان الأوطأ بينما في الخيار والطماطة فقد ازدادت فعاليته إلى 12.3% و 55% ،على التوالي عن مستواه الابتدائي في الماش. وبعبارة أخرى فان الفعالية في الأحوال الاعتيادية (البعيدة عن الإجهاد) تزداد في الأنواع مع زيادة تحملها للإجهاد بالبورون.

هذا ومن جانب آخر، فان تجهيز عقل الماش والخيار من التركيز السام من البورون أو المعالجة بكبريتات الزنك كعلاج من سمية البورون، لم يغير من فعالية الإنزيم أعلاه في الحالتين مقارنة بالسيطرة لكل منهما. بينما في الطماطة زاد البورون السام من فعالية الانزيم بحدود 25.7% مقارنة بالسيطرة والمعالجة بـ ZnSO₄ قد زادت من الفعالية 41.6% مقارنة بالسيطرة. حيث ذكر Nedjoud *et al.* (2013) بان الزنك ينشط فعالية انزيمات إزالة السمية مثل CAT في الخميرة *Saccharomyces cerevisiae* ، كذلك لاحظ Zeng-Binluo *et al.* (2010) زيادة في فعالية

انزيمات CAT و SOD في أجزاء بادرات جاتروفا (*Jatropha curcas*) عند إضافة الزنك. وأشار المصدر نفسه إلى ان تركيز الزنك في أنسجة النبات لها سيطرة على تنظيم الاحداث التي تؤدي إلى استنساخ جينات انزيم SOD وتشجيع فعالية SOD التي تزداد بزيادة الإجهاد التأكسدي الناشئ عن زيادة H_2O_2 . وكبديل ربما يكون الزنك قادراً على تعديل أو تسهيل البناء الحيوي للانزيمات مضادات الأوكسدة (Cakmak, 2000).

وما يعد جديراً بالذكر الاستجابة للاجهادات غالباً ما يعبر عنها بتغيرات نسيجية وتشريحية في كل من الأوراق و السيقان والجذور (Huang and Van Steveninck, 1990) فضلاً عن هذه التغيرات التي يمكن ان تختلف من عضو الى آخر و/أو على مستويات مختلفة من التنظيم (Mills, 1989). كما ان نمو و تكشف النباتات يرتبط مع الصفات التشريحية لاستمرارية البقاء تحت ضرر الظروف البيئية الخطرة (Hrshikesh and Panda, 2013).

الصفات التشريحية الموضحة في الجداول (71 و 72 و 73) وكذلك الصور الموضحة في الشكل (11 و 12 و 13) تبين إن اجهاد البورون أثر في التراكيب النسيجية لأوراق عُقل الماش وخفض سُمك نسيج الورقة وسُمك العرق الوسطي وسُمك الطبقة الاسفنجية وطول الحزم الوعائية وبالنسب 18.87، 26.14، 36.85، 54.39%، على التوالي مقارنة بالسيطرة في حين ازداد سُمك الطبقة العمادية و عرض الحزمة الوعائية بوجود التركيز السام من البورون ونسب زيادة 20.88% 18.66% عن السيطرة. ان انخفاض سُمك نسيج الورقة يمكن ان يكون ناشئاً عن انخفاض الطبقة الاسفنجية وسُمك العرق الوسطي وكذلك من التغيرات في أبعاد الحزم الوعائية حيث انخفض طولها بنسبة 54.39% لكن وجود البورون السام زاد من عرضها بنسبة 20.88% أي أن الاختزال الأكبر كان في طول الحزمة مما قد يكون أحد الأسباب في قلة سُمك نسيج الورقة. ويمكن ان يكون للبورون السام تأثير تثبيطي في فعالية بدء تكوين خلايا مختلفة في نسيج الورقة كما يؤثر في انقسام الخلايا واستطالتها في نسيج الورقة (Reid et al., 2004)، كما ان اختزال المؤشرات النسيجية أعلاه يشير إلى تحديد نمو الخلايا وكذلك انقسامها. كما ان اختزال أبعاد الحزم الوعائية قد يكون مرتبطاً مع نقص اقطار أوعية الخشب (Ortega et al., 2006). كما أن الزيادة في سُمك الطبقة العمادية الحاوية على الكلوربلاست هي احد الميكانيكيات للحفاظ على معدلات البناء الضوئي في النباتات المعرضة الى التراكيز السامة. ونتائج هذه الدراسة متوافقة مع تأثيرات البورون السام في سُمك أوراق الفاصوليا *Phaseolus vulgaris* في دراسة (Wignarajah (1975).

والسياق نفسه ما حصل في أوراق عُقل الخيار وبنسب انخفاض (23.20, 6.30, 46.11)% لكل من سُمك نسيج الورقة وسُمك العرق الوسطي وسُمك الطبقة الاسفنجية وطول الحزم الوعائية وسُمك الطبقة العمادية مقارنة بالسيطرة في حين سُمك العرق الوسطي و عرض الحزم الوعائية فقد

ازدادت بنسبة 10.44, 26.43 % . وتتفق نتائج هذه الدراسة مع Sotiropoulos وجماعته (2002) الذين وجدوا اختلالاً Disorganized في الطبقة الاسفنجية والعمادية في أوراق Kiwifruit عند تعرضها لسُمية البورون ومع (2009) Boghdady في نبات الماش Mung bean تحت ظروف الإجهاد الملحي أيضاً تتفق هذه النتائج التشريحية مع (1964) Bussler الذي وجد اختلالاً في سُمك الورقة مع زيادة الـ B مقارنة بالسيطرة بالإضافة الى كل من الطبقة الاسفنجية في حين لم تتغير الطبقة العمادية بشكل معنوي.

أما في أوراق الطماطة المتحملة للبورون فقد لوحظ بان إجهاد البورون سبب زيادة في كل من سُمك نسيج الورقة وسُمك العرق الوسطي وسُمك الطبقة الأسفنجية وكذلك أبعاد الحزم الوعائية (طول الحزمة وعرض الحزمة) في العرق الوسطي للورقة ونسب زيادة 12.46، 71.02، 16.56، 85.83 و 22.82، على التوالي في حين لم يؤثر البورون معنوياً في الطبقة العمادية وهذا يتماشى مع (2009) Khafagy *et al.* الذين وجدوا بأن مستويات الملوحة العالية تثبط سُمك نسيج الورقة والعرق الوسطي والطبقة الاسفنجية، وتتفق النتائج مع ما توصل إليه (2005) Gad عند تنمية صنفين من الطماطة هما Edcawy و Moneymaker في وسط ملحي تركيزه 400 جزء بالمليون فقد حصلت زيادة في نصل الورقة لكلا الصنفين مقارنة بالسيطرة وكذلك مع (2001) Ali الذي وجد بأن الإجهاد الملحي لا/أو يغير بشكل طفيف من سُمك الطبقة العمادية في أوراق الطماطة.

وعند تجهيز العُقل بكبريتات الزنك كعماملة معالجة فقد شجعت الصفات التشريحية للأوراق ومن خلال زيادة سمك نسيج الورقة والعرق الوسطي والطبقة العمادية والاسفنجية وبزيادة عن كل من البورون لوحده والسيطرة وبشكل معنوي لكل من الماش والخيار والطماطة.

وأشار (1997) Gadauah and Ramadan بأن الزنك يحمي نسيج الخشب من اختلال التراكيب المستحثة بالملوحة في الأوراق. وهذا يعني أن الزنك تمكن من تقليل تأثيرات إجهاد البورون المؤذية في التراكيب التشريحية لأوراق كل من عُقل الماش والخيار والطماطة من خلال المؤشرات التشريحية أعلا حيث ان الزنك يوترفي تمايز أوعية الخشب وتكشفها وهذا ناشئ من تأثير الزنك في معدل النمو وتحفيز اتساع واستطالة الخلية بالإضافة الى دوره في تنشيط مضادات الإكسدة الانزيمية واللاأنزيمية وتخفيف الضرر التاكسدي في العقل المجهد.

أما تأثير تركيز البورون السام ، وكذلك المؤشرات التشريحية المتمثلة بسُمك النسيج الورقة والعرق الوسطي والطبقة الاسفنجية وابعاد الحزم الوعائية بالنسبة الى الأوراق للماش زيادة وبنسب (19.21, 59.20, 31.63, 28.32, 21.18) بالنسبة الى الخيار وبنسب زيادة.

ويحمي الأنسجة الوعائية من التأثيرات المضادة للـ B وانتقاله الى الجزء العلوي (الأوراق) جداول (50، 51، 53) .

فيما يتعلق بالتغيرات النسيجية في الـ Hypocotyl لعُقل الماش و الخيار والطماطة الموضحة في الجداول (74 و 75 و 76) والصور في الشكل (14، 15، 16) فقد لوحظ اختزال عدد الحزم الوعائية في كل من الماش والخيار وبنسبة (42.85 و 50.00) %، على التوالي بالنسبة الى السيطرة، أما في الطماطة فقد ازداد عدد الحزم الوعائية وبنسبة 50% بالنسبة الى السيطرة والذي يعد من النباتات المتحملة لتراكيز B العالية. أما سُمك النسيج والقشرة وعدد الأوعية فقد انخفض بنسبة في الخيار 37.5 و 29.41 و 15.45 و الماش 10.5 و 20 و 17.7، على التوالي في حين ازدادت جميع أبعاد الحزم الوعائية بنسبة 27.74 ، 12.08 ، 31.00 ، 9.48 في كل من الماش والخيار وعلى التوالي. وهذه النتائج متوافقة مع (Rashid *et al.*, 2004) والذي وجد اختزال النظام الوعائي في نبات الماش المجهزة بالملوحة (NaCl) ، وكما أن زيادة قطر الحزم الوعائية في العُقل المجهد قد يكون بسبب زيادة سمك الخلايا الوعائية، أما الانخفاض في سُمك النسيج وسُمك طبقة القشرة قد يكون بسبب الانخفاض في أبعاد الخلايا واتساعها عندما تكون تحت ظروف الإجهاد (Chistensen *et al.*, 1998) وقد يعزى سبب اختزال الحزم الوعائية عند ظروف اجهاد البورون الى انخفاض كميات الاوكسينات في عقل الماش والخيار جدولين (41 و 42) التي تحفز تمايز (الأوعية والقصبينات) من الكامبيوم كما قد يعزى قلة عدد الأوعية عند التعرض العُقل الى الإجهاد الى مساعدة العُقل للإقلال من نقل الأيونات السامة ويعتبر هذه التغيرات التشريحية كيميائيات تأقلم للنبات لهذه الظروف المجهد (Pitman *et al.*, 1983).

أما في حالة الطماطة فأن كل المؤشرات النسيجية المذكورة أعلاه قد ازدادت وخصوصاً تغيرات الـ Hypocotyl قد تكون نتيجة التكيفات التشريحية لتأمين حصول العُقل على كميات كافية من الماء والمغذيات والحفاظ على مستوياتها من خلال الإنخفاض في المساحة الورقية وبنسبة 30.04 % جدول (10) مقارنة بالماش والخيار والذي انعكس على معدل النتج الذي كان أقل قيمة مما في الماش والخيار جدول (11) فالإنخفاض في المساحة الورقية في ظروف الإجهاد يعد التكيف لظروف الاجهاد، كذلك الحال مع الزيادة في سُمك نسيج القشرة.

وعند تواجد الزنك مع البورون استعادت العقل لحزمها الوعائية كما لو كانت في السيطرة أما المؤشرات الأخرى فكانت مقاربة لما سجل في السيطرة بزيادة أبعاد الحزم الوعائية وتكشف الحزم الوعائية لها دور مهمة في كفاءة أخذ ونقل الماء والمغذيات و *phytosynthates* تحت ظروف الإجهاد (Weerathaworn *et al.*, 1992). أي أن الزنك حث التغيرات التركيبية في الجزء القاعدي لعُقل كل من الماش والخيار والطماطة المجهدة بالبورون وتجهيز العقل بالزنك حسن تكوين الحزم الوعائية وزيادة عدد الأنسجة الوعائية حيث أن الزنك يحمي الأنسجة الوعائية من تأثيرات البورون السام من خلال تثبيط أخذ البورون ،جداول (50، 51، 52) ونقله في النبات وهذا يتفق مع

Keshavarz and Malakouti (2007) الذين وجدوا أن الزنك حسن تكوين الحزم الوعائية في ساق الحنطة والحفاظ عليها من الإجهاد الملحي. وزيادة مساحة النظام الوعائي هي مرتبطة مع التوصيل الهيدروليكي Hydraulic conductivity في نبات الفاصوليا *Phaseolus vulgaris* (Cachorro et al., 1993).

ومن الواضح ان سُمية الـ B سببت تغيرات هامة في المؤشرات المدروسة التي لها علاقة أو مرتبطة مع النتائج الفسيولوجية والبايوكيميائية وعند تجهيز الزنك مع التركيز السام من B فانه يثبط التأثيرات الضارة لإجهاد البورون وهذا واضح من خلال خفض الضرر في الأغشية الخلوية جداول (26 و 27 و 28) ومستويات MDA جداول (29 و 30 و 31) وفعالية انزيمات LOX جداول (32 و 33 و 34) و IAAO جداول (44 و 45 و 46) وزيادة مستويات كل من الاوكسين الحر والبروتينات والكاربوهيدرات ومستويات مضادات الاكسدة الانزيمية ASA ، GSH والبرولين بالإضافة الى تنشيط فعالية الإنزيمات المضادة لأكسدة والمتمثلة بـ SOD ، CAT و APX لكل من الماش والخيار والطماطة. حيث ان الزنك يلعب دوراً رئيساً في نظام دفاع مضادات الأكسدة الخلوية وانه عامل قوي لحماية المركبات الخلوية المهمة مثل البروتينات ، دهون الاغشية الخلوويه ، الكلوروفيل ، الانزيمات والحمض النووي من الأكسدة (Afsharina et al., 2013).

الاستنتاجات :

من نتائج الدراسة يمكن ان يُستنتج

1- ان تدرج الأنواع النباتية من الحساسة للبورون (كالماش)، عبر المعتدلة التحمل (كالخيار) وصعوداً الى الانواع المتحملة (كالطماطة) تتناغم تصاعدياً وبالسياق نفسه أعلاه مع زيادة شدة التحمل (Stress intensity) وتنازلياً مع دليل التحمل (Stress tolerance index) . أي بعبارة أخرى فان الأنواع المتحملة (كالطماطة) تتمثل فيها أقل شدة تحمل وأعلى دليل تحمل.

2- انخفاض الضرر في الاغشية الساييتوبلازمية المتسبب عن البورون في البادرات مقارنة بالعقل قيد الدراسة يؤكد ان ميكانيكية الاستبعاد تكون في الجذور حصراً.

3- للزنك دور وقائي في إزالة سُمية البورون عند التجهيز المسبق قبل التعرض للبورون السام (Pre-treatment) ، من خلال منع التلف أو إصلاح الاغشية Membrane repair, مثال : منع أو خفض فعالية الـ Lipoxygenase من الناحية البيوكيميائية أو الحفاظ على نظارة الكلورفيل في الأوراق مورفولوجياً .

4- المحتوى الابتدائي للـ Zn له علاقة موجبة مع زيادة التحمل فضلاً عن دوره التضادي antagonist للبورون, مما قد تنعكس على دوره غير الواضح بخصوص الزيادة في مستوى البرولين كواحدة من الميكانيكيات الدفاعية المضادة للأكسدة اللانزيمية.

5- سُمية الـ B بدلالة تكوين الجذور العرضية في العُقل تتجلى في خفض مستوى الـ Free IAA من خلال زيادة فعالية الـ IAA-O ، باعتبار IAA من المركبات ذات الاولوية في استحثاث التجذير وكذلك خفض المتطلبات الغذائية الضرورية لانقسام الخلايا واستطالتها من الكربوهيدرات والبروتينات.

6- بالنظر للدور المباشر الذي يلعبه الـ (GSH) الكلوتاثيون في كسح الـ (ROS) من خلال دوره في إعادة تكوين مضادة أكسدة آخر مثل ASA عن طريق دورة ASA-GSH cycle لذا فان انخفاض GSH غير المعنوي من الناحية الاحصائية تحت سُمية البورون في الماش وزيادته الى 223.5% و 454.6% في الخيار والطماطة قد يُعزى الى كون المحتوى الابتدائي (initial amount) للـ GSH في الماش عالياً جداً ويساوي تقريباً 1.5 و 3 مرة لكل من الخيار والطماطة ، على التوالي. مما يؤكد كاستنتاج امتلاك الماش خصائص كفاءة لمقاومة الاكسدة تحت ظروف سُمية البورون على سبيل المثال.

7- انزيمات SOD و CAT و APX لا تُعد من الميكانيكيات الدفاعية المضادة للأكسدة الانزيمية الفعالة في الأنواع قيد الدراسة, لأنها لم تستحث تحت سُمية البورون ولا عند المعالجة بالزنك باستثناء انخفاض فعالية SOD في الماش تحت سُمية البورون وزيادتها بالمعالجة بالزنك، وكذلك زيادة فعالية

APX في الطماسة في الحالتين عند التجهيز بالـ B\Zn ان هذا قد يعزى كاستنتاج الى ان فعالية انزيمات الـ (CAT/SOD) كانت عالية جداً وكذا الحال بالنسبة للـ (APX) (ولكن مستوى اقل) في الانواع المتحملة (كالطماسة) مقارنة بالماش والخيار مما يشير إلى وجود ميكانيكية تحمل طبيعية مضادة للأكسدة متمثلة بالإنزيمات أعلاه.

8- ان انخفاض معدل النتج يعود من الجانب التشريحي الى انخفاض عدد الحزم الوعائية أو قطر أو عية الخشب على سبيل المثال تحت سمية البورون وكذلك دور الزنك في استعادة الوضع الطبيعي لها .

9- ان المؤشرات التشريحية قادت الى أن الطماسة من الأنواع المتحملة tolerant قد طورت استراتيجيات خاصة وظيفية وتشريحية لتحمل اجهاد البورون مكنتها من البقاء وبالتالي استمرارية النمو والتكشف في تراكيز من البورون أعلى من الماش والخيار.

10- امكانية الـ Zn في استرجاع المؤشرات التشريحية وخصوصاً ذات الطابع الوعائي Vascular tissues التي تم اختفائها/ تحللها تحت سمية البورون قد يعزى الى الدور المباشر للـ Zn في بناء تلك التراكيب أو دور Zn المساعد B في بناء جدران الخلايا على سبيل المثال مما يتفق مع ضرورة تجهيز Zn المسبق (Pre-application).

التوصيات

- 1- يوصى باضافة كبريتات الزنك الى التربة ذات التراكيز العالية من البورون.
- 2- يوصى بدراسة العلاقة بين اضافة الزنك وتحمل الاجهادات أخرى .
- 3- دراسة تأثير مركبات أخرى في تخفيف سمية البورون مثل منظمات النمو وجزئيات الإشارة مثل NO .
- 4- دراسة تأثير سمية البورون على مستوى الدنا والتعبير الجيني Gene expression وكذلك تحديد الجينات المسؤولة عن تحمل سمية البورون ومن ثم كلونتها في النباتات الحساسة من أجل تحسين تحملها لتراكم البورون أو العيش في تربة عالية البورون.
- 5- دراسة القواعد النتروجينية التي ترتبط GSH ودراسة دورها في تحمل الإجهادات البيئية.
- 6- استعمال المجهر الالكتروني لدراسة التشريحية للخلايا النباتية التي يتراكم فيها البورون.
- 7- دراسة سمية Methylglyoxal (MG) في نباتات مختلفة والنظام الانزيمي المضاد لها Glyoxalase system .
- 8- دراسة فعالية الإنزيمات المرتبطة بالغشاء البلازمي والتي تُعد مؤشرات لتلف الغشاء الناتج من زيادة البورون .
- 9- دراسة الإنزيمات المضادة للأكسدة خلال أطوار التجذير الثلاثة عند تعرض العُقل للإجهادات المعدنية.

دور الزنك في التعبير الجيني وبناء البروتين باعتباره من المتطلبات الأساسية لإنقسام الخلايا واستطالتها في تكوين البادئات الجذرية.
10- زراعة المحاصيل المتحملة للبورون في الترب الملوثة بهذا المركب.

المصادر باللغة العربية

- ❖ الرياحي , اسراء عبد الإمام عبد الزهرة.(2011). دور حامض الأسكوربيك والسالسليك في تخفيف سمية الكادميوم بدلالة إستجابة التجذير لعقل الماش. *Vigna radiata L. Wilczet*. رسالة ماجستير. جامعة بابل.
- ❖ شهيد , عبد الله ابراهيم .(2009). تكوين الجذور العرضية في العقل , الطبعة الاولى. جامعة بابل كلية العلوم وزارة التعليم العالي والبحث العلمي.
- ❖ شهيد , عبد الله ابراهيم .(2013). فسلفة التعمير في النباتات الفرضيات المثبتة وقيد الاثبات والمقترحة , الطبعة الاولى . دار دجلة ناشرون وموزعون . المملكة الأردنية الهاشمية.
- ❖ عبد الكاظم ، احمد جميل .(2013). دور الكبريت والالفا توكوفيرول في إزالة سمية سيلنيوم بدلالة تكوين الجذور العرضية في عقل أماش (*Phaseolus aureus Roxb*) . رسالة ماجستير. كلية العلوم. جامعة بابل.
- ❖ علوان، عبد الله عودة. (2004). تأثير العناصر الضيئلة والعوامل المضادة للاكسدة في مستوى أندول حامض الخليك من خلال فرضية الاكسدة التي تحدث خلال ظاهرة التعمير في عقل الماش *Phaseolus aureus Roxb* . رسالة ماجستير. كلية العلوم. جامعة بابل.
- ❖ العلواني ، بشير عبد الحمزة .(2006). استجابة عقل أماش للتجذير من خلال فرضية الأكسدة. أطروحة دكتوراه جامعة بابل.
- ❖ العيساوي , عباس جاسم محمد .(2010). دور الـSalicylic acid و الـSilicon في تخفيف سمية البورون في عقل الماش *Phaseolus aureus Roxb* . رسالة ماجستير. جامعة بابل.
- ❖ ياسين ، بسام طه . (2001) . أساسيات فسيولوجيا النبات . لجنة التعريب جامعة قطر . الدوحة.
- ❖ الطباطبائي ، طيب أحمد إسماعيل حسين .(2013). تأثير الإجهاد الملحي في بعض المؤشرات المظهرية والوظيفية والكيموحيوية في نبات الطماطة (*Lycopersicon esculentum Mill*) رسالة ماجستير كلية العلوم - جامعة بابل.

المصادر الأجنبية

- ❖ Aebi, H.(1974). Catalase In :Methods of Enzymatic Analysis Volume 2 , PP:673-684.
- ❖ Afsharnia , M., Aliasghar zad, N., Hajiboland, R. and Oustan, S. (2013). The effect of light intensity and zinc deficiency on antioxidant enzyme activity, photosynthesis of corn. Inter. J. of Agronomy and Plant Production, 4 (3): 425-428.
- ❖ Agarwal, S. and Pandey,V. (2004). Antioxidant enzyme responses to NaCl stress in *Cassia angustifolia*. Biol. Plant, 48: 555-560.
- ❖ Agbool,R.S ., Kimatu,J.N , Liao,Y and Liu, B .(2012). Morphological and cytosine DNA methylation changes induced by a combined effect of boron (B) and salt toxicity in *Sorghum bicolor* inbred line . African J. Biotech., 11(48): 10874-10881.
- ❖ Ahkami, A.H., S. Lischewski, K.-T. Haensch, S. Porfirova, J. Hofmann, H., Rolletschek, M., Melzer, P., Franken, B., Hause, U., Druege, and Hajirezaei, M.R. (2009). Molecular physiology of adventitious root formation in *Petunia hybrida* cuttings: Involvement of wound response and primary metabolism. New Phytol., 181:613-625.
- ❖ Akbari, G., Sanavy, S.A. and 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 .
- ❖ Akçam-Oluk, E. and Demiray, H. (2004). The Effects of boron on growth of sambro no.3 sunflower (*Helianthus annuus* L.). Ege Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi, 41: 181-190.
- ❖ Ali, Z.A. (2001). Ascorbic acid induced anatomical changes in the leaves and stems of tomato plants. Bull. National Res. Centre Egyp., 26(3): 371-382.

- ❖ Alloway, B.J. (2004). Zinc in Soils and Crop Nutrition. IZA Publications, International Zinc Association, Brussels, pp: 1-116
- ❖ Alpaslan, M. and A. Gunes (2001). Interactive effects of boron and salinity stress on the growth, membrane permeability and mineral composition of tomato and cucumber plants. *Plant and Soil*, 236(1): 123-128.
- ❖ Alscher ,R.G., Donahue, J.L.and Cramer, C.L. (1997). Reactive oxygen species and antioxidants: relationships in green cells. *Physiologia Plant*, 100: 224-223.
- ❖ Amanda, R. S, David, B., Emine, A., Mehmet, B., and Norman, T.(2010). Mechanisms of Boron Tolerance and Accumulation in Plants: A Physiological Comparison of the Extremely Boron-Tolerant Plant Species, *Puccinellia distans*, with the Moderately Boron-Tolerant *Gypsophila arrostil*. *Environ. Sci. Technol.*, 44 (18): 7089-7095.
- ❖ Andreini, C., Banci, L., Bertini, I.and Rosato, A. (2006). Counting the zincproteins encoded in the human genome. *J. Proteome Res.*, 5:196-201.
- ❖ Anjum, N.A., Umar, S. and Chan M.T. (2010). (Eds) *Ascorbate-Glutathione Pathway and Stress Tolerance in Plants*, Springer (Science + Business Media B.V.) Dordrecht, The Netherlands .
- ❖ Anjum,N.A.,Umar, S., Ahmad,A. (2012). *Oxidative Stress in Plants: Causes, Consequences and Tolerance*. IK International Publishing House,New Delhi
- ❖ Anzai, T. (1975) . Two phases in adventitious root formation in *Phaseolus mung* bean hypocotyl cuttings, a phase sensitive to an inhibitor of RNA or protein synthesis and a phase sensitive to an inhibitor of DNA synthesis. *J.Exp. Bot.*, 26:580- 588.

- ❖ Apel, K. and Hirt, H. (2004). Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 55: 373-399.
- ❖ Aquea, F., Federici F., Moscoso ,C. ,Vega ,A., Jullian, P. , Haseloff, J. and Arce - Johnson, P. (2012). A molecular framework for the inhibition of Arabidopsis root growth in response to boron toxicity. *Plant Cell and Enviro.*, 35: 719-734.
- ❖ Aravind, P. and Prasad, M.N.V. (2005). Modulation of cadmium-induced oxidative stress in *Ceratophyllum demersum* by zinc involves ascorbate glutathione cycle and glutathione metabolism. *Plant Physiol. Biochem.*, 43:107-116.
- ❖ Ardic, M., Sekmen, A.H., Tokur, S. ,Ozdemir, F. and Turkan, I.(2009). Antioxidant response of chickpea plants subjected to boron toxicity. *Plant Biol.*, 11:328-338.
- ❖ 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: 26 - 31 .
- ❖ Arora ,S.A. ,Umer,S. and Mishra,S.N. (2012). Boron and Zinc response on growth in (*Vigna radiate* L. Wilczek Var . Pusa Vishal) under salinity. *Inter. J. of plant animal and enviro. Sci.*, 2 : 131-138.
- ❖ Asad, A., Bell, R.W. and Dell, B. (2001). A critical comparison of the external and internal boron requirements for contrasting species in boron- buffered solution culture. *Plant Soil*, 233:31- 45.
- ❖ Asada, K. (1999). The water–water cycle in chloroplasts: scavenging of active oxygens and dissipation of excess photons. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 50: 601-639.
- ❖ Asada, K. and Chen, G.(1992). Interaction of ascorbate peroxidase by thioils requires hydrogen peroxide. *Plant Cell Physiol.*, 33: 117-123.

- ❖ Atabayeva,S., Nurmahanova,N., Minocha,S., Ahmetova,A., Kenzhebayeva,S., Aidosova,S.,Nurzhanova,N., Zhardamalieva,A., Asrandina,S., Alybayeva,R.and Li,T.(2013). The effect of salinity on growth and anatomical attributes of barley seedling (*Hordeum vulgare* L.).African.J Biotech., 12(18): 2366-2377.
- ❖ Axelrod,B., Cheesbrough,T.M.,and Laaskso,S. (1981). Lipoxigenases from Soybeans, Methods Enzmol., Lowenstein,J.,M., Ed.,New York:Academic,pp:441-451.
- ❖ Ayvaz ,M . Koyuncu ,M. Guveu ,A ., Fagersiedt ,k ,v. (2012). Does boron affect hormone levels of barley . Eurasia J Bio.sci., 6: 113-120.
- ❖ Ayvaz, M., Avci, M .K., Yamaner,C., Koyuncu,M.,Guven,A., Fagerstedt, K.(2013). Does excess boron affect the malondialdehyde levels of potato cultivars. Eurasia J. Biosci., 7: 47-53.
- ❖ Baldev, B. (1988). Origin, distribution, taxonomy and morphology.pp. 3-51. In: B. Baldev, S. Ramanujam, and H. K. Jain (eds.). Pulse Crops(Grain Legumes). Oxford and IBH Publishing Co. Pvt. Ltd., New Delhi.
- ❖ Banuelos, G. S., Ajwa, H. A., Caceres, L. and Dyer, D. (1999). Ecotoxicol. and Enviorn. Safety, 43: 62-67.
- ❖ Bagacki, P., David, M. P., Ramakrishnan, M., Howie, N. J. and Oldach, K. H. (2013). Genetic analysis of tolerance to Boron toxicity in the legume *Medicago truncatula*. BMC Plant Biology, 13:54 1-11.
- ❖ Bartosz, g. (1997). Oxidative stress in plants. Acta Physiol. Plant, 19: 47-64.
- ❖ Bates, L.S.; Waldren, R. and Teare, I.D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil, 39:205-207.

- ❖ Bellaloui, N., Brown P.H .and Dandekar, A.M. (1999). Manipulation of in vivo sorbitol production alters boron uptake and transport in tobacco. *Plant Physiol.*, 119:735-741.
- ❖ Bellamine, J., Penel, C. ,Greppin, H., Gaspar, T. (1998). Confirmation of the role of auxin and calcium in the late phases of adventitious root formation. *Plant Growth Regul.*, 26:191-194.
- ❖ Bhamburdekar, S. B. and Chavan, P. D. (2011). Effect of Some Stresses on Free Proline Content During Pigeonpea (*Cajanas cajan*) Seed Germination. *J. Stress Physiol. and Bioch.*, 7 3: 236-241.
- ❖ Bhamburdekar, S.B.and Chavan. P.D. (2011). Effect of some stresses on free proline content during pigeonpea (*Cajanas cajan*) seed germination. *J. Stress Physiol. and Biochem.*, (7): 235-241.
- ❖ Bhattacharya, S., Nanda, K.K. (1978). Stimulatory effect of purine and pyrimidine bases and their role in the mediation of auxin action through the regulation of carbohydrate metabolism during adventitious root formation in hypocotyls cuttings of *Phaseolus mungo*. *Z Pflanzen Physiol.*, 88:283-239.
- ❖ Bishop, M. C., Dben-Von Laufer, J. L., Fody, E .P., Thirty, T. C. U. (1985). *Clinical Chemistry Principles, Procedures and Correlations*: pp: 181-182.
- ❖ Blakesley, D. (1994) . Auxin metabolism and adventitious root initiation. *In* TD Davis, BE Haissig, eds, *Biology of adventitious root formation*. Plenum Press, New York, NY, USA, pp: 143-153.
- ❖ 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.

- ❖ Blazich, F.A. (1988). Mineral nutrition and adventitious rooting. Department of Horticultural Science, North Carolina State Unive. Raleigh, USA: 61-70.
- ❖ Boghdady, M.S.(2009) . Physiological and anatomical studies on mung bean plant under salinity conditions. Ph.D. Thesis, Faculty of Agric., Zagazig University, 222.pp.
- ❖ Boscolo, P.R.S, Menossi, M. and Jorge, R.A. (2003). Aluminum induced oxidative stress in maize. *Phyto. Chem.*, 62: 181-189 .
- ❖ Brash, A.R. (1999). Lipoxygenases: occurrence, functions, catalysis, and acquisition of substrate. *J. Biol. Chem.*, 274:23679 -23682.
- ❖ Brennan, R. F. (2005). Zinc Application and Its availability to plants. Ph. D. dissertation, School of Environmental Science, Division of Science and Engineering, Murdoch University.
- ❖ 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.
- ❖ Brosche, M., Overmyer, K., Wrzaczek, M., Kangasjarvi, J.and Kangasjarvi, S. (2010). Stress Signaling III: Reactive Oxygen Species (ROS). *Abiotic Stress Adaptation in Plants* . chapter 5: 91-102.
- ❖ Brown, P.H and Shelp, B.J. (1997). Boron mobility in plants. *Plant Soil*, 193: 85-101.
- ❖ Brown, P.H., Hu, H. (1996). Phloem mobility of boron is species dependent :evidence of phloem mobility in sorbitol -rich species. *Annals of Botany*, 77:497-505.
- ❖ Bussler.W.(1964). Die Bormangelsymptome und ihre Entwickluny *Zeischer pflanzenenernehr Bodenkunde* 105: 113-136.
- ❖ 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. And Environ.*, 8 (1) : 109 -112.

- ❖ Byrnes ,B. H., Bumb, B. L. (1998). Population Growth, Food Production and Nutrient Requirements, in Rengel, Z. : Mineral Nutrition of Crops: Mechanisms and Implications. The Haworth Press, New York, USA, pp: 1-27.
- ❖ Cachorro, P., Ortiz, A. and Cerda, A. (1993). Growth, water relations and solute composition of *Phaseolus vulgaris* L. under saline conditions. Plant Science, 95:23-29.
- ❖ Cakmak , I. (2002). Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food in sustainable ways. Plant Soil, 247: 3-24.
- ❖ Cakmak, I. and Marschner, H. (1988). Increase in membrane permeability and exudation in roots of zinc deficient plants. J. Plant Physiol., 132: 356-361.
- ❖ Cakmak, I. and Marschner, H. (1993). Effect of zinc nutritional status on activities of superoxide radical and hydrogen peroxide scavenging enzymes in bean leaves. plant soil, (155)156:127-130.
- ❖ Cakmak, I. (2000). Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. New Phytol., 146: 185-205.
- ❖ Cakmak, I. (2005). The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. J. Plant Nutr. Soil Sci., 168: 521-530.
- ❖ Cakmak, I. (2009). Enrichment of fertilizers with zinc: An excellent investment for humanity and crop production in India .Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 23: 281-289.
- ❖ Cakmak, I. and Marschner, H. (1998a). Increase in membrane permeability and exudation in root of zinc deficient plants. J. Plant Physiol., 132:356-361.
- ❖ Cakmak, I. and Marschner, H. (1998b). Enhanced superoxide radical production in roots of zinc deficient plants. J. Exp.Bot., 39: 1449-1460.

- ❖ Cakmak, I. and Engels, C. (1999). Role of mineral nutrients in photosynthesis and yield formation. In: Mineral Nutrition of Crops. (Ed.): Rengel, Z., Haworth Press, New York, USA, pp: 141-148.
- ❖ Cakmak, I. and Marschner, H. (1993). Effect of zinc nutritional status on activities of superoxide radical and hydrogen peroxide scavenging enzymes in bean leaves. *Plant and Soil*, 155(156):127-130.
- ❖ Cakmak, I., Marschner, H. (1988b). Zinc-dependent changes in ESR signals, NADPH oxidase and plasma membrane permeability in cotton roots. *Physiol. Plant*, 73: 132-186.
- ❖ Cakmak, I., Marschner, H. and Bangerth, F. (1989). Effect of zinc nutritional status on growth, protein metabolism and levels of indole-3 acetic acid and other phytohormones in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Exp. Bot.*, 40:405- 412.
- ❖ Cakmak, I., Ozturk, L., Eker, S., Torun, B., Kalfa, H.I. and Yilmaz, A. (1997). Concentration of Zn and activity of copper/zinc superoxide dismutase in leaves of rye and wheat cultivars differing in sensitivity to zinc deficiency. *J. Plant Physiol.*, 151:91-95.
- ❖ Calagroto, N.S., Cargneluti, D., Rossato, L.V., Farias, J.G., Nunes, S.T., Tabaldi, L.A., Antes, F.G., Flores, E.M.M., Schetinger, M.R.C. and Nicolosa, F.T. (2011). Zinc alleviates mercury induced oxidative stress in *Pfaffia glomerata* (Spreng) Pedersen. *Biometals*, 24:959-971.
- ❖ Calatayud, A., Ramirez, J.W., Iglesias, D.J. and Barreno, E. (2002). Effects of ozone on photosynthetic CO₂ exchange, chlorophyll fluorescence and antioxidant system in lettuce leaves. *Physiol. Plant*, 116: 308-316.
- ❖ Canadian Council of Environment Ministers (CCEM). (1999). A protocol for the Derivation of Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life.

- ❖ Canesi, L. and Viarengo, A. (1997). Age-related differences in glutathione metabolism in mussel tissues (*Mytilus edulis* L.). *Comp. Biochem. Phys.*, 116 (2): 217-221.
- ❖ Cartwright, B., Zarcinas, B.A., Mayfield, A.H. (1984). Toxic Concentrations of boron in a red-brown earth at Gladstone, South Australia. *Australian J. Soil Res.*, 22: 261-272.
- ❖ Casano, L.M., Gomez ,L.D., Lascano, H.R., Gonzalez, C.A. and Trippi, V.S . (1997). Inactivation and degradation of Cu/Zn SOD by active oxygen species in wheat chloroplasts exposed to photooxidative stress. *Plant Cell Physiol.*, 38: 433- 440.
- ❖ Casimiro, I., Marchant, A., Bhalerao, R.P., Beeckman, T., Dhooge, S., Swarup, R., Graham, N., Inzé, D., Sandberg, G., Casero, P.J., and Bennett, M.J. (2001). Auxin transport promotes *Arabidopsis* lateral root initiation. *Plant Cell*, 13: 843-852.
- ❖ Casson, S.A. and Lindsey, K . (2003). Genes and signalling in root development. *New Phytologist*, 158:11-38.
- ❖ Çavişoglu, K.S., Kiliç ,S.and Kabar, K. (2007). Some morphological and anatomical observations during alleviation of salinity (NaCl) stress on seed germination and seedling growth of barley by polyamines. *Acta Physiol. Plant*, 29: 551-557.
- ❖ Ceccoli ,G., Ramos, J .C., Ortega, L.I., Acosta, J.M.and Perreta, M.G. (2011). Salinity induced anatomical and morphological changes in *Chloris gayana* Kunth roots. *Biocell.*, 35(1): 9-17.
- ❖ Celik .O.and Atak,C. (2012). The effect of salt stress on antioxidative enzymes and proline content of two Turkish tobacco varieties . *Turkey. J. Biol.*, 36 : 339-356.
- ❖ Céline, S., Luc, N., Thierry, B., Hélène, C., Marie-Pierre, J., Marlène, D., Göran,S., Michel, Z.and Catherine, B. (2006). Proteomic Analysis of Different Mutant Genotypes of *Arabidopsis* Led to the Identification

- of 11 Proteins Correlating with Adventitious Root Development. *Plant Physiol.*, 140: 349-64.
- ❖ Cervilla ,L.M., Rosales,M.A., Rubio-Wilhelmi,M.M., Sanchez-Rodriguez, E.,Blasco,B.,Rios,J.J. (2009). Involvement of lignifications and membrane permeability in the tomato root response to boron toxicity .*Plant Sci.*,176:545–552.
 - ❖ Cervilla, L.M., Blasco, B. Rios, J.J., Romero L. and Ruiz, J.M. (2007). Oxidative stress and antioxidants in tomato (*Lycopersicum esculentum*) plants subjected to boron toxicity. *Ann. Bot.*, 100: 747-756.
 - ❖ Cervilla, L.M., Blasco, B., Rios, J.J., Rosales, M.A and Sanchez Rodriguez, E. (2012). Parameters symptomatic for boron toxicity in leaves of tomato plants. *J. Bot.*, 2012:1-17.
 - ❖ Cetin , E. (2009). Effects of boron stress on antiomaical sturcture leaves of (*Medicago sativa* L.) . *J .Biol.*, 68(1) : 27-35.
 - ❖ Chakraborty,U. and Pradhan, B. (2013). Oxidative stress in five wheat varieties (*Triticum aestivum* L.) exposed to water stress and study of their antioxidant enzyme defense system, water stress responsive metabolites and H₂O₂ accumulation. *Braz. J. Plant Physiol.*, 24 (2): 117-130.
 - ❖ Chamacho-Cristobal, J.J., Rexach, J., Gonzàlez- Fontez, A. (2008). Boron in plants: deficiency and toxicity. *J. Integr. Plant Biol.*, 50: 1247-1255.
 - ❖ Chaoui, A., Mazhoudi, S., Ghorbal, M.H.and El Ferjani, E. (1997). Cadmium and zinc induction of lipid peroxidation and effects on antioxidant enzyme activities in bean (*Phaseolus vulgaris* L). *Plant Sci.*, 127:139-147.
 - ❖ Chen, G.P., Hackett, R., Walker, D., Taylor, A. ,Lin, Z.F. and Grierson, D. (2004). Identification of a specific isoform of tomato lipoxygenase

- (TomloxC) involved in the generation of fatty acid derived flavor compounds. *Plant Physiol.*, 136:2641-2651.
- ❖ Chen, L.S. Han S., Y.P. Qi and Yang, L.T. (2012) . Boron stresses a tolerance in citrus. *Afr. Biotechnol.*,11:5961-5969.
 - ❖ Chen, Z., Young, T.E., Ling, J., Chang, S.C.and Gallie, D.R. (2003). Increasing vitamin C content of plants through enhanced ascorbate recycling. *Proc. Natl. Acad. Sci. U S A.*, 100:3525-3530
 - ❖ Chen,S.,Jiang,J.,Zhu,L.,Zheng,C.,Han,S.,Gu,J.,Sun,J.,Li,H.,Wang,H.,Song,A.,Chen,F. (2013). Proteomic changes in the base of *chrysanthemum* cuttings during adventitious root formation. *BMC Genomics*, 14:919.
 - ❖ Choi ,E.Y., Kolesil, P., Mcneill, A., Collins, H., Zhang, Q.S., Huynh, B.L., Graham, R.and Stangoulis, J.C.R. (2007). The mechanism of boron tolerance for maintenance of root growth in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Plant Cell and Environment*, 30: 984-993.
 - ❖ Christensen, M.J., Easton, H.S., Simpson, W.R. and Tapper, B.A. (1998). Occurrence of the fungal endophyte *Neotyphodium coenophialum* in leaf blades of tall fescue and implications for stock health. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 41: 595-602.
 - ❖ Chvapil, M. (1973). New aspects in the biological role of zinc: stabilizer of macromolecules and biological membranes. *Life Sci.*, 13: 1041-1049.
 - ❖ Claudia, M.F. and Arthur, G.F.G. (2005). Role of auxin and its modulators in the adventitious rooting of *Eucalyptus* species differing in recalcitrance . *Plant Growth Regulator*, 45: 1-10.
 - ❖ Claussen, W. (2005). Proline as a measure of stress in tomato plants. *Plant Sci.*, 168: 241–248.
 - ❖ 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.

- ❖ Coleman, J. E. (1992). Zinc proteins: enzymes, storage proteins, transcription factors, and replication proteins. *Annu. Rev. Biochem.*, 61:897-946.
- ❖ Corpas, F.J., Barroso ,J.B., Carreras, A., Valderrama, R., Palma, J.M., Leon ,A.M.,Sandalio, L.M.and del Rí'ó, L.A. (2006). Constitutive arginine dependent nitric oxide synthase activity in different organs of pea seedlings during plant development. *Planta*, 224: 246-254.
- ❖ Corpas, F.J., Palma, J.M .,Sandalio, L.M., Valderrama, R., Barroso, J.B. and Del Rí'ó, L.A. (2008). Peroxisomal xanthine oxidoreductase: characterization of the enzyme from pea (*Pisum sativum* L.) leaves. *J. Plant Physiol.*, 165:1319-1330.
- ❖ Corrêa, L.R., Paim ,D.C., Schwambach, J.and Fett-Neto, A.G. (2005). Carbohydrates as regulatory factors on the rooting of *Eucalyptus saligna* Smith and *Eucalyptus globulus* Labill. *Plant Growth Regul.*,45: 63-73.
- ❖ Crozier, A., Kamiya, Y., Bishop, G.and Yokota, T . (2000) .Biosynthesis of hormones and elicitor molecules. *In* Buchanan, B.B., Gruissem, W., Jones,R.L. eds, *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*. American Society of Plant Physiologists, Rockville, pp: 850-929 .
- ❖ Dang, H., Li, R., Sun, Y., Zhang ,X., Li, Y. (2010). Absorption, accumulation and distribution of zinc in highly-yielding winter wheat. *Agr. Sci. China*, 9 (7):965-973.
- ❖ Dangl, J.L., Dietrich, R.A.and Richberg, M.H. (1996). Death don't have no mercy: cell death programs in plant–microbe interactions. *Plant Cell*, 8: 1793-1807.
- ❖ Dangl,J.L. and Jones, J.D.G. (2001). Plant pathogens and integrated defense responses to infection. *Nature*, 411: 826-833.

- ❖ Dannel, F., Pfeffer ,H. and Römheld, V. (2002). Update on boron in higher plant - Uptake, primary translocation and compartmentation. *Plant Biol.*, 4: 193-204.
- ❖ Dannel, F., Pfeffer, H. and Rombeld, V. (1997). Effect of pH and boron concentration in nutrient solution on translocation of boron in the xylem of sunflower. Inboron in soils and plants (Bell, R.W. and Rerkasem, B. eds.), Bordrecht, The Nether lands: Kluwer Academic Publishers, pp:183-186.
- ❖ Dannel, F., Pfeffer, H.and Römheld, V. (2000). Characterization of root boron pools, boron uptake and boron translocation in sunflower using the stable isotopes ¹⁰B and ¹¹B. *Aust. J. Plant Physiol.*, 27: 397-405.
- ❖ Dash, G.K., Senapati, S.K .and Rout, G.R. (2011). Effect of auxins on adventitious root development from nodal cuttings of *Saraca asoka* (Roxb) de Wilde and associated biochemical changes. *J. Hort. Forestry*, 3: 320-326.
- ❖ Daub, M., Herrero, S.and Chung ,K.R. (2012) . Reactive oxygen species in plant pathogenesis: the role of perylenequinone photosensitizers. *Antioxidants and Redox Signalings J.*, 29: 56-68.
- ❖ Davies, F.T., Davis, T.D.and kester, D.E. (1994). Commercial importance of adventitious rooting to horticulture. In Davis, T.D., Haissig, B.E.eds, *Biology of adventitious root formation*. plenum press, New York.
- ❖ Davis, T.D. and Haissig, B.E. (1994). *Biology of Adventitious root Formation*. Plenum Press, New York .
- ❖ Davis, T.D., Haissig B.E., Sankhla, N. (1989). *Adventitious Root Formation in Cuttings*. Dioscorides Pr, Portland, OR, USA.
- ❖ De Klerk, G.J., Van der Krieken, W.D and e Jong, J.C. (1999). Review - The formation of adventitious roots: New concepts, new possibilities. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 35: 189-199.

- ❖ De Pereira-Netto, A.B, and McCown, B.H. (1999). Thermally induced changes in shoot morphology of *Hancornia speciosa* microcultures: evidence of mediation by ethylene. *Tree Physiol.*, 19: 733-740.
- ❖ Del Rio, L. A., Pastori, G. P., Palma, J. M., Sandalio, L. M., Corpas, F. J., Jimenez, A., Lopez-Huertas, E., and Hernandez, A. J. (1998). The activated oxygen role of peroxisomes in senescence. *Plant Physiol.*, 116:1195-2000.
- ❖ Del Río, L.A, Sandalio, L.M., Corpas, F.J., Palma, J.M.and Barroso, J.B. (2006). Reactive oxygen species and reactive nitrogen species in peroxisomes. Production, scavenging, and role in cell signaling. *Plant Physiol.*,141:330-335.
- ❖ Del Rio,L.A, Corpas, J., Sandalio,L.M, Palma,J.M and Barroso, J.B .(2003). Plant peroxisomes , reactive oxygen metabolism and nitric oxide . *International Union of Biochemistry and Molecular Biology, (IUBMB)Life*, 55:71-81.
- ❖ Delaplace, P., Frettinger ,P.,Ghanem ,M.E, Blondianx ,A.,Clerck ,C., Dewalaue ,A.,Guy ,J.,Heuze ,F.,Massoz,A.and Tassingnon.P. (2009). Lipoxygenase pathway and antioxidant system in salt stressed Tomato Seedling (*Lycopersicon esculentun* mill).*Biotechnol.Agron.Soc. Environ.*, 13:529-539.
- ❖ Demiral, T. and Türkan, I. (2005). Comparative lipid peroxidation, antioxidant defense systems and proline content in roots of two rice cultivars differing in salt tolerance. *Environ. Exp. Bot.*, 53: 247-257
- ❖ Desai, K.M., Chang, T., Wang, H., Banigesh, A., Dhar, A., Liu, J., Untereiner, A. and Wu, L. (2010). Oxidative stress and aging: is methylglyoxal the hidden enemy. *Canadian Journal of Physiology and Pharma.*, 88(3) : 273-284.
- ❖ Dhananjay, K.P., Arvind, K.S.and Bhupendra,C. (2012). Boron mediated plant somatic embryogenesis: Review Article. *J. Bot.*, p: 9.

- ❖ Disante, K. B., Fuentes, D. and Cortina, J. (2010). Response to drought of Zn- stressed *Quercus suber* L. Seedlings. *Env. Exp. Bot.*, 70:96-103.
- ❖ Dixon, D.P., Skipsey, M., Grundy, N.M. and Edwards, R. (2005). Stress-induced protein S-glutathionylation in *Arabidopsis*. *Plant Physiol.*, 1388 (1):2233-2244.
- ❖ Dominic, V. J. and Jithin T. (2012). Response mechanism of *Oryza sativa* to Boron and Na Cl stresses .*Science Research Reporter*, 2 (1) : 41- 45.
- ❖ Dordas, C. and Brown, P.H. (2000). Permeability of boric acid across lipid bilayers and factors affecting it. *Journal of Membrane Biology*, 175: 95-105.
- ❖ Doyle, J. J. (1994). Phenology of the legume family : an approach to understanding the origin of nodulation. *Annu. Rev. Ecol. Systematics*, 25: 325-349.
- ❖ Druege, U., Zerche, S. and Kadner, R. (2004). Nitrogen- and storage-affected carbohydrate partitioning in high-light-adapted pelargonium cuttings in relation to survival and adventitious root formation under low light. *Ann.Bot.*, 94: 831-842.
- ❖ Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. and Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugar and related substances. *Anal. Chem.*, 28(3): 350-356.
- ❖ Dugger, W.M., (1983) . Boron in plant metabolism. In *Encyclopedia of Plant Physiology*, ed. Lauchli, A., Bieleski, R.L. 15B :626–50. Berlin: Springer-Verlag .
- ❖ Dunlap, J.R. and Binzel, M.L. (1996). NaCl reduces indole-3-acetic acid levels in the roots of tomato plants independent of stress-induced abscisic acid. *Plant Physiol.*, 112: 379-384.
- ❖ Dyson , T. (1999). World food trends and prospects to 2025. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.*, 96: 5929–5936.

- ❖ Eliasson, L. and Areblad, K. (1984) Auxin effects on rooting in pea cuttings. *Physiol. Plant*, 61: 293-297.
- ❖ Ellman (1959) : 5,5'-Dithiobis(2-nitrobenzoic acid) – a re-examination *Anal. Biochem.* 94, 75-81.
- ❖ Emebiri, L., Michael, P. and Moody, D. (2009). Enhanced tolerance to boron toxicity in two-rowed barley by marker-assisted introgression of favourable alleles derived from Sahara 3771. *Plant Soil*, 314: 77–85.
- ❖ Eraslan, F., Inal, A., Gunes, A. and Alpaslan, M. (2007a). Boron toxicity alters nitrate reductase activity, proline accumulation, membrane permeability and mineral constituents of tomato and Pepper plants. *J.Plant Nutr.*, 30: 981-994.
- ❖ Eraslan, F., Inal, A., Gunes, A. and Alpaslan, M. (2007b). Impact of exogenous salicylic acid on the growth, antioxidant activity and physiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity. *Scientia Horticulturæ*, 113: 120-128.
- ❖ Eraslan, F., Inal, A., Pilbeam, D.J. and Gunes, A. (2008). Interactive effects of salicylic acid and silicon on oxidative damage and antioxidant activity in spinach (*Spinacia oleracea* L. CV. Matador) grown under boron toxicity and salinity. *Plant Growth Regul.*, 55: 207-219.
- ❖ Eraslan, F., Inal, A., Savastur, O., and Gunes, A. (2007c). Changes in antioxidative system and membrane damage of lettuce in response to salinity and boron toxicity. *Scientia Hortic.*, 114: 510-516.
- ❖ Ergon, N., Topcuoğlu, Ş. F. and Yildis, A. (2002). Auxin (indole-3-acetic acid), gibberellic acid (GA₃), abscisic acid (ABA) and cytokinin (zeatin) production by some species of mosses and lichens. *Turky J.Bot.*, 26 :13-18.
- ❖ Esim, N., Tiryaki, D., Karadagoglu, O. and Atici, O. (2012). Toxic effects of boron on growth and antioxidant system parameters of maize

- (*Zea mays* L.) roots. Toxicol Ind Health DOI 10.1177/0748233712442729.
- ❖ Esim, N. and Atıcı, O. (2013). Nitric oxide alleviates boron toxicity by reducing oxidative damage and growth inhibition in maize seedlings (*Zea mays* L.). AJCS 7(8):1085-1092.
 - ❖ Fahan, A. (1982). Plant Anatomy ,3rd. Pergamon press. The Hebrew Univ. Jerusalem. pp :248.
 - ❖ FAO. (2006). Technology for Agriculture. Labour Saving Technologies and Practices Decision Support Tool (available at http://www.fao.org/teca/tools/lst/index_en.html).
 - ❖ Fernandez, C. G. J. (1993). Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: C. G. Kuo, ed. Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress, pp: 257-270. AVRDC, Shanhua, Taiwan.
 - ❖ Fischer, R.A. and Murrer, R. (1978). Drought resistance in spring Wheat cultivars. I. Grain yield response. Aust. J. Agric. Res., 29:897-912.
 - ❖ Fitzpatrick, K.L. and Reid ,R. (2009). The involvement of aquaglyceroporins in transport of boron in barley root. Plant, Cell and Environment, 32:1357-1365.
 - ❖ Fleischer, A., Oneill, M. A. and Ehwald , R. (1999). The pore size of non-graminaceous plant cell walls is rapidly decreased by borate ester cross- Linking of pectic polysaccharide rhamnogalacturonan II. Plant physiol ., 121: 829 – 838.
 - ❖ Foolad, M.R. (2004). Recent advances in genetics of salt tolerance in tomato. Plant Cell, Tissue Organ Cult., 76: 101-119.
 - ❖ Foong, T. W. and Barnes, M. F. (1981). Rooting co-factor in *Rhododendron*: the fractionation and activity of components from an easy-to-root and a difficult-to-root variety. Bioch. physiol. Pflanz., 176: 507-523.

- ❖ Ford, Y.Y., Bonham, E.C., Cameron, P.S. and Blake, H.L. (2001). Adventitious rooting: examining the role of auxin in an easy and a difficult-to-root plant. *Plant Growth Regulator*, 36 (2): 1-11.
- ❖ Foyer, C. H. and Noctor, G. (2011). Ascorbate and glutathione: the heart of the redox hub. *Plant Physiol.*,155(1): 2-18.
- ❖ Foyer, C.H. and Noctor, G. (2005). Oxidant and antioxidant signaling in plants: a re-evaluation of the concept of oxidative stress in a physiological context. *Plant Cell and Environ.*, 28: 1056-1071.
- ❖ Foyer, C.H. and Noctor, G. (2003). Redox sensing and signaling associated with reactive oxygen in chloroplasts, peroxisomes and mitochondria. *Plant Physiol.*, 119:355-364.
- ❖ Foyer, C.H. and Shigeoka, S. (2011). Understanding oxidative stress and antioxidant functions to enhance photosynthesis. *Plant Physiol.*, 155: 93-100
- ❖ Foyer, C.H. and Halliwell, B. (1976). The presence of glutathione and glutathione reductase in chloroplast: A proposed role in the ascorbic acid metabolism. *Planta*, 133:21-25.
- ❖ Fujiwara, T. Tanaka, M. and Miwa, K. (2010). Optimisation of nutrient transport processes by plants -boron transport as an example Maxwell K. and G.N. Johnson, 2000: Chlorophyll fluorescence a practical guide. *J. Exp. Bot.*,51: 659-668.
- ❖ Gad, N.(2005). Interactive effect of salinity and cobalt on tomato plants II- Some Physiological Parameters As Affected By Cobalt And Salinity *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 1(3): 270-276.
- ❖ Gadallah, M.A.A. and Ramadan, T. (1997). Effects of zinc and salinity on growth and anatomical structure of *Carthamus tinctorius* L. *Biologia Plantarum*, 39 (3): 411-418.

- ❖ Gallie, D.R. (2013). The role of L-ascorbic acid recycling in responding to environmental stress and in promoting plant growth. *J. Exp. Bot.*, 64: 433-443.
- ❖ Gälweiler, L., Guan Changhui, Müller, A., Wisman, E., Mendgen, K., Yephremov, A. and Palme, K. (1998). Regulation of polar auxin transport by AtPIN1 in *Arabidopsis* vascular tissue. *Science*, 282: 2226-2230.
- ❖ Gao, J.P., Chao, D.Y. and Lin, H.X. (2007). Understanding Abiotic Stress Tolerance Mechanisms: Recent Studies on Stress Response in Rice. *J. Integr. Plant Biol.*, 49: 742-750.
- ❖ Garcia, P.O.C., Rivero, R.M., Lopez-Lefebvre, L.R., Sanchez, E., Ruiz, J.M. and Romero, L. (2001). Response of oxidative metabolism to the application of carbendazim plus boron in tobacco. *Aust. J. Plant Physiol.*, 28:801-806.
- ❖ Garrido, G., Guerrero, J.R., Cano, E.A., Acosta, M., Sanchez-Bravo, J. (2002). Origin and basipetal transport of the IAA responsible for rooting of carnation cuttings. *Physiologia Plantarum*, 114: 303-312.
- ❖ Gechev, T. S., Van Breusegem, F., Stone, J. M., Denev, I., and Laloi, C. (2006). Reactive oxygen species as signals that modulate plant stress responses and programmed cell death. *Bioessays*, 28: 1091–1101.
- ❖ Gemici, M., Aktaş, L.Y., Türkyılmaz, B. and Güven, A. (2002). The Effects of the Excessive Boron Applications on Indole-3-Acetic Acid levels in *Triticum durum* Desf cv. Gediz Seedlings. *Cumhuriyet-universitesi Fen Bilimleri Dergisi.*, 23(2): 17-24.
- ❖ Ghanati, F., Morita, A. and Yokota, H. (2005). Deposition of suberin in roots of soybean 893 induced by excess boron. *Plant Science*, 168: 397-405.

- ❖ Gill, S.S., and Tuteja, N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants, *Plant Physiol. Biochem.*, 48: 909-930.
- ❖ Girotti, A.W. (1985). Mechanisms of lipid peroxidation. *Journal of Free Radicals in Biology and Medicine*, 1: 87-95.
- ❖ Gokhan ,H., Ozturk, L., Cakmak, I., Welech, R.M., Kochian, L.V. (2003). Genotypic variation in common bean in response to zinc deficiency in calcareous soil. *Plant and Soil*, 176:265-272.
- ❖ GOL . (2006). Comprehensive Food Security and Nutrition Survey (CFSNS).MOA, MPEA, FAO, WFP. [Online] Available at: <http://documents.wfp.org/stellent/groups/public/documents/ena/wfp095493.pdf>. Accessed July 2010.
- ❖ Gollberg, S., shouse , P.J., Lesch ,S.M. Grive , C.M. Poss , J. A., Fovster , H.S., and Suarez , D.L. (2003). Effect of high boron application on boron content and growth of melons . *Plant soil*, 256 : 403-411
- ❖ Gomes, M.P., De Sá e Melo Marques, T.C., Nogueira ,M.O., de Castro ,E.M.and Soares, A.M. (2011). Ecophysiological and anatomical changes due to uptake and accumulation of heavy metal in *Brachiaria decumbens*. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*, 68 (5): 566-573.
- ❖ González-Fontes ,A., Rexach, J., Navarro-Gochicoa, M.T., Herrera-Rodríguez, M.B.,Beato, V.M., Maldonado ,J.M.and Camacho-Cristóbal, J.J. (2008). Is boron involved solely in structural roles in vascular plants. *Plant Signal. Behav.*, 3: 24-26.
- ❖ Graham, R.D., Welch, R.M., Grunes, D.L., Cary, E.E.and Norvell, W.A. (1987). Effect of zinc deficiency on the accumulation of boron and other mineral nutrients in barely. *Soil Sci. Soc. Am. J.* ,51: 652-657.
- ❖ Grant, C.M., Perrone, G. and Dawes, I.W. (1998). Glutathione and catalase provide overlapping defences for protection against hydrogen

- peroxide in the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. Biochem. Biophys. Res. Commun., 253: 893-898.
- ❖ Gratão, P.L, Polle, A., Lea, P.J.and Azevedo, R.A. (2005). Making the life of heavy metal-stress plants a little easier. Functional Plant Biology 32:481–494.
 - ❖ Grierson, D.and Kader, A.A. (1986) .Fruit ripening and quality. In JG Atherton, J Rudich,(ed.) The Tomato Crop: A Scientific Basis for Improvement. Chapman and Hall, London, pp: 241-280.
 - ❖ Grieve C.N., Poss J.A. (2000): Wheat response to interactive effects of boron and salinity. J. Plant Nutr.,23: 1217–1226.
 - ❖ Grubben, G.J.H., and Denton, O.A. (2004). Plant Resources of Tropical Africa 2: Vegetables. Backhuys Publishers: PROTA Foundation, Wageningen, Netherlands.
 - ❖ Guidi, L., Degl’Innocenti, E., Carmassi, G., Massa, D. and Pardossi, A. (2011). Effects of boron on leaf chlorophyll fluorescence of green tomato grown with saline water. Environ. Exp. Bot., 73: 57-63 .
 - ❖ Gunes, A, Alpaslan, M., Cikili, Y., Ozcan, H. (2000). Effect of zinc on the alleviation of boron toxicity in tomato plants. Turk. J.Agric. Forst. , 24: 505-509.
 - ❖ Gunes, A., A. Inal, and E. G. Bagci. (2009). Recovery of bean plants from boron- induced oxidative damage by zinc supply. Russ. Plant Physiol., 56: 503–509.
 - ❖ Güneş, A., İnal, A. and Alpaslan, M. (1996). Effect of salinity on stomal resistance, proline and mineral composition of pepper. Journal of Plant Nutrition, 19(2): 389-396.
 - ❖ Gunes, A., Soylemezoglu, G., Inal, A., Bagci, E.G., Coban, S.and Sahin ,O. (2006). Antioxidant and stomatal response of grapevine (*Vitis vinifera* L.) to boron toxicity. Scientia Horticulture, 110: 279-284.

- ❖ Hagen, G. and Guilfoyle, T. (2002). Auxin-responsive gene expression: genes, promoters and regulatory factors. *Plant Mol. Biol.*, 49:373-385 .
- ❖ Haissig ,B.E and Riemenschneider, D.E. (1992). The Original Basal Stem Section Influences Rooting in *Pinus-Banksiana* Cuttings. *Physiol. Plant*, 86: 1-5 .
- ❖ Haissig, B.E. (1974). Influences of auxin synergists on adventitious root primordium initiation and development. *N.Z.J. For. Sci.*, 4: 311-323.
- ❖ Haissig,B.C.(1984). Carbohydrate accumulation and partitioning in *Pinus banksiana* seedling and seedling cuttings.*Physiol.*, 61:13-19.
- ❖ Hall, D. (2010). Boron. Department of Agriculture and Food Western Australia. Perth, Department of Agriculture and Food Western Australia.
- ❖ Halliwell, B. (2006). Reactive species and antioxidants. Redox biology is a fundamental theme of aerobic life. *Plant Physiol.*, 141: 312–322.
- ❖ Hamurcu,M., Sekmen, AH., Turkan, I.S., Gezgin, S.,Demiral ,T.and Bell, R.W. (2013). Induced anti-oxidant activity in soybean alleviates oxidative stress under moderate boron toxicity. *Plant Growth Regul.*,70:217- 226.
- ❖ Han, S., N. Tang, H-X. Jiang, L.T. Yang and Lee, Y. (2009). CO₂ assimilation, photosystem II photochemistry, carbohydrate metabolism and antioxidant system of citrus leaves in response to boron stress. *Sci.Plant*,176:143-153.
- ❖ Hand, P. (1994). Biochemical and molecular markers of cellular competence for adventitious rooting. *In Biology of Adventitious Root Formation*. Eds. T.D. Davis and B.E. Haissig. Basic Life Sciences 62, Plenum Press, New York, pp: 111-121.

- ❖ Hänsch, R. and Mendel, R. R. (2009). Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl), *Curr. Opin. Plant Biol.*, 12:259–266.
- ❖ Hare, P.D., Cress, W.A., and Van Staden, J. (1999). Proline synthesis and degradation: a model system for elucidating stress-related signal transduction. *J.Exp. Bot.*, 50: 413–434.
- ❖ Hasanuzzaman, M., Nahar, K. and Fujita, M. (2013). Extreme Temperature Responses, Oxidative Stress and Antioxidant Defense in Plants. In *Abiotic Stress-Plant Responses and Applications in Agriculture*. Publisher In Technology.
- ❖ Hasnain, A., S. Mahmood, S. Akhtar, S.A. Malik and N. Bashir. (2011). Tolerance and toxicity levels of boron in mung bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) cultivars at early growth stages. *Pak. J. Bot.*, 43(2): 1119-1125
- ❖ Hassan, M. (2007). The transcriptional response of barley to boron toxicity. Ph. D Thesis, University of Adelaide.
- ❖ Hatcher J.T. and Wilcox, I.V. (1955). Colorimetric determination of boron using carmine. *Anal. Chem.*, 22:567-569.
- ❖ Havaux, M. and Lannoye, R. (1985). Drought resistance of hard wheat cultivars measured by a rapid chlorophyll II fluorescence test. *J. Agric. Sci.*, 104:501-504.
- ❖ Heath, R.L. and Packer, L. (1968). Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Arch. Biochem. Biophys.*, 125: 189-198.
- ❖ Hefny M. and Abdel-Kader, D. Z. (2009). Antioxidant-enzyme system as selection criteria for salt tolerance in forage sorghum genotypes (*Sorghum bicolor* L. Moench), IN: *Salinity and Water Stress*, Ashraf, M., Ozturk, M. and Athar, H. R. Eds., pp: 25-36, Springer, The Netherlands.

- ❖ Heloir, M.C., Kevers, C., Hausman, J.F. and Gaspar, T. (1996). Changes in the concentrations of auxins and polyamines during rooting of in vitro propagated walnut shoots. *Tree Physiology*, 16(5): 515-519.
- ❖ Hembergt. (1951). Rooting experiments with hypocotyls of *Phaseolus vulgaris* L. *Physiol. Plant*, 4: 358-369.
- ❖ Herrera-Rodríguez M.B., González-Fontes A., Rexach. J., Camacho-Cristóbal, J.J, Maldonado J.M, Navarro-Gochicoa M.T. (2010). Role of boron in vascular plants and response mechanisms to boron stresses. *Plant Stress*, 4:115-122.
- ❖ Hess, C.E. (1961). The mung bean bioassay for detection of root promoting substances. *Plant Physiol.*,36(1):suppl. 21.
- ❖ 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 .
- ❖ Hoagland, D.R. and Arnon, D.I. (1950). The water-culture method for growing plants without soil. California Agriculture Experimental Station, Circular 347.
- ❖ Hochholdinger, F., Park, W.J., Sauer, M. and Woll ,K. (2004). From weeds to crops: genetic analysis of root development in cereals. *Trends Plant Sci.*, 9:42–48.
- ❖ Hopkins, W.G. (1999). *Introduction to Plant Physiology*. John Wiley and Sons, Inc., New York, USA .
- ❖ Hoque, M.A., Banu, M.N.A., Okuma, E., Amako, K., Nakamura, Y.,Shimoishi, Y. and Murata, Y. (2007). Exogenous proline and glycinebetaine increases NaCl-induced ascorbate- glutathione cycle enzyme activities and proline improve salt tolerance more than glycinebetaine in tobacco Bright yellow-2 suspension- cultured cells. *J. Plant Physiol.*, 164: 553–561 .

- ❖ Hossain ,M .A ; Piyatida ,P . Jaime,A .and Fujita,M. (2012). Molecular Mechanism of Heavy Metal Toxicity and Tolerance in Plants: Central Role of Glutathione in Detoxification of Reactive Oxygen Species and methylglyoxal and in Heavy Metal Chelation. Rev. Hindawi Publishing Corporation Journal of Botany Volume 2012, doi:10.1155/2012.
- ❖ Hossain, M. A. and Fujita, M. (2011). Regulatory role of components of ascorbate-glutathione (AsA-GSH) pathway in plant tolerance to oxidative stress, In Oxidative Stress in Plants: Causes, Consequences and Tolerance, N. A. Anjum, S. Umar, and A. Ahmed, Eds., IK International Publishing House Pvt. Ltd., New Delhi, India,.
- ❖ Hossain, M. A., Hasanuzzaman, M. and Fujita, M. (2011). Coordinate induction of antioxidant defense and glyoxalase system by exogenous proline and glycinebetaine is correlated with salt tolerance in mung bean. *Frontiers of Agriculture in China*, 5(1):1–14.
- ❖ Hossain, M.A., Focken, U. and Becker, K. (2001). Evaluation of an unconventional legume seed, *Sesbenia aculeata*, as a dietary protein source for common carp, *Cyprinus carpio* L. *Aquaculture*, 198:129-140.
- ❖ Hossain, M.A., Hasanuzzaman, M. and Fujita, M. (2010). Up-regulation of antioxidant and glyoxalase systems by exogenous glycine betaine and proline in mung bean confer tolerance to cadmium stress. *Physiol. and Mol. Biol. Plants*, 16(3): 259- 272 .
- ❖ Hossain, M.A.and Fujita, M. (2009). Purification of glyoxalase I from onion bulbs and molecular cloning of its cDNA. *Bio. Sci. Biotchnol. Biochem.*, 73:2007 - 2013.
- ❖ Hossain,B., Hirata,A.,Nagatomo,Y.,Akaski,R.andTakaki,H.(1997). Internal zinc accumulation is correlation with increased growth in Rice suspension culture. *J. Plant Growth Requil.*,16:239-243.

- ❖ 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
- ❖ Howe, G.A.and Schillmiller, A.L. (2002). Oxylin metabolism in response to stress. Curr. Opin. Plant Biol., 5:230-236.
- ❖ Hrishikesh, U.P. and Panda S K. (2013). Abiotic stress responses in tea (*Camellia sinensis* L. O Kuntze) an overview. Reviews in Agricultural Science, 1: 1-10.
- ❖ Hu, H., Penn, S.G., Lebrilla ,C.B. and Brown,. P.H. (1997). Isolation and characterization of soluble boron complexes in higher plants. Plant Physiol., 113:649-655.
- ❖ Hu, H.and Brown ,P.H. (1997). Absorption of Boron by Plant Roots. In: Boron in Plants and Soils. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, The Netherlands,pp: 49-58.
- ❖ Huang, C.X. and Van Steveninck, R.F.M. (1990). Salinity induced structural changes in meristematic cells of barley roots. New Phytologist, 15:17-22.
- ❖ Hunt, C.D. (2012). Dietary boron: progress in establishing essential roles in human physiology. J. Trace Elements in Med. and Biol., 26:157-160.
- ❖ Hunt, M.A., Trueman, S.J. and Rasmussen, A. (2011). Indole-3-butyric acid accelerates adventitious root formation and impedes shoot growth of *Pinus elliottii* var. *elliottii* × *P. caribaea* var. *hondurensis* cuttings. New Forests, 41(3): 349–360.
- ❖ Husen, A and Pal, M . (2007). Metabolic changes during adventitious root primordium development in *Tectona grandis* Linn. f. (teak) cuttings as affected by age of donor plants and auxin (IBA and NAA) treatment. New Forests, 33: 309-323.

- ❖ Husen, A. (2011). Rejuvenation and adventitious rooting in coppice-shoot cuttings of *Tectona grandis* as affected by stock-plant etiolation. Amer. J. Plant Sci., 2: 370-374.
- ❖ Husen, A. (2012). Changes of soluble sugars and enzymatic activities during adventitious rooting in cuttings of *Grewia optiva* as affected by age of donor plants and auxin treatments. American J. Plant Physiol., 7: 1-16.
- ❖ Husen,A. (2008). Stock-plant etiolation causes drifts in total soluble sugars and anthraquinones, and promotes adventitious root formation in teak (*Tectona grandis* L. f.) coppice shoots. Plant Growth Regul., 54: 13–21.
- ❖ Hussein, M.M., Abo-Leila, B.H., Metwally, S.A. and Leithy, S.Z. (2012). Anatomical structure of jatropha leaves affected by proline and salinity conditions. J. Appl. Sci. Res., 8(1): 491-496.
- ❖ Inal, A. and Tarakcioglu, C. (2001). Effects of nitrogen forms on the growth, nitrate accumulation, membrane permeability, and nitrogen use efficiency of hydroponically grown bunch onion (*Allium cepa* L.) under boron deficiency and toxicity. J. Plant Nutr., 24: 1521-1534.
- ❖ 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.
- ❖ Jain, R., Srivastava, S., Solomon S., Shrivastava, A. K. and Chandra, A. (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.
- ❖ James, L. G. (2003). Influence of Mineral Nutrition on Stock Plant Yield and Subsequent Rooting of Stem Cuttings of *Scaevola*, New

- Guinea Impatiens, and Vegetative Strawflower . Ph D. Thesis ,North Carolina State University.
- ❖ Jamil, M.; Ashraf, M.; Rehman, S and Rha, E.S. (2008). Cell Membrane Stability (CMS). A Simple Technique to Check Salt stress Alleviation Through Seed Priming with GA3 in Canola. Cited by.
 - ❖ Jampeetong, A. and Brix ,H. (2009). Effects of NaCl salinity on growth, morphology, photosynthesis and proline accumulation of *Salvinia natans*. Aquatic, Bot., 91(3): 181-186.
 - ❖ Jarvis, B.C. (1986). Endogenous control of adventitious rooting in non woody cuttings. In: Jackson MB, eds. New root formation in plants and cuttings. Dordrecht: Martinus Nijhoff Publishers, 191-222.
 - ❖ Javed, I.H., Wahid, A.and Rasul,E. (2001). Selection of pearl millet lines for tolerance to increased salinity. JAPS, 11: 18–23.
 - ❖ Joslyn, M.A. (1970). Methods in food analysis physical, chemical and instrumental methods of analysis. 2nd edn. Academic pres, New York and London.
 - ❖ Jozefczak, M., Remans ,T., Vangronsfeld, J.and Cuypers, A. (2012). Glutathione is a key player in metal-induced oxidative stress defenses. Inter. J. Mol. Sci.,13 (3):145–3175.
 - ❖ Kajikawa, M., Fujibe, T., Uruguchi, S., Miwa, K. and Fujiwara, T. (2013). Expression of the *Arabidopsis* borate efflux transporter gene, *AtBOR4*, in rice affects the xylem loading of boron and tolerance to excess boron. Biosci Biotechnol Biochem., 75: 2421-2423.
 - ❖ Kalloo, G. (1989). Vegetable breeding. Vol. 1. CRS Pres. Inc., Boca Raton Florida, p: 239.
 - ❖ Kang, H.G., Noh, Y.S., Chung, Y.Y., Costa, M., An, K. and An, G. (1995). Phenotypic alterations of petals and sepals by ectopic expression of a rice MADS box gene in tobacco. Plant Mol. Biol., 29:1-10.

- ❖ Kanwal, S., Ashrae, M., Shahbaz, M. and Iqbal, M. Y. (2013). Influence of salint stress on growth, gas exchange, mineral nutrients and non-enzymatic antioxidatns in mung bean [(*Vinga radiata* (L.) Wilczek]. Pak. J. Bot., 45(3): 763-771.
- ❖ Karabal, E., Yucel, M. and Oktem, H.A. (2003). Antioxidant responses of tolerant and sensitive barley cultivars to boron toxicity. Plant Sci., 164: 925–933.
- ❖ Kavi Kishor, P.B., Sangam, S., Amruth, R.N., Sri Laxmi, P., Naidu, K.R., Rao, K.R., Sreenath, S.S., Rao Reddy ,K.J., Theriappan, P. and Sreenivasulu, N. (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.
- ❖ Kaya, C., Tuna, A.L., Dikilitas, M., Ashraf, M., Koskeroglu, S. and Guneri, M. (2009). Supplementary phosphorus can alleviate boron toxicity in tomato. Sci. Horti. Cult., 121:284 288.
- ❖ Keles, Y. , Ncel, I. O. and Yenice, N. (2004). Relationship between boron content and antioxidant compounds in Citrus leaves taken from fields with different water sources. Plant and Soil, 265(1-2):345–353.
- ❖ Keshavarz P. and Malakouti, M.J. (2007). Growth and anatomical structure of wheat as affected by zinc and salinity. In: Zinc Crops 2007 Improving crop production and human health, 24-26 May 2007, Istanbul, Turkey. 2007 International Zinc Association (IZA) / International Fertilizer Industry Association (IFA): Bruss.
- ❖ Ketchum, R.E.B., Warren, R.C., Klima, L.J., Lopez- Gutierrez, F. and Nabors, M.W. (1991). The mechanism and regulation of proline accumulation in suspension cultures of the halophytic grass *Distichlis spicata* L., J.Plant Physiol., 137: 368-374.

- ❖ Kevers, C., Hausman, J.F., Faivre-Rampant, O., Evers, D. and Gaspar, T. (1997). Hormonal control of adventitious rooting: progress and questions. *Angew. Bot.*, 71:71-79.
- ❖ Khafagy,
- ❖ Kim, B.C., Lee, Y.H., Lee, H.S., Lee, D.W., Choe, E.A. and Pyun, Y.R. (2002). Cloning, expression and characterization of L-arabinose isomerase from *Thermotoga neapolitana*: bioconversion of d-galactose to d-tagatose using the enzyme. *FEMS Microbiol. Lett.*, 212:121-126.
- ❖ Klopotek ,Y., Haensch kt, Hause, B., Hajirezamiimr, and Druege, U. (2010). Dark exposure of petunia cuttings strongly improves adventitious root formation and enhances carbohydrate availability during rooting in the light. *J.Plant Physiol.*, 167: 547-554.
- ❖ Kocsy, G., Kobrehel, K., Szalai, G., Duviau, M-P., Buzás, Z. and Galiba, G. (2004). Abiotic stress induced changes in glutathione and thioredoxin levels in maize. *Environ. Exp. Bot.*, 52:101-112.
- ❖ Kolomiets, M.V., Hannapel, D.J., Chen, H., Tymeson, M.and Gladon, R.J. (2001). Lipoxygenase is involved in the control of potato tuber development. *Plant Cell*, 13:613-626.
- ❖ Konuk, M., Liman, R.and Cigerci, I.H. (2007). Determination of genotoxic effect of boron on *Allium Cepa* root meristematic cells. *Pak. J. Bot.*, 39 (1):73–79 .
- ❖ Kot, F.S. (2009). Boron sources, speciation and its potential impact on health. *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.*, 8:3-28.
- ❖ Kovacik, J.and Klejdus, B. (2008). Dynamics of phenolic acids and lignin accumulation in metal-treated *Matricaria chamomilla* roots. *Plant Cell Rep.*, 27:605–615.
- ❖ Koyuncu, F., Balta, F. (2004). Adventitious root formation in leaf-bud cuttings of tea (*Camellia sinensis* L.). *Pak.J. Bot.*, 36: 763-768.

- ❖ Labudda, M. (2013). Lipid peroxidation as a biochemical marker for oxidative stress during drought, an effective tool for plant breeding . E-wydawnictwo , poland , [http://www. e- wydawnictwo , eu Document/ Document preview /3342](http://www.e-wydawnictwo.eu/Document/Document%20preview/3342).
 - ❖ 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 .
- Landi, M., Pardossia, A., Remorinib, D.and Guidi L. (2013). Antioxidant and photosynthetic response of a purple-leaved and a green-leaved cultivar of sweet basil (*Ocimum basilicum*) to boron excess. Environ. Exper. Bot., 85: 64-75.
- ❖ Lechno, S., Zamski, E. and Telor, E. (1997). Salt stress-induced responses in cucumber plants. J. Plant Physiol., 150: 206-211.
 - ❖ Lee, S.K.D. (2006). Hot pepper response to interactive effects of salinity and boron. Plant Soil and Environment, 52: 227-233.
 - ❖ Lenoble, M.E., Blevins D.G. and Miles R.J. (1996). Prevention of aluminium toxicity with supplemental boron. II. Stimulation of root growth in an acidic, high-aluminium subsoil. Plant Cell Environ., 19:1143-1148.
 - ❖ Lewis, A.M.and Boose, E.R. (1995). Estimating volume flow rates Through xylem conduits. Amer. J. Bot., 82 : 1112-1116.
 - ❖ Li ,M.S.and Leung, D.W.M. (2000). Starch accumulation is associated with adventitious root formation in hypocotyls cuttings of *Pinus radiata*. J. Plant Growth Regul., 19: 423-428.
 - ❖ Li, S.W., Xue, L.G., Xu, S.J., Feng ,H.Y.and An, L.Z. (2009). Mediators, Genes and Signaling in Adventitious Rooting. Bot. Rev., 75: 230-247.
 - ❖ Liu, J.H.and Reid, D.M. (1992). Adventitious rooting in hypocotyls of sunflower (*Helianthus annuus*) seedlings IV: The role of changes in

- endogenous free and conjugated indole-3-acetic acid. *Physiol. Plant* ., 86:285-92.
- ❖ Liu, S. and Han, B. (2010). Differential expression pattern of lipoxygenase in flower opening and senescence and in leaf response to phloem feeders in the tea plant. *BMC Plant Biol.*, 10: 228-234.
 - ❖ Liu,R., Chen,S., Jiang,J., Zhu,L., Zheng,C., Han,S., Gu,J., Sun,J., Li,H., Wang,H., Song,A.and Chen,F. (2013). Proteomic changes in the base of chrysanthemum cuttings during adventitious root formation.*BMC Genomics*, 14:919.
 - ❖ Logani ,M.K., Davies,R.E. (1980). Lipid oxidation: biologic effects and antioxidants - A review. *Lipids*, 15: 485-495.
 - ❖ Lopez-Bucio, J., Cruz-Ramirez, A. and Herrera-Estrella ,L. (2003). The role of nutrient availability in regulating root architecture. *Curr Opin Plant Biol.*, 6: 280-287.
 - ❖ Lorimer, G. H. (1981). The carboxylation and oxygenation of ribulose 1,5-bisphosphate: The primary events in photosynthesis and photorespiration *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 32:349-388.
 - ❖ Luckman, G.A. and Menary, R.S. (2002). Increased root initiation in cuttings of *Eucalyptus nitens* by delayed auxin application. *Plant Growth Regul.*, 38(1): 31–35.
 - ❖ Lutts, S.;Kinet, J.M.and Bouharmont,J. (1996). NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differentiating in salinity resistance. *Ann. Bot.*,78:389-398.
 - ❖ Lwin, K.M., Han, M. M., Myint, M. and Khaing,O, Z. K. (2008). Screening of Indole-3-Acetic Acid (IAA) Producing Plant Growth Promoting Rhizobacteria (*Pseudomonas sp* and *Azotobacter sp.*) and study on the IAA Productivity of the Best IAA Producer Strain.GMSARN International Conference on Sustainable Development.

- ❖ Lyndon, R.F. (1990). Plant development. The cellular basis. Unwin Hyman, London.
- ❖ Maas, E.V. (1987). Salt tolerance of plants. In Handbook of Plant Science in Agriculture, vol. 2. Ed. B. R. Christie. pp 57. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- ❖ Madhusudhan, R., Ishikawa, T., Sawa, Y., Shiqeoka , S.and Shibata H. (2003). Characterization of an Ascorbate Peroxidase in Plastids of Tobacco by -2 Cells. *Physiol. Plant.*, 117(4): 550-557.
- ❖ Mahboobi, H., Yucel, M., and ktem, H.A. (2000). Changes in total protein profiles of Barley cultivars in response to toxic boron concentration. *J. Plant Nutr.*, 23(3): 391-399.
- ❖ Mahmoud ,M.S. (2010). Role of Boron in Plant Nutrition and Human Health. *American J. Plant Physiol.*, 5: 224-240.
- ❖ Mane, A.V., Deshpande, T.V., Wagh, V.B., Karadge, B.A.and Samant J.S. (2011). A critical review on physiological changes associated with reference to salinity. *Inter. J. Environ. Sci.*, 6: 1192-1216.
- ❖ Mangal, M. , Agarwal, M. and Bhargava, D. (2013). Effect of Cadmium and Zinc on growth and Biochemical Parameters of Selected Vegetables.. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 2 (1):106-114.
- ❖ Mansoor, S. and Naqvi, F .N. (2013). Effect of heat stress on lipid peroxidation and antioxidant enzymes in mung bean (*Vigna radiata* L.) seedlings. *African J.Biotechnol.*,12(21):3196-3203.
- ❖ Marschner,P. (2012). Mineral Nutrition Of High Plants.Third edition ,Academic press is an imprint of Elsevier.
- ❖ Mashlsted, J.P. and Watson, D.P. (1952). An-anatomical study of adventitious root formation in stem *Vaccinium corymbosium*. *Bot. Gaz.*, 133: 279-285.

- ❖ Masion, A. and Bertsch, P.M. (1997). Aluminium speciation in the presence of wheat root cell walls: a wet chemical study. *Plant Cell Environ.*, 20: 504-512.
- ❖ Match, T. and Ochiai, K. (2005). Distribution and partitioning of newly taken-up boron in sunflower. *Plant Soil*, 278: 351-360.
- ❖ Matoo ,A., Handa , A. (2008). Higher polyamines restore and invigorate metabolic memory in ripening fruit. *Plant Sci.*,174: 386-393.
- ❖ Maxwell, K. and Johnson, G.N. (2000). Chlorophyll fluorescence: a practical guide. *J. Exp. Bot.*, 51: 659 - 668.
- ❖ McCord, J. M. and Fridovich, I. (1969). Superoxide Dismutase an enzymic function for erythrocyte hemocuprein. *J. Biol. Chem.*, 244:6049-6055.
- ❖ McDonald GK, Eglinton JK, Barr AR. (2010). Assessment of the agronomic value of QTL on chromosomes 2H and 4H linked to tolerance to boron toxicity in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Plant Soil*, 326:275–290.
- ❖ Metaxas, D.J., Syros, T.D., Yupsanis, T. and Economou, A.S. (2004). Peroxidases during adventitious rooting in cuttings of *Arbutus unedo* and *Taxus baccata* as affected by plant genotype and growth regulator treatment. *Plant Growth Regul.*, 44: 257-266.
- ❖ Metwally,A., El-Shazoly,R. and Hamada,A.M. (2012). Effect of boron on growth criteria of some wheat cultivars. *J. Biol. Earth Sci.*, 2(1):pp9.
- ❖ Mhamdi ,A., Hager, J., Chaouch, S., Queval ,G., Han, Y., Taconnat, L., Saindrenan, P., Gouia, H., Issakidis-Bourguet, E. and Renou, P. (2010). Arabidopsis glutathione reductase plays a crucial role in leaf responses to intracellular hydrogen peroxide and ensuring appropriate gene expression through both salicylic acid and jasmonic acid signaling pathways. *Plant Physiol.*, 153: 1144-1160 .

- ❖ Middleton ,W., Jarvis , B.C. and Booth ,A. (1978). The boron requiremen for root development in stem cuttings of *Phaseolus aureus* Roxb .New Phytol., 81:287-297.
- ❖ Mills, D. (1989). Differential response of various tissues of *Asparagus officinalis* to sodium chloride. J.Exper. Bot., 4: 411-414
- ❖ Mishra, S., Jha ,A.B.and Dubey, R.S. (2011). Arsenite treatment induces oxidative stress, upregulates antioxidant system, and causes phytochelatin synthesis in rice seedlings. Protoplasma, 248(3):565-577
- ❖ Miszalski,Z.,Slesak,I.,Niewiadomska,E.,Baczek-Kwinta , R., Luttge, U., Ratajczak, R. (1998). Subcellular Localization and stress responses of superoxide dismutase isoforms from leaves in the C₃-CAM intermediate halophyte (*Mesembryanthum crystallinum* L.). plant cell Environ.,21:169-179.
- ❖ Mittler, R. (2002). Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends in Plant Science, 7: 405-410.
- ❖ Mittova, V., Tal, M., Volokita, M. , Guy, M. (2003). Up-regulation of the leaf mitochondrial and peroxisomal antioxidative systems in response to salt-induced oxidative stress in the wild salt-tolerant tomato species *Lycopersicon pennellii*. Plant, Cell and Environ., 26:845-856.
- ❖ Miwa, K., Takano, J. and Fujiwara, T. (2006). Improvement of seed yields under boron limiting conditions through over expression of BOR1, a boron transporter for xylem loading in *Arabidopsis thaliana*. Plant J., 46: 1084- 1091.
- ❖ Miwa, K., Takano, J., Omori, H., Seki, M., Shonozaki, K.and Fujiwara ,T. (2007). Plants tolerant of high boron levels. Science, 318: 1411-1417.
- ❖ Miwa,K.and Fujiwara,T. (2010). Boron transport in plants: co-ordinated regulation of transporters. Ann. Bot., 105: 1103-1108.

- ❖ Miyake, C. and Asada, K . (1994) . Ferredoxin-dependent photoreduction of monodehydroascorbate radicals in spinach thylakoids. *Plant Cell Physiol.*, 35: 539-549.
- ❖ Molassiotis, A., Sotiropoulos, T. ,Tanou, G., Diamantidis, G.and Therios, I. (2006). Boron induced oxidative damage and antioxidant an nucleolytic response in shoot tips culture of the apple rootstock EM9 (*Malus domestica* Borkh). *Environ. Exp. Bot.*, 56:54-62.
- ❖ Moller I.M. and Sweetlove, L.J. (2010). ROS signalling – specificity is required. *Trends in Plant Science*, 15: 370-374.
- ❖ Moller, I. M., Jensen, P. E., and Hansson, A. (2007). Oxidative modifications to cellular components in plants. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 58: 459-481.
- ❖ Molnar, J. M., and La Croix, L. J. (1972). Studies on the rooting of cuttings of *Hydrangea macrophylla* : DNA and protein changes. *Can J. Bot.*,50: 387-392.
- ❖ Moore, G. (2004). Soil guide: a handbook for understanding and Managing agricultural soils. Western Australia: Department of Agriculture.
- ❖ Mudan,Y., Zhixia,H., Mingpu,Z.and Yan,S. (2008). The Research Advances on Indole-3-acetic acid (IAA) Catabolism Related Enzymes:IAA oxidase(IAAO),Peroxidase (POD). *Chinese Agri. Sci.Bulletin*, 24 (8):88-92.
- ❖ Muday, G.K and DeLong, A. (2001). Polar auxin transport: controlling where and how much. *Trends in Plant Science*, 6: 535-542.
- ❖ Muhammad,A.J. and Shaheed,A.I. (2012). Effect of salicylic acid and silicon on Oxidative damage and antioxidant activity in Mung bean under boron toxicity. *J. Babylon Univ.*, 1(22):335-348.
- ❖ Muller-Navarra, D. C., Brett, M. T. et al. (2004). Unsaturated fatty acid content in seston and tropho-dynamic coupling in lakes. *Nature*,427: 69-72.

- ❖ Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, 25(2), 239-250.
- ❖ Munns, R. and Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 59: 651- 681.
- ❖ Nable ,R. O. (1988). Resistance to boron toxicity amongst several barley and wheat cultivars: a preliminary examination of the resistance mechanism. *Plant and Soil*, 112: 45-57.
- ❖ Nable, R. O., Bañuelos, G. S. and Paull, J. G. (1997). Boron toxicity. *Plant and Soil*, 193:181-198.
- ❖ Nadall,S.M. Balogy, E.R. and Jochvic, N.L. (2011). Hydrogen Peroxide is scavenged by antioxidant enzymes in wheat plants. *Plant Physiol.*, 29: 534-541 .
- ❖ Nag,S ., Paul,A and Choudhuri,A . (2013b). Role of Endogenous Nucleic Acids and Proteins in Adventitious Root Formation in Mung Bean Cuttings. *Inter.J. Innovat. Resear. Sci., Engineeri. Technol.*, 2: 1337-1342.
- ❖ Nag,S., Paul,A.and Choudhuri,A. (2013a) .Changes in peroxidase activity during adventitious root formation at the base of Mung bean cuttings .*Inter.J.Sci. and technol. Resear.*, (12) :170-177.
- ❖ Naija,S.,Elloumi,N.,Jbir,N.,Ammar, S., and Kevers,C. (2008). Anatomical and biochemical changes during adventitious rooting of apple root-stocksMM106 cultured *In vitro*. *C. R. Biol.*, 331:518-525.
- ❖ Nakano, Y. and Asada K. (1981). Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. *Plant Cell Physiol.*, 22: 867-880.
- ❖ NAS/NRC . (1979). Tropical legumes: Resources for the future. Report by an ad hoc advisory panel of the advisory committee on technology innovation, board on science and technology for international

- development, National Academy of Science and the National Research Council, Washington, D.C.
- ❖ 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
 - ❖ Nadjoud, G., Fadila,k., Mouna,A., Zohra,G.and Sana,G. (2013). Effect of zinc on growth, metabolism and activity of antioxidant enzymes in the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. Global Journal of Biodiversity Science and Management, 3(2): 243-248.
 - ❖ Nilsen, E.T., and Orcutt, D.M. (1996). The physiology of plants under stress. John Wiley and Sons Inc. New York, USA. 687 p.
 - ❖ Noctor, G. and Foyer, C.H. (1998). Ascorbate and glutathione, keeping active oxygen under control. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mole. Biol., 49: 249-279.
 - ❖ Noctor, G., Gomez, L., Vanacker, H. and Foyer, C.H. (2002). Interactions between biosynthesis, compartmentation and transport in the control of glutathione homeostasis and signaling. J. Exp. Bot., 53: 1283-1304.
 - ❖ Noctor, G., Mhamdi, A., Chaouch ,S., Han ,Y., Neukermans, J., Marquez-Garcia, B., Queval, G.and Foyer, C.H. (2012). Glutathione in plants: an integrated overview. Plant Cell Environ., 35:454-484
 - ❖ Nozawa ,A., Miwa, K., Kobayashi, M., Fujiwara, T. (2006). Isolation of *Arabidopsis thaliana* cDNAs that confer yeast boric acid tolerance. Bio.sci. Biotechnol. Biochem., 70: 1724-1730.
 - ❖ Nzengue, Y. (2008). Comparaison des mécanismes de toxicité redox du Cadmium , du cuivre et du zinc : place des métallo thionines et de P53 . Thèse de doctorat, Université JOSEPH FOURIER- GRENOBLE 1, France, 299 p.

- ❖ O'Dell, B.L. (2000). Role of Zinc in plasma membrane Function. American Society for Nutritional Sciences, 135:1432-1436.
- ❖ 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 plant, *Oryza sativa* L. Soil Science and Plant Nutrition, 45: 891–896.
- ❖ Ola, H,A.E., Reham, E.F., Eisa, S.S.and Habib, S.A. (2012). Morpho-anatomical changes in salt stressed kallar grass (*Leptochloa fusca* L. Kunth). Res. J. Agric. Biol. Sci., 8(2): 158-166.
- ❖ Ölçer, H.and Kocaçalışkan , I. (2007). Excess boron reduces polyphenol oxidase activities in embryo and endosperm of maize seed during germination. J.Bio.Sci., 62: 111-115.
- ❖ Ortega ,L., Fry, S.C.and Taleisnik, E. (2006). Why are *Chloris gayana* leaves shorter in salt-affected plants? Analyses in the elongation zone. J. Exp. Bot., 57: 3945-3952.
- ❖ Page, A.I. (1982). Methods of Soil analysis Part 2.Chemical and Microbiological properties. Amer. Soc. Agron. Midison Wis. USA.
- ❖ Pal Singh ,H., Kaur, S., Batish, D.R and Kohli, R.K. (2009). Caffeic acid inhibits in vitro rooting in mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek) hypocotyls by inducing oxidative stress. Plant Growth Regul., 57:21-30 .
- ❖ Papadakis, I., Dimassi, K.N., Bosabalidis, A.M., Therios, I.N., Patakas, A. and Giannakoula, A. (2004). Effects of B excess on some physiological and anatomical parameters of Navelina orange plants grafted on two rootstocks. Environ. and Exper. Bot., 51:247-257.
- ❖ Parida, A.K and Das, A.B. (2005). Salt tolerance and salinity effect on plants: a review. Ecotoxicol. Environ. Saf., 60: 324–349.

- ❖ Pastori, G.M. and Foyer, C.H. (2002). Common components, networks and pathways of cross-tolerance to stress. The central role of 'redox' and abscisic-acid-mediated controls. *Plant Physiology*, 129: 460-468.
- ❖ Paull, J. G. (1990). Genetic studies of the tolerance of wheat to high concentrations of boron. Ph. D. Thesis, University of Adelaide.
- ❖ Paull, J.G., Nable, R.O., Lake, A.W.H., Materne, M.A. and 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.
- ❖ Pereira, W.E., de Siqueira, D.L., Martinez, C.A. and Puiatti, M. (2000). Gas exchange and chlorophyll fluorescence in four citrus rootstocks under aluminum stress. *J. Plant Physiol.*, 157: 513-520.
- ❖ Perrot-Rechenmann, C. (2010). Cellular responses to auxin: division versus expansion. *Cold Spring Harb Perspect Biol.*, 2:1-15.
- ❖ Peyrano, G., Taleisnik, E., Quiroga, M., de Forchetti, S.M. and Tigier, H. (1997). Salinity effects on hydraulic conductance, lignin and peroxidase activity in tomato roots. *Plant Physiology and Biochemistry*, 35: 387-393.
- ❖ Pinton, R., Cakmak, I., Marschner, H. (1994). Zinc deficiency enhanced NAD(P)H-dependent superoxide radical production in plasma membrane vesicles isolated from roots of bean plants. *Journal Experimental Botany*, 45:45-50.
- ❖ Pitman, W.D., Holte, C., Conrad, B.E. and Bashaw, E.C. (1983). Histological differences in moisture stressed and non-stressed kleingrass forage. *Crop Sci.*, 23: 793-795.
- ❖ Plader, W., Burza, W. and Malepszy, S. (2007). *Cucumber. Biotechnology in Agriculture and Forestry* 59: Transgenic Crops.

- ❖ Poehlman ,J.H. (1979). Breeding crops, 2nd ed .AVI Publishing Company, Inc., Westport, conn.
- ❖ Polavarap, U .B., Kavikish, O.R and Sreeinvasulu,N. (2013). Is proline accumulation correlated with stress tolerance or is proline homeostasis a more critical issue Plant, Cell and Environment,37: 300-311.
- ❖ Pourrut ,B., Perchet, G., Silvestre, J., Cecchi, M., Guiresse, M.and Pinelli, E. (2008). Potential role of NADPH-oxidase in early steps of lead induced oxidative burst in *Vicia faba* roots. J. Plant Physiol., 165:571-579.
- ❖ Powell, S. R. (2000). Salicylate trapping of ·OH as a tool for studying post-ischemic oxidative injury in the isolated rat heart. Free Radic. Res. Commun., 21:355-370.
- ❖ Prabhu Inbaraj, M. and Muthuchelian, K. (2011). Oxidative stress and antioxidants in Cowpea plants subjected to boron and high irradiance stresses. J. Plant Nutr., 35:2180-2197.
- ❖ Putra ,E.T.S., ZaKavia , W., Abdullah N.A.P. and saleh,G.B. (2012). Stomata movphology , conductance and tvanspiration of musa sp.ev. Rastali in velation to magnesium , Boron and silicon availability . American J. of plant physiology, 7(2): 84-96.
- ❖ 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.
- ❖ Rao,M.K. V., Raghavendra,A.S.and Janardhan,R.K. (2006). Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plant (Eds). Springer , Netherlands.
- ❖ Rapaka, V. J., Bessler, B., Schreiner, M. and Druege, U. (2005). Interplay between initial carbohydrate availability, current photosynthesis, and adventitious root formation in *Pelargonium* cuttings. Plant Sci., 168:1547- 1560.

- ❖ Rashid, A. and J. Ryan. (2004). Micronutrient constraint to crop production in soils with mediterranean type characteristics: A review. *J. Plant Nut.*, 27: 959-975.
- ❖ Rashid, P., Karmoker, J.L., Chakroborty, S. and Sarker, B.C. (2004). The effect of salinity on ion accumulation and anatomical attributes in mung bean (*Phaseolus radiatus* L. cv. BARI-3) seedlings. *Int. J. Agri. Biol.*, 6 (3): 495-498.
- ❖ Raven, J. A. (1980). Short- and long-distance transport of boric acid in plants. *New Phytol.*, 84:231–249.
- ❖ Reddy, A.R., Chaitanya, K.V., and Vivekanandan, M. (2004). Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *J. Plant Physiol.*, 161:1189-1202.
- ❖ Rehman, S., Park, T. I., Kim, Y. J., Seo, Y. W. and Yung, S. J. (2006). Inverse relationship between boron toxicity tolerance and boron contents of barley seed and root. *Journal of Plant Nutrition* 29: 1779-1789.
- ❖ Reid, R. (2007a). Update on boron toxicity and tolerance in plants. In: Xu F, Goldbach HE, Brown PH, Bell RW, Fujiwara T, Hunt CD, Goldberg S, Shi L, eds. *Advances in Plant and Animal Boron Nutrition*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 83-90.
- ❖ Reid, R. (2007b). Identification of boron transporter genes likely to be responsible for tolerance to boron toxicity in wheat and barley. *Plant Cell Physiol.*, 48: 1673-1678.
- ❖ Reid, R. (2010). Can we really increase yields by making crop plants tolerant to boron toxicity? *Plant Science* 178: 9-11.
- ❖ Reid, R. and Fitzpatrick, K. (2009). Influence of leaf tolerance mechanisms and rain on boron toxicity in barley and wheat. *Plant Physiol.*, 151: 413-420.

- ❖ Reid, R.J., Hayes, J.E., Post, A., Stangoulis, J.C.R. and Graham, R.D. (2004). A critical analysis of the causes of boron toxicity in plants. *Plant Cell Environ.*, 25:1405-1414.
- ❖ Reinbott, T.M., Blevins D.G., and Schon, M.K. (1997). Content of boron and other elements in main stem and branch leaves and seed of soybean. *J. Plant Nutr.* 20:831-843.
- ❖ Rodríguez-Hernández, M.C., Moreno, D.A. and Carvajal, M. (2013). Interactive effects of boron and NaCl stress on water and nutrient transport in two broccoli cultivars. *Functional Plant Biology* 40(7): 739-748.
- ❖ Roessner, U., Patterson, J.H., Forbes, M.G., Fincher, G.B., Langridge, P. and Baciv, A. (2006). An investigation of boron toxicity in barley using metabolomics. *Plant physiol.*, 142:1087- 1101.
- ❖ **Rolland, F., Baena-Gonzalez, E. and Sheen, J. (2006).**
- ❖ Rubatzky, V.E and Yamaguchi, M. (1997). Vegetable classification. In: *World Vegetables: Principles, Production, and Nutritive Values*, 2nd edition. New York: Chapman & Hall, pp. 29-33.
- ❖ Rudolph, M., Schlereth, A., Körner, M., Feussner, K., Berndt, E., Melzer, M., Hornung, E. and Feussner, I. (2011). The lipoxygenase-dependent oxygenation of lipid body membranes is promoted by a patatin-type phospholipase in cucumber cotyledons. *J. Exp. Bot.*, 62: 749-760.
- ❖ Ruedell, C.M., Dealmeida, M.R., Schwambach, J., Posenato, C., and Fett-Neto, A.G. (2013). Pre- and post-severance effects of light quality on carbohydrate dynamics and micro cutting adventitious rooting of two *Eucalyptus* species of contrasting recalcitrance. *Plant Growth Regul.* 69: 235-245.

- ❖ Ruiz, J.M., Rivero, R.M. and Romero, L. (2003). Preliminary studies on the involvement of biosynthesis of cysteine and glutathione in the resistance to boron toxicity in sunflower plants. *Plant Sci.*,165:811–817.
 - ❖ Ruiz, J.M., Rivero, R.M. and Romero, L. (2006). Boron increases synthesis of glutathione in sunflower plants subjected to aluminum stress. *Plant Soil*, 279: 25-30.
 - ❖ Ryden ,P.,Sugimoto-Shirasu, K., Smith, A.C., Findlay, K., Reiter, W.D.and McCann, M.C. (2003). Tensile properties of *Arabidopsis* cell walls depend on both a xyloglucan cross-linked microfibrillar network and rhamnogalacturonan II-borate complexes. *Plant Physiol.*, 132:1033-1040.
 - ❖ Saeed, R. and Ahmad, R. (2009). Vegetative growth of tomato as affected by the application of organic mulch and gypsum under saline rhizosphere. *Pak. J. Bot.*, 41: 3093-3105.
 - ❖ Sairam, R., Deshmukh, P. and Saxena, D. C. (1998). Role of antioxidant systems in wheat genotypes tolerance to water stress. *Biol. Plant*, 41:387-394.
 - ❖ Sairam, R.K. and Srivastava G.C. (2002). Changes in antioxidant activity in sub-cellular fractions of tolerant and susceptible wheat genotypes in response to long term salt stress. *Plant Sci.*, 162: 897-904.
- Sairam, R.K. and Saxena, D.C. (2000). Oxidative stress and antioxidants in wheat genotypes: possible mechanism of water stress tolerance. *J. Agro. Crop Sci.*, 184:55-61.
- ❖ Sato, Y., Masuta, Y., Saito, K., Murayama, S. and Ozawa, K. (2011). Enhanced chilling tolerance at the booting stage in rice by transgenic overexpression of the ascorbate peroxidase gene, *OsAPXa*. *Plant Cell Reports*, 30:399-406.
 - ❖ Sakamoto, T., Tsujimoto, I. Y., Uraguchi, S., Yoshizumi, T., Matsunaga, S., Mastui, M., Umeda, M., Fukui, K., Fujiwara, T. (2011).

- Condensin II alleviates DNA damage and is essential for tolerance of boron overload stress in *Arabidopsis*. *Plant Cell* 23: 3533–3546.
- ❖ Sanchez-Rodriguez, E., Rubio-Wilhelmi, M., Cervilla, L.M., Blasco, B., Rios, J., Rosales, M.A., Romero, L. and Ruiz, J.M. (2010). Genotypic differences in some physiological parameters symptomatic for oxidative stress under moderate drought in tomato plants. *Plant Science*, 178: 30-40.
 - ❖ Sass, J.E. (1958). *Botanical Microtechnique*, 3rd ed. Iowa State Univ. Press. 228p.
 - ❖ Sbartai, H., Djebar, M.R., Rouabhi, R.1 ., Sbartai ,1.I .and Berrebbah,1.H. (2011). Antioxidative Response in Tomato Plants (*Lycopersicon esculentum* L). *Roots and Leaves to Zinc*. *American-Eurasian Journal of Toxicological Sciences* 3 (1): 41-46.
 - ❖ Scandalios, J.G. (1993). Oxygen stress and superoxide dismutase . *Plant Physiol.*,101:7-12.
 - ❖ Scandalios, J.G. (1997). Oxidative stress and defense mechanisms in plants: introduction. *Free Radic. Biol. Med.*, 23(3): 471-472.
 - ❖ Schat,H.,Sharma,S.S.and Vooijs , R. (1997). Heavy metal - induced accumulation of free proline in a metal - tolerant and a nontolerant ecotype of *Silene vulgaris*. *Physiol. Plant.*, 101: 477–482.
 - ❖ Schnurbusch, T., Hayes, J., Hrmova, M., Baumann, U., Ramesh, S.A., Tyerman, S.D., Langridge, P., Sutton, T. (2010). Boron toxicity tolerance in barley through reduced expression of the multifunctional aquaporin, HvNIP2;1. *Plant Physiol.*, 153: 1706-1715.
 - ❖ Schulin, R., Johuson,A. and Frossard,E. (2010). Trace element deficient soils. In *Trace Elements in Soils*; Hooda, P., Ed.; Wiley-Blackwell Publishing: Chichester, U.K; p 175.

- ❖ Schützendübel, A., Nikolova, P., Rudolf, C. and Polle, A. (2002). Cadmium and H₂O₂ induced oxidative stress in *Populus ×canescens* roots. *Plant Physiol. Biochem.*, 40:577 - 584.
- ❖ Schwambach, J., Fadanelli, C.F and ett-Neto, A.G. (2005). Mineral nutrition and adventitious rooting in microcuttings of *Eucalyptus globulus*. *Tree Physiology* 25: 487-494.
- ❖ Selote, D.S. and Khanna-Chopra, R. (2004). Drought-induced spikelet sterility is associated with an inefficient antioxidant defense in rice panicles. *Physiol. Plant*, 121: 462-471.
- ❖ Semchuk, N.M., Lushchak, O.V., Falk, J., Krupinska, K. and Lushchak, V.I. (2009). Inactivation of genes, encoding tocopherol biosynthetic pathway enzymes, results in oxidative stress in outdoor grown *Arabidopsis thaliana*. *Plant Physiol. Biochem.*, 47: 384-390.
- ❖ Sequeira, L., and Mineo, L. (1966). Partial purification and kinetics of Indole acetic acid oxidase from tobacco roots. *Plant Physiol* 41, 1200 - 1208.
- ❖ Shaheed, A. I. and Muhammed, A. J. (2010). The role of salicylic acid in alleviating boron toxicity in Mung bean cuttings. *Nat. J. chem.*, 39:589- 604.
- ❖ Shaheed, A.I. (1987). The control of adventitious root development in cuttings of *Phaseolus aureus* Roxb. Ph.D. Thesis. University of Sheffield. U.K.
- ❖ Shaheed, A.I., Yasier, O.M., AL-wan, A.O. (2009). Hydrogen bonding of phenolic compounds, ascorbate and sugars as anti oxidants agents on the level of IAA via oxidative hypothesis during ageing of mung bean cuttings. *Int. j. Chem. Sci.*, 24:342-337.
- ❖ Shalata, A. and Neumamn, P.A. (2001). Exogenous ascorbic acid (vitamin C) increases resistance to salt and reduce lipid peroxidation. *J. experi. Bot.* V, 52, No. 364, pp2207-2211.

- ❖ Shalata, A. and Tal, M. (1998). The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in the leaf of the cultivated tomato and its wild salt-tolerant relative *Lycopersicon pennellii*. *Physiol. Plant.*,104: 169-174.
- ❖ Sharma ,P.,Jhu,A.B.,Dubey,R.S.and Pessarakli,M. (2012). Reactive Oxygen Species, Oxidative Damage, and Antioxidative Defense Mechanism in Plants under Stressful Conditions. Review Article, Journal of Botany Volume 2012, Article ID 217037, 26 pages.
- ❖ Sharma, P.N., Kumar, N. and Bisht, S.S. (1994). Effect of zinc deficiency on chlorophyll content, photosynthesis and water relations of cauliflower plants. *Photosynthetica*, 30: 353-359.
- ❖ Sharma, P.N., Kumar, N. and Bisht, S.S. (1994). Effect of zinc deficiency on chlorophyll content, photosynthesis and water relations of cauliflower plants. *Photosynthetica*, 30: 353-359.
- ❖ Shelp, B.J, Marentes, E., Kitheka ,A.M.and Vivekanandan, P. (1995). Boron mobility in plants. *Physiol. Plant.*, 94(2): 356-361.
- ❖ Shomron, N.and Ast ,G . (2003). Boric acid reversibly inhibits the second step of pre-mRNA splicing. *FEBS Let.*, 552: 219-224.
- ❖ Siddiqui,M.H.,ALWhaibiH.M.,Sakran,M.A.,Ali,M.H.,Basalah,O.M., Faisal M.,Alatar ,A .and Al-Amri,A.A. (2012). Calcium –induced amelioration of boron toxicity in Radish . *J. plant growth requl.* 23:1085-1092.
- ❖ Singh, D.P., Belay, J., McInerney, J.K. and Day, L. (2012). Impact of boron, calcium and genetic factors on vitamin C, carotenoids, phenolic acids, anthocyanins and antioxidant capacity of carrots (*Daucus carota*).*Food Chem.*, 132: 1161-1170.
- ❖ Singh, J.P., Dahiya, D.J. and Narwal, R.P. (1990). Boron uptake and toxicity in wheat in relation to zinc supply. *Fert. , Res.* 24: 105-110.

- ❖ Sinha, P., Jain, R. and Chatterjee, C. (2000). Interactive effect of boron and zinc on growth and metabolism of mustard. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 31(1, 2), 41-49
- ❖ Smirnoff, N., Conklin, P.L. and Loewus, F.A. (2001). Biosynthesis of ascorbic acid in plants : arenaissan cc.Naau. *Rev. plant Physiol. plant Mol.*, 52:437-468.
- ❖ Smirnoff, N. (1995). Antioxidant system and plant response to the environment In: environment and metabolism flexibility and acclimation . Bios. Scientific, publishers, Oxford. UK. 217-243.
- ❖ Sorin, C., Bussell, J.D., Camus, I., Ljung, K., Kowalczyk, M., Geiss, G., McKhann, H., Garcion, C., Vaucheret, H., Sandberg, G. and Bellini, C. (2005). Auxin and light control of adventitious rooting in *Arabidopsis* require argonaute1. *Plant Cell* 17: 1343-1359.
- ❖ Sorin, C., Negroni, L., Balliau, T., Corti ,H., Jacquemot, M.P., Davanture, M., Sandberg, G., Zivy, M. and Bellini, C. (2006). Proteomic analysis of different mutant genotypes of *Arabidopsis* led to the identification of 11 proteins correlating with adventitious root development. *Plant Physiol.* 140: 349-364 .
- ❖ Sotiropoulos, T. E., Therios, I. N., Dimassi, K. N., Bosabalidis, A., Kofidis, G. (2002). Nutritional status, growth, CO₂ assimilation, and leaf anatomical responses in two kiwifruit species under boron toxicity. *J. Plant Nutr.* 25: 1249-1261.
- ❖ Sotiropoulos, T.E., Molassiotis, A., Almaliotis ,D., Mouhtaridou, G., Dimassi, K., Therios, I. and Diamantidis, G. (2006). Growth, nutritional status, chlorophyll content, and antioxidant response of the apple rootstock MM 111 shoots cultured under high boron concentrations in vitro. *J. Plant Nutr.*, 29: 575-583.
- ❖ Srivalli, B., Sharma, G. and Khanna-Chopra, R. (2003). Antioxidative defense system in an upland rice cultivar subjected to increasing

- intensity of water stress followed by recovery. *Physiol. Plant.*, 119: 503-512.
- ❖ Srivastava, S. and Dubey, R.S. (2012). Nitric oxide alleviates manganese toxicity by preventing oxidative stress in excised rice leaves. *Acta Physiol. Plant*, 34: 819-825.
 - ❖ Stanislawski, J.J. (1977). Role of IAA in plant growth. *Wiadomo, ści Bot. aniczne* 21: 43-59 (in Polish)
 - ❖ Staswick, P.E., Serban, B., Rowe, M., Tiryaki, I., Maldonado, M.T., Maldonado, M.C. and Suza, W. (2005). Characterization of an *Arabidopsis* enzyme family that conjugates amino acids to indole-3-acetic acid. *Plant Cell* 17: 616-627 .
 - ❖ Steel, R.G.D., Torrie, J.H. and Dickie, D.A. (1997). *Principles and Procedures of Statistics-a Biometric Approach*. 3rd edition. McGraw-Hill Publishing Company. Toronto.
 - ❖ Stiles, A. R .,Bautista, D., Atalay, E. ,Babaoglu ,M. and Terry, N. (2010). Mechanisms of boron tolerance and accumulation in plants: a physiological comparison of the extremely boron tolerant plant species, *puccinellia distans*, with the moderately boron-tolerant *gypsophila arrostil*. *Environ.Scie. and Tech.*, 44 (18): 7089-7095.
 - ❖ Stonier, T. (1970). The role of auxin protectors in autonomous growth, In- Hirth. M.L. and Moral, G. collog. *Inst. C.N.R.S.(France)* 193: 423-435.
 - ❖ Sumithra, K., Jutur, P.P., Carmel, B.D. and Reddy A.R. (2006). Salinity-induced changes in two cultivars of *Vigna radiata*: Responses of antioxidative and proline metabolism. *Plant Growth Regul.*, 50:11-22.
 - ❖ Summerfield, R. J. and Roberts, E. H. (1985). In: halevy, A. H. (ed.) *A Hand book of Flowering*. Florida: CRC Press.

- ❖ Sutton, T., Baumann, U., Hayes, J., Collins, N.C., Shi, B.J., Schnurbusch, T., Hay, A., Mayo, G., Pallotta, M. and Tester, M. (2007). Boron toxicity tolerance in barley arising from efflux transporter amplification. *Science*, 318: 1446-1449.
- ❖ Suzuki, T. and Kohno, K. (1983). Changes in Nitrogen Levels and Free Amino-Acids in Rooting Cuttings of Mulberry (*Morus-Alba*). *Physiol. Plant.* 59: 455-460.
- ❖ Sweetlove, L.J and Møller, I.M. (2009). Oxidation of proteins in plants mechanisms and consequences. In: Jean-Pierre, J. (ed) *Advances in botanical research*. Academic Press, Waltham, MA, pp: 1-23.
- ❖ Swietlik, D. and Laduke, J.V. (1991). Productivity, growth, and leaf mineral composition of orange and grapefruit trees foliar-sprayed with zinc and manganese. *J. Plant Nutr.*, 14:129-142.
- ❖ Swietlik, D. (1995). Interaction between zinc deficiency and boron toxicity on the growth and mineral nutrition of sour orange seedlings. *J. Plant Nutr.*, 18 (6):1191-1207.
- ❖ Syros, T., Yupsanis, T., Zafiriadis, H. and Economou, A. (2004). Activity and isoforms of peroxidases, lignin and anatomy, during adventitious rooting in cuttings of *Ebenus cretica* L. *J. Plant Physiol.* 161: 69-77.
- ❖ Szydło, W., Pacholczak, A. and Łukaszewska, A. (2007). Rooting of stem cuttings of *Hedera helix* 'Arborescens' as affected by zinc treatment. *Annals of WULS, Hort. And Landsc. Archit.* 28: 79–86.
- ❖ Takahashi, H., Hirota, K., Kawahara, A., Hayakawa, E., and Inoue, Y. (2003). Randomization of cortical microtubules in root epidermal cells induces root hair initiation in lettuce (*Lactuca sativa* L.) seedlings. *Plant Cell Physiol.*, 44:350-359.
- ❖ Takano, J., Miwa, K., Yuan, L., von Wiren, N. and Fujiwara, T. (2005). Endocytosis and degradation of BOR1, a boron transporter of

- Arabidopsis thaliana*, regulated by boron availability. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*. 102: 12276-1228.
- ❖ Takano, J., Miwa, K. and Fujiwara, T. (2008). Boron transport mechanisms: collaboration of channels and transporters. *Trends Plant Sci.*, 13: 451-457.
 - ❖ Takano, J., Noguchi, K., Yasumori, M., Kobayashi, M., Gajdos, Z., Miwa, K., Hayashi, H., Yoneyama, T. and Fujiwara, T. (2002). *Arabidopsis* boron transporter for xylem loading. *Nature* 420: 337-340.
 - ❖ Takano, J., Tanaka, M., Toyoda, A., Miwa, K., Kasai, K. and Fujiwara, T. (2010). Polar localization and degradation of *Arabidopsis* boron transporters through distinct trafficking pathways. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 107: 5220-5225.
 - ❖ Takano, J., Wada, M., Ludewig, U., Schaaf, G., Wrenn, N. and Fujiwara, T. (2006). The *Arabidopsis* major intrinsic protein NIP5;1 is essential for efficient boron uptake and plant development under boron limitation. *Plant Cell* 18(6): 1498-1509.
 - ❖ Tanaka, M. and Fujiwara, T. (2008). Physiological roles and transport mechanisms of boron: perspectives from plants. *Pflugers. Arch.*, 456: 671-677.
 - ❖ Tanaka, M., Wallace, I., Takano, J., Roberts, R.M. and Fujiwara, T. (2008). NIP6;1 is a boric acid channel for preferential transport of boron to growing shoot tissues in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Cell* 20: 2860-2875.
 - ❖ Tang, K., Zhan, J.C., Yang, H.R. and Huang, W.D. (2010). Changes of resveratrol and antioxidant enzymes during UV- plant defence response in peanut seedlings. *J. Plant Physiol.*, 167: 95- 102.
 - ❖ Tausz, M., Sircelj, H. and Grill, D. (2004). The glutathione system as a stress marker in plant ecophysiology: is a stress-response concept valid. *J. Exp. Bot.*, 55:1955-1962.

- ❖ Tavallali, V., Rahemi, M., Eshghi, S., Kholdebarin, B. and Ramezani, A. (2010). Zinc alleviates salt stress and increases antioxidant enzyme activity in the leaves of pistachio (*Pistacia vera* L. 'Badami') seedlings, Turk. J. Agr. Forest 34(4):349-359.
- ❖ Torun, A., Yazici, A., Erdem, H. and Çakmak, I. (2006). Genotypic variation in tolerance to boron toxicity in 70 durum wheat genotypes. Turk. J. Agric. For., 30:49-58.
- ❖ Trapp, S., Zambrano, K.C., Kusk, K.O., Karlson, U. (2000). A phytotoxicity test using transpiration of willows. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 39, 154-160.
- ❖ Tsonev, T. and Lidon, F.J.C. (2012). Zinc in plants - An overview Emir. J. Food Agric. 2012. 24 (4): 322-333.
- ❖ Tyburski, J. and Tretyn, A. (2010). Glutathione and glutathione disulfide affects adventitious root formation and growth in tomato seedling cuttings. Acta Physiol. Plant., 32:411-417.
- ❖ Tyburski, J., Jasionowicz, P., Tretyn, A. (2006). The effects of ascorbate on root regeneration in seedling cuttings of tomato. Plant Growth Regul. 48:157-173.
- ❖ Umar, S., Diva, I., Anjum, N.A., Iqbal, M. (2008). Potassium nutrition reduces cadmium accumulation and oxidative burst in mustard (*Brassica campestris* L.). Electronic International Fertilizer Correspondent 16, 6-10.
- ❖ Vallée, B.L. and Falckuk, K.H. (1993). The biochemical basis of zinc physiology. Phys. Rev., 73:79-118.
- ❖ 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.

- ❖ Vassiler, A., Nikolova, A., Koleva L. and Lidon F. (2011). Effect of excess zinc on growth and photosynthetic performance of young bean plants. *J. Physiol.*, 3(6): 58-62.
- ❖ Veierskov, B. (1988). Relations between carbohydrates and adventitious root formation. In: Davis, T.D, Haissig, B.E and Sankhla, N .(eds.) *Adventitious root formation in cuttings*. Dioscorides Press, Portland, OR, USA, pp 70-78.
- ❖ Velez-Ramirez, A. I., van Ieperen, W., Vreugdenhi, D., and Millenaar, F. F. (2011). Plants under continuous light. *Trends Plant. Sci.*, 16:311-318.
- ❖ Venekemp, J.H., Lampe, J.E. and Kout, T.M. (1987). Organic acid as a source of drought-induced proline synthesis in field bean plant *Vicia faba* L. *J. Plant Physiol.*, 133: 654-659.
- ❖ Vicente, J., Cascon, T., Vicedo, B., Garcia-Agustin, P., Hamberg, M. and Castresana, C. (2012). Role of lipoxygenase and dioxygenase oxylipin pathways as modulators of local and systemic defense. *Molecular Plant* 5: 914-928.
- ❖ Wachter, A., Wolf, S., Steininger, H., Bogs, J., Rausch, T. (2005). Differential targeting of GSH1 and GSH2 is achieved by multiple transcription initiation: Implications for the compartmentation of glutathione biosynthesis in the Brassicaceae. *Plant J.*, 41:15-30.
- ❖ Wang , B.L., Shi L, Li ,Y.X., Zhang, W.H. (2010). Boron toxicity is alleviated by hydrogen sulfide in cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings. *Planta* 231: 1301-1309.
- ❖ Wang, J.Z., Tao, S.T., Qi, K.J. , Wu, J. and Wu, H.Q. (2011). Changes in photosynthetic properties and antioxidative system of pear leaves to boron toxicity. *Afr. J. Biotechnol.*, 10: 19693-19700.
- ❖ Wang, L., Allmann, S., Wu, J. and Baldwin, I.T. (2008). Comparisons of lipoxygenase and jasmoate-resistant silenced plants reveal that jasmonic

- acid and jasmonic acid-amino acid conjugates play different roles in herbivore resistance of *Nicotiana attenuata*. *Plant Physiol.*, 146: 904-915.
- ❖ Wang, J., Zhang, H. and Allen, R.D. (1999). Overexpression of an *Arabidopsis* peroxisomal ascorbate peroxidase gene in tobacco increases protection against oxidative stress. *Plant and Cell Physiology*, 40: 725-732
 - ❖ Wang, Y., Mopper, S. and Hasentein, K.H. (2001). Effects of salinity on endogenous ABA, IAA, JA, and SA in *Iris hexagona*. *J. Chem. Ecol.*, 27: 327-342 .
 - ❖ Wang, Y.H., Joobeur, T., Dean, R. A and Staub, J.E. (2007). Cucurbits. *Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants 5: Vegetables*.
 - ❖ Wang, Z., Zhang, L., Xiao, Y., Chen, W. and Tang, K. (2010). Increased Vitamin C Content Accompanied by an Enhanced Recycling Pathway Confers Oxidative Stress Tolerance in *Arabidopsis*. *J. Integr. Plant Biol.*, 52 (4): 400-409.
 - ❖ Warrington ,K. (1923). The effect of boric acid and borax on the broad bean and certain other plants. *Ann. Bot.*, 37: 629-672.
 - ❖ Warnock, S.J.(1991) . Natural habitats of *Lycopersicon* species. *Hort. Sci.*, 26:466-471.
 - ❖ Weerathaworn ,P., Soldati ,A.and Stamp, P. (1992). Seedling root development of tropical maize cultivars at low water supply. *Angwandta Botanic* 66: 93-96.
 - ❖ 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
 - ❖ Welch, R.M. (1995). Micronutrient nutrition of plants. *Crit. Rev.Plant. Sci.*, 14: 49-82.

- ❖ Welch, R.M., Webb, M.J. and Loneragen, J.R. (1982). Zinc in membrane function and its role in phosphorus toxicity. In: Scaife, A. (Ed.), Proc. 9th International Plant Nutrition coll. Commonw. Agric. Bur. Farnham Royal Bucks, pp. 710-715.
- ❖ Welch, R.O. (2011). Physiological Effects and Functions of Zinc in Plant Systems. Robert W. Holley Center for Agriculture and Health, 538 Tower Road, Cornell University, Ithaca, NY 14853 USA.
- ❖ Wignarajah, K., Jennings, D. H. and Handley, J. F. (1975). The effect of salinity on growth of *Phaseolus vulgaris* L. anatomical changes in the first trifoliate leaf. Ann. Bot. 39: 1029-1038.
- ❖ Willekens, H., Chamnongpol, S., Davey, M., Schraudner M., Langebartels, C., van Montagu, M., Inzé, D. , and Van Camp, W. (1997). Catalase is a sink for H₂O₂ and is indispensable for stress defence in C3 plants. EMBO Journal, 16:4806-4816.
- ❖ Willekens, H., Inze, D., Van Montagu, M. and Van Camp, W. (1995). Catalases in plants. Mol. Breed., 1:207-228.
- ❖ Wirtz , M . & Hell , R . (2006). Functional analysis of the cysteine synthase complex from plants: Structural , biochemical and regulatory properties . J. Plant Physiol., 163:273-286.
- ❖ Xiao-Fen, J., Dan, L., Ejazul, I., Qaisar, M., Xiao, E.Y., Zhen-Li, H. and Stoffella, P.J. (2009). Effects of Zinc on Root Morphology and Antioxidant Adaptations of Cadmium-Treated *Sedum alfredii* H.J. Plant Nutr., 32 (10): 1642-1656.
- ❖ Yau, S.K., Nachit ,M.M., Hamblin ,J., Ryan, J. (1995). Phenotypic variation in boron toxicity tolerance at seedling stage in durum wheat (*Triticum durum*). Euphytica 83:185-191.
- ❖ Yau, S.K. and Ryan, J. (2008). Boron toxicity tolerance in crops: a viable alternative to soil melioration. Crop Sci., 48: 454- 465.

- ❖ Yu, H., Chen, X., Hong, Y.Y., Wang, Y., Xu, P., Ke, S.D, Liu, H.Y, Zhu, J.K., Oliver, D.J. and Xiang, C.B. (2008). Activated expression of an Arabidopsis protein confers drought tolerance with improved root system and reduced stomatal density. *Plant Cell*, 20: 1134-1151
- ❖ Zaefyzadeh, M., Quliyev, R.A., Babayeva, S.M.and Abbasov, M.A . (2009). The effect of the interaction between genotypes and drought stress on the superoxide dismutase and chlorophyll content in durum wheat landraces. *Turk. J. Biol.*, 33(1):1-7.
- ❖ Zago, M.P. and Oteiza,P.I. (2001). The antioxidant properties of zinc Interactions with iron and antioxidants. *Free Rad. Biol. Med.*, 31:266-274.
- ❖ Zeng-Bin luo, Xioa-Jia he, Lin Chen, Lin Tang, Shun Gao and Fang Chen. (2010). Effects of Zinc on Growth and Antioxidant Responses in *Jatropha curcas* Seedlings *Inter. J. Agric. and Biol.*, ISSN Print: 1560-8530
- ❖ Zhang, C.Y., Wang, N.N., Zhang, Y.H., Feng, Q.Z., Yang C.W. and Liu, B. (2013). DNA methylation involved in proline accumulation in response to osmotic stress in rice (*Oryza sativa*). *Genetics and Molecular Research*, 12 (2): 1269-1277.
- ❖ Zhu, J.K. (2002). Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 53:247-273.
- ❖ Zhu, X., Gong, H., Chen, G., Wang S, Zhang, C. (2005). Different solute levels in two spring wheat cultivars induced by progressive field water stress at different developmental stages. *J Arid Environ.*,62:1-14.
- ❖ Zlatev, Z. and Lidon, F.C. (2012). An overview on drought induced changes in plant growth, water relations and photosynthesis. *Emir. J. Food Agric.*, 24 (1): 57-72.
- ❖ Zlatev, Z.S. (2005). Effects of water stress on leaf water relations of young bean plants. *J. Cent. Eur. Agric.*, 6: 5-14.

- ❖ Zlatev, Z.S., Lidon, F.C., Ramalho, J.C and Yordanov, I.T. (2006). Comparison of resistance to drought of three bean cultivars. *Plant Biol.*, 50:389-394.

SUMMARY

The role of Zinc in alleviating B-toxicity in terms of adventitious root formation (ARF) in cuttings of plants differing in their sensitivity to boron such as Mung bean (sensitive) ,Cucumber (Moderately tolerant) and Tomato (tolerant) was studied. The toxic level of B in addition, to the promontory conc. of Zn-salt was determined for each of the above mentioned species. Three of Zn-salts were tested (sulphate, nitrate and chloride) and the best promontory salt was Zinc sulfates in developing the highest number, of roots in addition to the best conc. of the same salt was 15,10,15 ppm for Mung bean, Cucumber and Tomato respectively, compared to other Zn-salt and their concentration .

The toxic levels of boron were 200,300 and 400 $\mu\text{g/ml}$ for Mung bean, Cucumber and Tomato respectively. These levels reduced growth parameters in terms of rooting response to 50% or beyond (55.16%, 50.83% and 53.49%) for Mung bean, Cucumber and Tomato compared to control. In addition to the localized toxic symptoms like necrotic spots at leaves edges of the above three species respectively.

Boron detoxification occurred completely by supplying Zinc sulphate prior to toxic-B treatment (pre-treatment)in all species compared to its supply as post- treatment or simultaneously with toxic -B . The protective role of Zinc – sulphate was significantly enhanced the average of root number/cutting to its levels in control treatment (in absence of toxic – B)in all species under study.

Toxic levels of B for the above species. caused a significant damage for plasma- membrane of leaf tissues through permeability perturbation in terms of EC% with increasing 111.05%, 50.015% and 30.65 in cuttings of Mung bean, Cucumber and Tomato respectively. Whereas, in seedling (in presence

of root system), the percentage of damage was declined to 83.74 ,42.59 and 9.91% when exposed to B-toxicity. These results confirm the sequestration mechanism of boron in roots exclusively rather than its transport to leaves. The toxic level of B caused a reduction in 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 from the control. The initial concentration of Zn in plant cuttings was related to plant 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 plant cuttings. Treating these cuttings with Zn, increased Zn concentration to levels that were 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.

Glutathione (GSH), Ascorbic acid (ASA) content and the activity of catalase (CAT), Superoxide dismutase (SOD), Lipxygenase (LOX) and Ascorbate peroxidase (APX) enzymes were decreased in mung bean cuttings. On the other hand, they were increased by 124, 19.5, 75.55 and 12.3% in Cucumber and by 256, 40.3, 175, 1017, 26 and 55% in Tomato respectively compared with the control treatment. Treatment with stress caused by the toxic level of boron by using $ZnSO_4$ before the addition of B increased GSH and ASA content and APX, CAT, and SOD activity, Whereas, it lowered the activity of LOX in the studied plant species.

Boron toxicity caused changes in tissue measurements in leaves of Mung bean, Cucumber and Tomato cuttings, led to decline of leaves thickness, midrib, spongy layer, bundle length. In addition an increase of palisade layer

thickens , bundle width in Mung bean and Cucumber, and the increase of all the above parameters in Tomato leaf cuttings.

The toxic level of boron reduced the thickens of the hypocotyls ,cortex as wells vascular bundle number in Mung bean and Cucumber. However, the measurements of vascular bundle increased in Mung bean but decreased in Cucumber, whereas in Tomato all the above measurements were increased. On the other hand, Zn supply was improved the anatomical characteristics for leaves and basal part of cuttings. This means that Zn was lowering the negative effect due to boron stress in anatomical structures of these plants.