The influence of Hoagland solutions , complete , Lacking for some Macro and Micro – nutrients and that substituted by Silicon in terms of free-auxin in primary leaves of Mung bean cuttings

تأثير محاليل هوكلاند المغذية الكاملة والمنقوصة للعناصر الكبرى والصغرى والمعوضة بالسليكون في استجابة التجذير لعقل الماش بدلالة محتوى الاوكسين الحر في الاوراق الاولية

عبدالله ابراهيم شهيد
كلية العلوم/ جامعة بابل

ممتاز صاحب محمد
الكلية التقنية – المسيب/جامعة الفرات الاوسط التقنية

بحـــــث مستـــــل

المستخلص

كشفت عقل الماش (*Phasealus aureus* Roxb) المعاملة بمحلول هوكلاند المتكامل زيادة تساوي 114% بدلالة عدد الجذور العرضية فضلاً عن زيادة تساوي 65.8% بدلالة معدل اطوال تلك الجذور مقارنة بالسيطرة المتمثلة بالماء الخالي من الايونات . كما بينت النتائج ان استجابة التجذير قد انخفضت في جميع المحاليل المنقوصة للعناصر الكبرى والصغرى باستثناء الزيادة المعنوية بنسبة 10.03% في المحلول المنقوص للبورون (B) مقابلة بالانخفاض المعنوي بنسبة 51.6% و 57.8% في المحاليل المنقوصة للـ البوتاسيوم (K) والزنك (Zn) على التوالي مقارنة بالسيطرة . اما بدلالة معدل اطوال الجذور فقد كان غياب أي عنصر من العناصر الكبرى والصغرى له تأثير سلبي في طول الجذور المتكشفة وبشكل معنوي وعلى مستوى 1% باستثناء غياب الفسفور (P) حيث كان غير معنوياً.

كما ان اقحام عنصر السليكون (من العناصر المفيدة) في مكونات محلول هوكلاند لم يؤثر معنوياً في عدد الجذور المتكشفة بل خفض بنسبة (47.2%) من معدل اطوالها ، وكذا الحال مع جميع المحاليل المنقوصة للعناصر الكبرى والصغرى والتي جهزت بالسليكون (Si) كبديل. فضلاً عن كون الاخير غير مؤثر معنوياً في عدد الجذور لجميع المحاليل المنقوصة باستثناء الزيادة (14.7%) في العقل المعاملة بالمحلول المنقوص للمنغنيز (Mn) والانخفاض بنسبة (19.1 و 35 و 38.1)% في المحاليل المنقوصة للنتروجين (N) والبوتاسيوم (K) والكالسيوم (Ca) على التوالي.

وهذا من جانب اخر فقد بينت التحليلات الهرمونية ان معاملة العقل بمحلول هوكلاند لمدة 24 ساعة قد زادت من محتوى الاوكسين الحر(Free Auxin) في الاوراق الاولية بنسبة(11.8%) مقارنة بالماء الخالي من الايونات. وان تجهيز محلول هوكلاند المنقوص لاي من العناصر الكبرى والصغرى قد تسبب في خفض محتوى الاوكسين(IAA) من الاوراق الاولية لعقل الماش ولجميع العناصر معنوياً وعلى مستوى احتمالية(0.05%) باستثناء نقصMo ، B ، Cl و Mn من العناصر الصغرى والتي تسببت في زيادة محتوى IAA الى(46.1،54.1،12.7و10.8)% على التوالي مقارنة بالسيطرة(محلول هوكلاند المتكامل).

هذا ومن جانب اخر فإن اقحام السليكون (Si) في مكونات محاليل هوكلاند قد خفض معنوياً (Free IAA) مقارنة بمحلول هوكلاند المتكامل ، وان هذا الانخفاض قد انسحب على جميع المحاليل المنقوصة ولاي من العناصر الكبرى والصغرى والتي استبدل فيها اياً من تلك العناصر بالـ (Si) باستثناء الزيادة المعنوية في المحاليل المنقوصة للـ (Zn ، Mo) والتي استبدلت بالـ (Si) حيث كانت الزيادة (111.6% و 161.6%) على التوالي.

Abstract

Mungbean (*Phasealus aureas* Roxb.) cuttings were treated with complete Hoagland solution (CHS) developed an increase (114%) of adventitious roots and (65.8%) of these root lengths compared to deionized H_2O (control).

In addition , results showed that rooting response was decreased in all Hoagland solutions lacking for (HSLF) Macro- and Micro – elements , except the significant increase of (10.03%) in (HSLF) boron against a significant decrease of 51.6% and 57.8% in (HSLF) (K) and (Zn) respectively , compared to deionized H_2O.

Moreover,in terms of the rate of root lengths, the absence of any Macro-& Micro– elements has significantly a negative impact on the root length at probability level 1%,except the absence of (P).

However , application of Silicon (one of beneficial elements) into the componenets of Hoagland solution did not affect significantly the number of developed roots , but it decreased

(47.2%) from their lengths. It was the same with all HSLF any element , and provided with (Si) as alternative. In addition the later being significantly effective in the number of roots for all HSLF any elements except the increase (14.7%) in cuttings treated with HSLF (Mn) and the decrease (38.1% , 35% and 19.1%) in HSLF (N) , (K) and (Ca) respectively.

On the other hand , the hormonal analysis showed that cuttings treated with (CHS) for 24 hr. has increased free-auxin content in primary leaves with (11.8%) compared to deionized H_2O. However , supplying of (HSLF) each element caused significant decreased (5%) except the absence of (Mo , B , Cl and Mn) which caused an increase of IAA content to (54.1 , 12.7 , 10.8 and 46.1)% respectively compared to the control (CHS).

Finally , application of Si into the component of Hoagland solution was significantly decreased free – IAA compared to CHS. The decrease was reflected on all HSLF any Macro - & Micro – elements in which any of them was substituted by silicon except the significant increase in HSLF (Zn & Mo) which was already substituted by Si that raised remarkable increase of (111.6% and 161.6%) respectively .

المقدمة

يعد التكثير الخضري للنباتات بالعقل احد المفاتيح المركزية في الممارسات الزراعية والبستنية على النطاقين التطبيقي والاكاديمي مما يجعل هذه الممارسات ذات قدرة هائلة على انتاج نباتات ذات تركيب وراثي متجانس ومنحدر من اصل واحد منتخب [1].

ومما لاشك فيه ان نجاح تكثير أي نبات خضرياً بواسطة العقل يعتمد بصورة اساسية على ظاهرتين متلازمتين لا يتم فصل احدهما على مدى نجاح العقلة مالم تكن مشفوعة بوجوده الاخرى ، وهاتان الظاهرتان هما تكوين الجذور العرضية ونموها اولاً وتكشف البراعم الورقية ونموها ثانياً [2].

وتكون العقلة (cutting) في حالة ديناميكية غير مستقرة من وقت فصلها عن النبات الام (Stock plant) لحين اعادة تكوين الاعضاء المفقودة (كالجذور) يتجلى ذلك في بعض النباتات بصورة واضحة من خلال تأثير مجموعتين من العوامل الداخلية هما العوامل الغذائية (Nutritional factors) والعوامل الهرمونية (Hormonal factors) . لذا فان تداخل هاتين المجموعتين بشكل او بآخر يكون له اثراً كبيراً في نشوء الاعضاء ونموها من خلال توازن المغذيات الكبرى / الصغرى في العقل ومن خلال تجهيزها للنباتات الام (stock plants) او العقل (cuttings) مباشرة حيث ان هذه المواد الغذائية قد تكون في الغالب عوامل محددة للنمو بدلالة تكوين الجذور العرضية في العقل [2].

لقد اقترحت بعض الدراسات والمقالات السابقة بأن التجذير الجيد يعتمد على كفاية من المغذيات المعدنية تجهز قبل (للنبات الام) او واثناء التجذير (للعقل) وان الاسلوب المباشر لاكتشاف دور مكونات المحاليل المغذية الكافية لنشوء الجذور يعتمد على اوساط المحاليل الغذائية منقوصة لبعض المغذيات الكبرى والصغرى والتي تجهز النباتات الام قبل ان تشتق منها العقل اضافة الى ان زيادة بعض المغذيات تعد واحدة من المعوقات عند التجهيز خلال التجذير في بعض الانواع النباتية.

علاوة على ما تقدم فان انظمة المزارع المائية (Hydroponics) قد حظيت بالنجاح في مجال الانتاج الزراعي على المستوى التجاري اضافة لما استحدثه الباحثون من تحويرات ثانوية على تركيبة المحلول المغذي اصلاً من قبل (Hoagland) للحصول على حالات خاصة سميت بمحاليل هوكلاند المحورة (Modified Hoagland Solutions) [3].

ان عملية تجهيز العناصر الكبرى والصغرى كاملة (المحاليل المغذية) او المنقوصة للعناصر (المحاليل المحورة) يعد مسحاً جوهرياً لجميع العناصر الضرورية صوب نبات واحد وهو الماش لمعرفة دور العناصر في تكوين الجذور العرضية للعقل الطرية / المعمرة ، كذلك دور بعض العناصر النافعة (Beneficial elements) كعنصر السليكون (Si) في امكانية اقحامه كبديل (alternative) في المحاليل المنقوصة لاي من العناصر الضرورية ضمن مكونات محاليل هوكلاند ، اذ يعد السليكون العنصر الثاني الاكثر وفرة في القشرة الارضية ويمثل (31%) بعد الاوكسجين (49%) [4]. ان التأثير الايجابي للـ Si على النبات يكون اكثر وضوحاً تحت ظروف الاجهادات وواحدة من هذه الاجهادات الفسلجية عدم التوازن الغذائي (nutrient imbalance) [5] ، اضافة الى تحسين الخصائص الميكانيكية للنسيج النباتي [6] واختزاله لسمية المعادن والمغذيات الصغرى [7] ، فضلاً عن اضافته خلال تعمير العقل باعتبار التعمير واحدة من الاجهادات الفسيولوجية [8].

المواد وطرائق العمل

مصدر البذور (Seeds Source) :

استعملت بذور الماش (*Phascolas aureus* Roxb) صنف محلي لمحصول تشرين الاول لسنة 2012 من محافظة بابل / قضاء الحلة حيث انتخبت البذور المتماثلة مظهرياً لغرض اجراء التجارب عليها.

زراعة البذور وتهيئة البادرات (Cultivation of seeds and preparation of seedlings)

نقعت بذور الماش لمدة (12 ساعة) overnight . بعدها زرعت في نشارة الخشب (Sowdust) باستعمال احواض بلاستيكية مثقبة وبابعاد (19 × 14 × 6) سم ، غطيت البذور بطبقة من نشارة الخشب سمك 2 ملم وضعت داخل احواض بلاستيكية غير

مثقبة بابعاد (26 × 20 × 7) سم في غرفة النمو (Growth cabinet) تحت ظروف قياسية من اضاءة مستمرة وشدة ضوء (1600-1800 لوكس) وبدرجة حرارة (25 ± 1) ْم ، ورطوبة نسبية (60-70%) مع اضافة الماء الخالي من الايونات حسب الحاجة ولمدة عشرة ايام وهو العمر المثالي للبادرات (مرحلة الاتساع التام للاوراق الاولية primary leaves) ثم بعد ذلك انتخبت البادرات المتماثلة مظهرياً لتهيئة العقل (cuttings) لاجراء التجارب عليها فيما بعد.

تهيئة العقل (Preparation of cuttings)

تم تهيئة العقل من بادرات متماثلة وبعمر (10 ايام) وحسب طريقة [9] والتي تمتاز باحتوائها على برعم طرفي صغير (small terminal bud) وزوج من الاوراق الاولية وكاملة الانساع (pair of fully expanded-primary leaves) مع سويقة جنينية فوق الفلق (Epicotyl) وسويقة جنينية تحت الفلق (Hypocotyl) بطول (3 سم) تحت موقع ندب الفلق (cotyledonaray nodes) وذلك بعد ازالة المجموع الجذري عنها.

المعاملة القاعدية للعقل (Basal treatment of cuttings)

عوملت العقل بمحاليل الاختبار وهي (1- الماء الخالي من الايونات Deionized water). 2- محاليل هوكلاند المغذية الكاملة . 3- محاليل هوكلاند المغذية المنقوصة العناصر الكبرى والصغرى على انفراد. 4- محاليل هوكلاند المنقوصة والمعوضة بعنصر السليكون (Si) كبديل لكل عنصر منقوص.

حيث وضعت تلك العقل في انابيب زجاجية (Glass vials) تضمنت كل معاملة ثلاث انابيب زجاجية تتسع كل منها لاربعة عقل بواقع 3 × 4 = 12 عقلة للمعاملة الواحدة ولمدة (24 و 72 ساعة) اذ تم غمر السويقة الجنينية تحت الفلقة (Hypcotyl) التي طولها (3 سم) بمحلول حجمه (15 سم) من محاليل الاختبار وعندما يكون الهدف من المعاملة هو دراسة استجابة التجذير في العقل الطرية ، تعامل العقل بالماء الخالي من الايونات او محاليل الاختبار (كمحاليل هوكلاند المغذية المنقوصة العناصر والمعوضة بالسليكون Si) لمدة (24 ساعة) ثم تنقل بعدها الى حامض البوريك (Boric acid) (10 µg/ml) كوسط ملائم للتجذير ولمدة (6 ايام) بعد ذلك تم احتساب اعداد وطوال الجذور العرضية على طول السويقة الجنينية ولكل عقلة حيث تظهر الجذور على هيئة اربعة صفوف (four rows) كأسنان المشط بعد الانتهاء من المعاملة بحامض البوريك.

تحضير المحاليل Preparation of solutions

1- محلول التجذير (حامض البوريك Boric acid) : تم تحضير حامض البوريك بتركيز (10 µg/ml) كوسط ملائم للتجذير [10] حيث وزن (10 mg) من الحامض واذابته في لتر من الماء الخالي من الايونات (Deionized water) .

2- محاليل هوكلاند المغذية (Hoagland nutrient solutions) : حيث تم اعداد محاليل هوكلاند المغذية الكاملة المنقوصة العناصر الكبرى والصغرى ، وكذلك المعوضة بالسليكون Si كبدائل لبيان مدى تأثيرها في استجابة العقل للتجذير ، واستخدام محلول هوكلاند (نصف القوى Half strength) ، والجدول (1) يوضح تركيب المحلول المغذي (Hoagland and Arnon , 1950) محلول 2 : No والمحور حسب ما موصوف في [11].

Salt	mM	mg/L (ppm)
KNO_3	6.0	235 K 196 N as NO_3^-
$Ca(NO_3)_2.4H_2O$	4.0	14N as NH_4^+ 160 Ca
$NH_4H_2PO_4$	1.0	31 P
$MgSO_4.7H_2O$	2.0	49 Mg 64 S
* Fe – chelate	-	10 F
$MnCl_2 . 4H_2O$	0.009	0.5 Mn, 6.5 Cl
H_3BO_3	0.046	0.5 B
$ZnSO_4.5H_2O$	0.0008	0.05 Zn
CuSO4.7H2O	0.0003	0.02 Cu
$H_2MoO_4.H_2O$	0.0001	0.01 Mo

* حضر محلول قياسي من الحديد المخلبي (Iron chelate) وبتركيز نهائي (5 g/L) ثم اضيف (2 ml) منه الى كل لتر من المحلول المغذي مرتين اسبوعياً.

3- محاليل هوكلاند القياسية للعناصرالكبرى والصغرى:حيث حضرت المحاليل من خلال اعتماد التراكيز المبينة في الجدول اعلاه.

4- المحلول القياسي لعنصر السليكون (Si) على هيئة سلكات الصوديوم (Na_2SiO_3) بتركيز (1M) مولاري للعناصر الكبرى عن كل عنصر منقوص وبتركيز (11 mM) ملي مولاري عن كل عنصر منقوص من العناصر الصغرى كبدائل عنها في المحلول المغذي.

تقدير الاوكسين الحر Free Auxin (IAA)

تم تقدير الاوكسين IAA الحر في الاوراق الاولية Primary leaves المجففة على درجة 60-70˚م المطحونة لكل المعاملات (المحاليل المنقوصة العناصر والمعوضة بالسليكون Si) وحسب طريقة [12] وذلك بأخذ (50 ملغم) من النسيج النباتي المجفف (الاوراق الاولية) ووضعها في انبوب اختبار واضافة (3 مل) اليها من خليط كل من (الميثانول ، الكلوروفورم ، هيدروكسيد الامونيوم) بالاحجام (12 و 3 و 5) v/v/v على التوالي. واضافة (1.25 مل) ماء مقطر لتكوين طبقتين الطبقة السفلية من الكلوروفورم تزال وتأخذ الطبقة العلوية باستخدام قمع الفصل ثم يعدل pH الطبقة المائية (water phase) العليا الى(pH = 2.5) باستخدام حامض الهيدروكلوريك (HCl) المخفف ثم بعد ذلك يستخلص المزيج باضافة(2.25 مل)من محلول خلات الاثيل (Ethyacetate)وتفصل طبقتين تأخذ العليا وتهيأ لقياس الامتصاصية Absorbance(O.D) باستخدام جهاز U.V.spectrophotometer على طول موجي(280 nm)بعد ضبط الجهاز على العينة الخاوية(Blank)وتقدير تركيز الاوكسين من خلال الرجوع لعمل ورسم المنحنى القياسي (standard curve) للاوكسين واستخراج تركيز الاوكسين IAA من خلاله.

التحليل الاحصائي Statistical analysis :

استعمل التصميم العشوائي الكامل Completely Randomized Design (C.R.D) واعتمد فيه (L.S.D) للمقارنة بين المعاملات على مستوى احتمالية (0.1 و 0.05) [13].

النتائج والمناقشة

يشير الجدول (2) الى ان عقل الماش المعاملة بالماء الخالي من الايونات ولمدة 24 ساعة قد كشفت (7.33 جذر / العقلة الواحدة) وان هذه الاستجابة تعزى الى مستوى الاوكسين الطبيعي (IAA) بينما كشفت العقل المعاملة بمحلول هوكلاند المتكامل Complete Hoagland Solution (C.H.S) 15.75 جذر / عقلة أي بزيادة تساوي 114.9% عن معاملة السيطرة العامة باعتبارها 100% .

كما ويبين الجدول ايضاً ان استجابة التجذير قد انخفضت في جميع المحاليل المنقوصة للعناصر الكبرى والصغرى الى عدد من الجذور محصورة بين (10-12.6) جذر / عقلة مقارنة بـ (C.H.S) (15.75) جذر / عقلة ، باستثناء الحالات التالية :

أ- زيادة استجابة التجذير بدلالة عدد الجذور في المحلول المنقوص للبورون (B) حيث كان عدد الجذور 17.33 جذر / عقلة ، أي بزيادة معنوية عن معاملة (C.H.S) وتساوي 10.03% .

ب- انخفاض استجابة التجذير في المحاليل المنقوصة للـ Zn ، K الى دون النصف (6.5 و 7.66 جذر) على التوالي أي نسبة انخفاض تساوي 57.8% و 51.4% مقارنة بمحلول هوكلاند المتكامل (15.75) علماً ان هذا الانخفاض اصبح متساوياً من الناحية المعنوية لمعاملة السيطرة العامة البالغة (7.33 جذراً) أي بغياب محلول هوكلاند المتكامل.

هذا ومن جانب اخر فقد بين الجدول (2) تأثير المحاليل الكاملة والمنقوصة للعناصر الكبرى والصغرى على انفراد بدلالة معدل طول الجذر / عقلة ، حيث كان معدل طول الجذر في العقل المعاملة (D/H_2O) 0.85 سم بينما بلغ في العقل المعاملة (C.H.S) 1.41 سم أي بزيادة تساوي 65.8% عن السيطرة العامة.

جدول (2) . استجابة تجذير عقل الماش المعاملة بمحاليل (Hoagland) المغذية (نصف القوى Half strength) الكاملة والمنقوصة للعناصر الكبرى والصغرى على انفراد.

Treatment for 24 hour in :	Mean root No. / cutting	Mean root length Cm/cutting
Deionized water 6.54	7.33	0.85
Hoagland sol. Complete	15.75	1.41
Hoagland sol. Minus : N	11.75	1.16
Hoagland sol. Minus : P	12.66	1.33
Hoagland sol. Minus : K	7.66 *	0.97
Hoagland sol. Minus : Ca	10.42	1.15
Hoagland sol. Minus : Mg	10.00	1.10
Hoagland sol. Minus : S	12.33	1.03
Hoagland sol. Minus : Fe	11.50	1.17
Hoagland sol. Minus : Zn	6.50 *	0.77
Hoagland sol. Minus : Cu	10.17	0.85
Hoagland sol. Minus : Mn	12.42	1.10
Hoagland sol. Minus : Cl	12.00	0.73
Hoagland sol. Minus : B	17.33**	0.80

Hoagland sol. Minus : Mo	10.25	0.98
L.S.D at : 0.05	1.05	0.19
L.S.D at : 0.01	1.41	0.26

* عقل الماش مأخوذة من بادرات نامية في الماء الخالي من الايونات (Deionized water) ولمدة عشرة ايام بعدها عوملت العقل) بمحاليل Hoagland المغذية (نصف القوى) الكاملة او المنقوصة للعناصر الكبرى والصغرى على انفراد ولمدة 24 ساعة ثم نقلت الى حامض البوريك بتركيز (10µg/ml) ولمدة 6 ايام (كوسط للتجذير) بعدها حسب معدل عدد الجذور واطوالها في العقلة الواحدة.

كما بين الجدول ذاته ، ان غياب أي عنصر من العناصر الكبرى / الصغرى قد اثر سلباً في طول الجذور المتكشفة في عقل الماش وبشكل معنوي وعلى مستوى 1% من الاحتمالية ، باستثناء غياب الفسفور (P) حيث كان تأثير غيابه غير معنوياً ، وكسياق عام فأن اختزال اطوال الجذور قد يتزامن مع اكثرها عدداً في المعاملات اعلاه ، حيث كان اقصرها (باستثناء الكلور Cl) 0.77 و 0.8 سم علماً ان الحالة الاولى تمثلت بالمعاملة التي كشفت اقل عدد من الجذور 6.5 من بين جميع العناصر الكبرى / الصغرى والمتمثلة بالمحلول المنقوص للزنك (Zn).

والحالة الثانية تمثلت بالمعاملة الوحيدة التي تسببت بزيادة معنوية في عدد الجذور (17.33) جذراً والمتمثلة بالمحلول المنقوص للبورون (B) ، مما يشير ذلك الى ان جميع العناصر لها دور معين في استطالة الجذور باستثناء الفسفور (P). فضلاً عن دورها في طور النشوء (وبالذات الـ B و Zn) اللذان كشفا اعلى واقل عدد من الجذور على التوالي ، مما يعكس دورهما المتناقص في قلة / زيادة محتوى الاوكسين IAA ، من خلال التأثير في مسلك تخليق IAA او فعالية انزيم IAA oxidase ، مما يدعو ذلك الى دراسة الفعل المتبادل بينهما أي مابين البورون (B) والزنك (Zn) بدلالة استجابة التجذير في عقل الماش.

يشير الجدول (3) الى استجابة التجذير في عقل الماش المجهزة بمحاليل هوكلاند الكاملة والمنقوصة للعناصر الكبرى / الصغرى على انفراد والمعوضة بعنصر السليكون Si المضاف كبديل حيث كشفت العقل المعاملة بالماء (7.33) جذر / عقلة ، بينما كشفت العقل المعاملة بالـ C.H.S (15.75) جذراً . كما ان اقحام عنصر السليكون (من العناصر المفيدة) في مكونات محلول هوكلاند لم يؤثر في عدد الجذور المتكشفة معنوياً (15.25).

هذا ومن جانب اخر فان تجهيز العقل بمحاليل منقوصة لاي من العناصر الكبرى / الصغرى واضافة السليكون Si كبديل عن اياً منها لم يؤثر معنوياً (على مستوى 0.05) في عدد الجذور المتكشفة لجميع المحاليل المستخدمة اعلاه باستثناء الزيادة المعنوية للمحلول المنقوص للمنغنيز (Mn) والمعوض في الوقت ذاته بالـ Si حيث كشف المحلول الاخير (18.08) جذر / عقلة مقارنة بالسيطرة (C.H.S) أي بزيادة تقدر 14.79% عن (C.H.S). بالاضافة الى انخفاض عدد الجذور الى 9.75 و 10.25 و 12.75 وبنسبة انخفاض تساوي (38.1 و 35 و 19.1)% في كل من المحاليل المنقوصة للعناصر (N ، K و Ca) على التوالي.

اما بدلالة معدل طول الجذور / عقلة فكان في العقل المعاملة بالماء الخالي من الايونات هو 0.85 سم ، بينما المعاملة بـ (C.H.S) فقد كان المعدل (1.41 سم) أي بزيادة قدرها 65.8% عن الماء الخالي من الايونات . ومن جانب اخر فقد كان معدل طول الجذور في المحاليل التي اقحم فيها السليكون (Si) (0.83 سم) حيث انخفض بنسبة (41.2%) عن (C.H.S) ووصل الى مستواه في الماء الخالي من الايونات (أي بغياب جميع الايونات) . وبعبارة اخرى فان Si قد منع تأثير محلول هوكلاند المتكامل كلياً ، وكذا الحال مع جميع المحاليل المنقوصة للعناصر الكبرى / الصغرى التي جهزت بالسليكون (Si) كبديل ، حيث كان معدل طول الجذور محصورة بين اوطأها (0.67 سم) والذي تزامن مع اعلى عدد للجذور في المحلول المنقوص للمنغنيز (Mn) واعلى قيمها (0.97 سم) الذي تزامن مع المحلول المنقوص لعنصر البوتاسيوم (K) حيث كان الاخير هو واحد من ثلاثة عناصر لمحاليل منقوصة لعنصر (N ، K و Ca) حصل فيها انخفاض في عدد الجذور وبهذا يكون (Si) غير مؤثر ايجابياً في استطالة الجذور العرضية من الناحية الاحصائية في المحاليل المنقوصة لجميع العناصر الكبرى / الصغرى مقارنة بوجودها جميعاً في السيطرة (محلول هوكلاند المتكامل) على الرغم من زيادة عدد الجذور وقلتها. ان (Si) يمتلك ادواراً متعددة وتكون واضحة تحت ظروف الاجهاد [14] ، اما تحت الظروف الطبيعية فيكاد ان يكون دوره اقل فهو لا يحسب على المغذيات الضرورية التي لا غنى للنبات عنها [3]. وتكون ادواره متعددة تقارن بالمتأيضات العضوية أي انه ذلك العنصر الذي له دور فعال في توليد المتأيضات الدفاعية [14].

جدول (3) . استجابة تجذير عقل الماش المعاملة بمحاليل (Hoagland) المغذية (نصف القوى Half strength) الكاملة والمنقوصة للعناصر الكبرى والصغرى على انفراد والمعوضة (المضاف اليها) بالسليكون (Si) كبدائل عنها.

Treatment for 24 hour in :	Mean root No. / cutting	Mean root length cm/cutting
Deionized water 6.54	7.33	0.85
Hoagland sol. Complete	15.75	1.41
Hoagland sol. Minus : (Plus : Si)	15.25	0.83
Hoagland sol. Minus : N (Plus : Si)	9.75	0.95
Hoagland sol. Minus : P (Plus : Si)	14.50	0.93
Hoagland sol. Minus : K (Plus : Si)	10.25	0.97
Hoagland sol. Minus : Ca (Plus : Si)	12.75	0.80

Hoagland sol. Minus : Mg (Plus : Si)	15.50	0.73
Hoagland sol. Minus : S (Plus : Si)	15.75	0.75
Hoagland sol. Minus : Fe (Plus : Si)	14.25	0.88
Hoagland sol. Minus : Zn (Plus : Si)	14.75	0.68
Hoagland sol. Minus : Cu (Plus : Si)	17.17	0.73
Hoagland sol. Minus : Mn (Plus : Si)	18.08 *	0.67
Hoagland sol. Minus : Cl (Plus : Si)	15.17	0.78
Hoagland sol. Minus : B (Plus : Si)	17.42	0.88
Hoagland sol. Minus : Mo (Plus : Si)	15.33	0.75
L.S.D at : 0.05	1.84	0.07
L.S.D at : 0.01	2.47	0.10

* عقل الماش مأخوذة من بادرات نامية في الماء الخالي من الايونات (Deionized water) ولمدة عشرة ايام بعدها عوملت العقل بمحاليل Hoagland المغذية (نصف القوى) الكاملة او المنقوصة للعناصر الكبرى والصغرى وعلى انفراد والمعوضة (المضاف اليها) السليكون كبدائل عنها ولمدة 24 ساعة ثم نقلت الى حامض البوريك بتركيز (10µg/ml) ولمدة 6 ايام (كوسط للتجذير) بعدها حسب معدل عدد الجذور واطوالها في العقلة الواحدة.

كما ويشير الجدول (4) الى ان المحتوى الابتدائي (initial amount) من الاوكسين الحر (Free IAA) للاوراق الاولية في عقل الماش حال اخذها من النبات الام وقبل معاملتها بمحاليل الاختبار (0.507) ملي مولار . وان محتوى الاوراق الاولية من IAA لعقل الماش الطرية أي المعاملة لمدة 24 ساعة بالماء الخالي من الايونات هو (0.601) ملي مولار . وان تجهيز العقل بمحلول هوكلاند المتكامل (نصف القوى) بدلاً من الماء الخالي من الايونات ولمدة 24 ساعة قد زاد ايضاً من محتوى IAA الحر في الاوراق الاولية الى (0.672) ملي مولار ، أي بنسبة 11.8% عن السيطرة.

هذا ومن جانب اخر فان تجهيز محلول هوكلاند المحور (Modified Hoagland Solution) على هيئة محاليل منقوصة لاي من العناصر الكبرى والصغرى في كل حالة قد تسبب في خفض محتوى الـ IAA في الاوراق الاولية لعقل الماش ولجميع العناصر وبشكل معنوي وعلى مستوى 0.05% من الاحتمالية وبدلالة L.S.D باستثناء نقص (Mn ، Cl ، B و Mo) من العناصر الصغرى والذي تسبب في زيادة محتوى IAA الى (0.982 و 0.745 و 0.758 و 1.036) ملي مولار ، أي بنسبة زيادة تساوي (46.1% و 10.8% و 12.7 و 54.1%) على التوالي مقارنة بالسيطرة المتمثلة (C.H.S) حيث كانت اعلى القيم للـ IAA في اوراق العقل المعاملة بالمحلول المنقوص لعنصر الموليبدنوم (Mo) (54.1%) ويليه المنغنيز Mn (46.1%) مقارنة بالسيطرة.

ان مقارنة النتائج اعلاه المتعلقة بمستويات IAA الحر في الاوراق الاولية لعقل الماش (جدول 4) باعتبارها مراكز اساسية لتخليق Endogenous IAA ، مع الجانب الفسلجي المتعلق بتأثير هذه المعاملات في استجابة التجذير أي بدلالة معدل عدد الجذور او بدلالة معدل طول الجذور (جدول 2). فقد تبين ان هنالك تطابقاً مع نتائج الجانب الفسيولوجي بدلالة عدد الجذور ، حيث انخفض العدد في جميع المحاليل المنقوصة مقارنة بالسيطرة (C.H.S) وكان الانخفاض معنوياً على مستوى 1% باستثناء الاتي :

أ- ان الانخفاض في عدد الجذور للمحاليل المنقوصة لكل من K ، Zn كان شديداً وبأكثر من 50% لكليهما مقارنة بعدد الجذور في عقل السيطرة (C.H.S) ، فضلاً عن كون هذا الانخفاض قد تساوى مع عدد الجذور في السيطرة العامة (D/H_2O).

ب- ان نقص الـ (B) البورون هو الوحيد الذي زاد معنوياً من استجابة التجذير (17.33)وبنسبة زيادة 10.03% عن السيطرة (C.H.S) البالغة (15.75) جذراً.

ان التطابق اعلاه وصف بدلالة تزامن قلة عدد الجذور في الحالة (أ) اعلاه أي بغياب K ، Zn (جدول 2) مع قلة محتوى IAA في الاوراق الاولية لعقل الماش (0.565 و 0.640) على التوالي (جدول 4). ومن جانب اخر فان زيادة عدد الجذور بغياب البورون (B) (جدول 2) قد تزامن مع ارتفاع محتوى IAA في الاوراق الاولية (0.758) ملي مولار.

جدول (4) . تأثير محاليل Hoagland المغذية (نصف القوى Half strength) الكاملة والمنقوصة للعناصر الكبرى والصغرى على انفراد من محتوى الاوكسين الحر Free auxin (بالملي مولار 10^3x) في الاوراق الاولية primary leaves لعقل الماش..

Treatment	After 24 hr.	After 72 hr.
Deionized water	0.601	0.571
Hoagland sol. Complete	0.672	0.655
Hoagland sol. (Minus N)	0.593	0.575
Hoagland sol. (Minus P)	0.582	0.586
Hoagland sol. (Minus K)	0.565	0.564
Hoagland sol. (Minus Ca)	0.603	0.624 *
Hoagland sol. (Minus Mg)	0.578	0.564
Hoagland sol. (Minus S)	0.549	0.767
Hoagland sol. (Minus Fe)	0.559	0.497

Hoagland sol. (Minus Zn)	0.640	0.590
Hoagland sol. (Minus Cu)	0.586	0.582 *
Hoagland sol. (Minus Mn)	0.982	0.901
Hoagland sol. (Minus Cl)	0.745	0.979
Hoagland sol. (Minus B)	0.758	1.016
Hoagland sol. (Minus Mo)	1.036	0.755
L.S.D at : 0.05	0.018	

Zero time = 0.507

* عقل الماش مأخوذة من بادرات(seedlings)نامية في الماء الخالي من الايونات(Deionized water)لمدة عشرة ايام وعوملت العقل بمحاليل Hoagland المغذية(نصف القوى)الكاملة او المنقوصة للعناصر الكبرى والصغرى لمدة(72،24 ساعة).

من البديهي والمعروف جيداً عن الزنك Zn في هذا المضمارهو دوره في تخليق Tryptophan والذي يعد الاصل Precursor في التخليق الحيوي للـ IAA [15]. وان قلة IAA بغياب الـ Zn ينعكس على قلة مؤشرات النمو والتي تكون استجابة التجذير ليست واحدة منها فقط بل اهمها بدلالة الدور المعروف للـ IAA واولوية تأثيره في تكوين الجذور العرضية في العقل [16].

اما بالنسبة للبوتاسيوم K فانه من اهم الايونات الموجبة التي تحتاجها النباتات بكميات كبيرة ، فهو يعمل كمنشط activator لعدد كبير من الانزيمات معظمها يدخل في عملية البناء الضوئي والتنفس [3]. كما اشار الاخير الى ان بناء الكاربوهيدرات (النشأ) والبروتين ، كذلك يتأثر بنقص الـ K وهذا ما اكدته نتائج الدراسة الحالية (نتائج غير معروضة).

فضلاً عن ان نقص K تسبب في نقص Free IAA (جدول 4) الا انه زاد من مستوى Free cytokinin (نتائج غير معروضة) مما يجعل هذه النتائج تتفق مع تقنية الـ (Tissue culture technique) والتي تتضمن منع تكشف الجذور عندما تكون نسبة الـ Cytokinin الى الاوكسين عالية.

علاوة على ما تقدم فقد اشار [17] الى ان نقص K في المحاليل المجهزة للنباتات الام تسبب في خفض استجابة التجذير بنسبة 42% (وهي نفس النسبة اعلاه تقريباً) في عقل العنب ، كما ان النتائج اعلاه تتفق ميدانياً مع تجهيز العقل بالتربتوفان (Tryptophan) المصنع والذي زاد من استجابة تجذير العنب ، فضلاً عن استخدامات الـ Zn للنباتات الام والتي تمت ملاحظتها في جنوب افريقيا من خلال تكثير نبات الاجاص Plum (صنف Mariana) بالعقل [15].

هذا ومن جانب اخر فقد بين الجدول (4) ان محتوى الاوراق من الاوكسين الحر (Free IAA) بعد 72 ساعة (في العقل المعمرة) بالماء الخالي من الايونات قد انخفض معنوياً الى (0.571) ملي مولار ، وهذا الانخفاض بديهي ربما يعود الى واحد من عشرة فرضيات تتعلق بظاهرة التعمير والتي سيتم مناقشتها لاحقاً بينما لم ينخفض معنوياً في جميع المحاليل المنقوصة العناصر الكبرى باستثناء الزيادة المعنوية مع نقص الكبريت S فقط ، حيث كان المحتوى (0.767) ملي مولار مقارنة بالعقل الطرية ، أي المعاملة لمدة 24 ساعة بالمحلول المنقوص للـ S (0.549) ملي مولار أي بنسبة زيادة تساوي (39.7%) . بالاضافة الى الزيادة الطفيفة (3.4%) في العقل المعاملة بالمحلول المنقوص للكالسيوم (Ca).

ان سبب الزيادة في محتوى IAA في الاوراق الاولية للعقل المعمرة المعاملة بالمحلول المنقوص للـ S (0.767) ملي مولار يقابلها انخفاض في محتوى IAA في (Hypocotyl) هيبوكوتيل نفس العقل المعاملة بنفس المحلول المنقوص للـ S (0.329) ملي مولار (نتائج غير معروضة). حيث ان حاصل جمع كمية IAA في الاوراق الاولية + هيبوكوتيل العقل الطرية (0.511 + 0.549 = 1.060) يساوي تقريباً نفس الكمية في العقل المعمرة (0.329 + 0.767 = 1.096) مما يؤكد ان الاختلاف في زيادة الـ IAA في الاوراق الاولية للعقل المعمرة هو ناتج عن قلة انتقال IAA من الاوراق الى الهيبوكوتيل أي منطقة نشوء الجذور مما يتفق مع قلة عدد الجذور في المعاملة اعلاه (جدول 2). ان قلة الانتقال للـ IAA تتفق مع انسداد / غلق الصفائح المنخلية نتيجة لتكوين الـ Callose [18] خلال ظاهرة التعمير.

كما بين جدول (4) ايضاً انخفاض مستوى الـ IAA معنوياً في جميع المحاليل المنقوصة للعناصر الصغرى باستثناء الزيادة المعنوية للعناصر المنقوصة مثل (Cl) و(B) حيث كان المحتوى بعد 72 ساعة(0.979 و 1.016)ملي مولار.أي بنسبة زيادة تساوي (31.4% و 45.2%) على التوالي مقارنة بالعقل الطرية لمدة 24 ساعة(0.745 و 0.758)ملي مولار على التوالي ايضاً . فضلاً عن عدم تأثر محتوى IAA في المحلول المنقوص لعنصري N و Cu معنوياً.

ان انخفاض مستوى IAA في العقل المعمرة لمدة 72 ساعة في الماء الخالي من الايونات (0.571) ملي مولار مقارنة بالعقل الطرية لمدة 24 ساعة (0.601) ملي مولار ، او في الانسجة النباتية المعمرة على اختلاف انواعها كأنسجة وكأعضاء او كأنواع نباتية لامر متفق عليه ومؤكد ، حيث يتفق مع فرضية انخفاض المحتوى الاوكسني [19] والتي اكد صحتها كل من [20].

ومن جانب اخر فان عدم انخفاض IAA معنوياً بعد 72 ساعة في اوراق العقل المعمرة في محلول هوكلاند يؤكد عدم حصول عجز في الحالة الغذائية وذلك لكون محلول هوكلاند يمثل بيئة متوازنة من الناحية المعدنية ، وهذا يتفق مع ما اكده [21 ، 22] حول عقل نفس النوع وهو الماش . وماهو جدير بالذكر ان انخفاض مستوى IAA (جدول 4) مع المحلول المنقوص للـ (Zn) ليس فيه غرابة ، حيث تزامن مع انخفاض استجابة التجذير بحدود (57.8%) عند معاملة العقل بنفس المحلول المنقوص للـ (Zn) (جدول 2).

وماهو مدهش وملفت للنظر، زيادة مستوى IAA الحر في العقل المعاملة بالمحاليل المنقوصة للـ Mn و Cl و Mo (جدول 4) قد تزامنت مع انخفاض معنوي في الجانب الفسلجي المتعلقة باستجابة التجذير (جدول 2) حيث كان معدل عدد الجذور (12.42 ،

12.0 و 10.25) على التوالي علماً بأن زيادة مستوى IAA بغياب الـ Mn (المنغنيز) لامر مألوف ايضاً. حيث ان Mn ينشط انزيم IAA oxidase [23] ، الذي يعمل على IAA كمادة تفاعل (subsrate) مما يؤدي الى تحطيمه وقلة مستواه وبالتالي قلة استجابة التجذير [24] ولكن في حالة غياب Mn يجب ان يحصل العكس أي زيادة الـ IAA (وهذا ما حصل في الجدول 4) والمفروض ان ينعكس على زيادة عدد الجذور ، وهذا لم يحصل بل ما حصل العكس أي قلة الجذور كماهو مبين اعلاه ، كأقتراح يبدو ان Mn له دور او ادوار اخرى ، احدهما في تكوين الجذور العرضية ، لذا فان العجز في الادوار الاخرى نتيجة لغياب الـ Mn قد ينعكس كتأثير جانبي على تكوين الجذور العرضية . ويبدو ان لعنصر Mo و Cl دوراً متماثلاً في زيادة IAA الذي لم ينعكس على زيادة عدد الجذور بل قلتها (جدول 2).

ومن جانب اخر فان زيادة مستوى IAA في العقل الطرية (بعد 24 ساعة) والمعمرة (بعد 72 ساعة) في المحاليل المنقوصة للـ B ، Cl يعود على الارجح الى غياب هذه العناصر حيث ان دور الـ B والحاجة اليه ضرورية في تكوين الجذور العرضية في العقل (عقل الماش بالذات) ودوره المعروف في تكوين معقدات complexes مع المركبات الفينولية (phenolic compounds) والتي تتجمع بنسبة 45% خلال 24 ساعة الاولى من تهيئة العقل [25] . حيث ان هذه المركبات وخصوصاً الـ o-diphenols تعمل كحاميات للاكسين (Auxin – protectors) أي بعبارة اخرى انها تحمي الـ IAA من التحطم الانزيمي بواسطة انزيم IAA-oxidase وان اضافة B من الخارج يعمل على تشكيل معقدات مع هذه المركبات الفينولية وسحبها من ساحة التفاعل وترك IAA تحت وطأة انزيم IAA-oxidase لكي ينخفض مستواه ويكون ملائماً للطور اللاحق (النمو والتكشف) أي الطور الثاني في تكوين الجذور العرضية في العقل وهو تكشف البادئات الجذرية الى جذور مرئية . واستناداً الى هذه المعلومات فان تجهيز العقل بالمحاليل المنقوصة للـ B البورون سيؤدي الى تجمع IAA كماهو واضح من جدول (4) خلال 24 ساعة الاولى. واستمرار تجمعه لغاية 72 ساعة في العقل المعمرة والذي تزامن فسلجياً مع تثبيط نمو وتكشف البادئات الجذرية الى جذور مرئية لان ذلك يحصل في حالة حفظ مستوى IAA عالياً في الطور الثاني من تكوين الجذور العرضية [26] وعلى مايبدو ان للـ Cl الكلور دوراً مماثلاً لذلك.

يشير الجدول (5) الى ان اقحام عنصر Si في مكونات هوكلاند المتكامل قد خفض معنوياً من قيمة Free IAA الى (0.334) ملي مولار مقارنة بـ (C.H.S) (0.672) ملي مولار. وان هذا الانخفاض انسحب على جميع المحاليل المنقوصة والمستبدلة بالـ (Si) باستثناء الزيادة المعنوية في المحاليل المنقوصة للـ Zn و Mo والتي استبدلت بـ (Si) حيث كانت القيم فيها (0.707 و 0.874) ملي مولار وبنسبة زيادة (111.6% و 161.6%) على التوالي مقارنة بمستوى الـ IAA في محلول هوكلاند الذي اقحم فيه الـ (Si) (0.334) ملي مولار . وعند مقارنتها بالسيطرة C.H.S (0.672) ملي مولار ستكون الزيادة (5.2%) لنقص Zn و (30.0%) لنقص Mo بعد استبدالهما بـ (Si) السليكون.

جدول (5) . تأثير محاليل Hoagland المغذية (نصف القوى Half strength) الكاملة والمنقوصة للعناصر الكبرى والصغرى على انفراد والمعوضة بالسليكون من محتوى الاوكسين الحر Free auxin بالملي مولاري 10^3x في الاوراق الاولية primary leaves لعقل الماش..

Treatment	After 24 hr.	After 72 hr.
Deionized water	0.601	0.571
Hoagland sol. Complete	0.672	0.655
Hoagland sol. (Complete plus Si)	0.334	0.492
Hoagland sol. (Minus N plus Si)	0.455	0.582
Hoagland sol. (Minus P plus Si)	0.458	0.546
Hoagland sol. (Minus K plus Si)	0.356	0.450
Hoagland sol. (Minus Ca plus Si)	0.545	0.439
Hoagland sol. (Minus Mg plus Si)	0.348	0.545
Hoagland sol. (Minus S plus Si)	0.521	0.635
Hoagland sol. (Minus Fe plus Si)	0.560	0.549
Hoagland sol. (Minus Zn plus Si)	0.707	0.503
Hoagland sol. (Minus Cu plus Si)	0.440	0.610
Hoagland sol. (Minus Mn plus Si)	0.473	0.537
Hoagland sol. (Minus Cl plus Si)	0.471	1.762
Hoagland sol. (Minus B plus Si)	1.383	0.482
Hoagland sol. (Minus Mo plus Si)	0.874	0.473
L.S.D at : 0.05	0.070	

Zero time = 0.507 *

* عقل الماش مأخوذة من بادرات (seedlings) نامية في الماء الخالي من الايونات (Deionized water) لمدة عشرة ايام وعوملت العقل بمحاليل Hoagland المغذية (نصف القوى) الكاملة او المنقوصة للعناصر الكبرى والصغرى والمعوضة بالسليكون (Si) ولمدة (24 ، 72 ساعة).

ان الزيادة في مستوى IAA الحر في المحاليل اعلاه (جدول 5) لم تكن متوافقة مع استجابة التجذير بدلالة عدد الجذور المكشفة في عقل نفس المحاليل (جدول 3) ولكن في الوقت ذاته جاءت نفس النتائج اعلاه متفقة مع انخفاض اطوال الجذور عند غياب Zn (0.68 سم) و Mo (0.75 سم).

وكمثال معكوس لما ذكر اعلاه ، فالمحلول المنفوص للـ Mn والذي استبدل بـ (Si) قد حفز على زيادة استجابة التجذير بشكل معنوي وهو التأثير الوحيد ذات الطابع الايجابي (18.08) جذر مقارنة بجميع المعاملات الاخرى (جدول 3) علماً ان هذه الزيادة في الجانب الفسلجي لم تكن مقرونة بزيادة في مستوى IAA بل انخفض الى (0.473) ملي مولار (جدول 5) وبنسبة انخفاض (29.7%) عن السيطرة (C.H.S) والتي تساوي (0.672) ملي مولار.

ان النتائج اعلاه تشير بوضوح الى ان الـ (Si) بامكانه ان يحل محل الـ Mn وكبديل افضل من Mn في محلول هوكلاند من الناحية الفسلجية وبدلالة تكوين الجذور العرضية في العقل. اما بدلالة مستوى IAA فالموقف معكوس تماماً ، حيث ان IAA انخفض بنسبة 29.7% علماً بأن الاوكسينات لها الاولوية في استحثاث التجذير في العقل ، مما تشير هذه النتائج الى ان (Si) له اكثر من دور فضلاً عن دوره الفسلجي الواضح في تكوين الجذور العرضية وكأقتراح قد يكون الـ (Si) مثبطاً لفعالية احد الانزيمات ضمن مسلك تخليق الـ IAA ، وقد يمتلك بعض التأثيرات على الهرمونات المرتبطة بالنمو والتكشف [5].

ومن جانب اخر فان اعلى القيم من الـ IAA الحر في العقل المعمرة لمدة (72 ساعة) كانت في المحاليل المنقوصة للـ (S و Cu و Cl) والمستبدلة بالـ (Si) حيث كانت القيم : (0.635 و 0.610 و 1.762) ملي مولار على التوالي . وهذه القيم لا تختلف معنوياً عن الـ IAA في الاوراق الاولية للعقل المعمرة في (C.H.S) (0.655) ملي مولار مما يشير الى كون (Si) قادراً لان يلعب دور البديل للعناصر الثلاث اعلاه بدلالة تعمير العقل. وهذا يؤكد كون (Si) يعمل وبقوة تحت ظروف الاجهاد [27] ومنها التعمير باعتبارها اجهاداً فسيولوجياً [28]. وهنالك ادلة متزايدة حول دور (Si) في تحسين الاجهادات الحيوية وغير الحيوية [29] ، [4] الا ان ميكانيكيات ذلك غير واضحة بما فيه الكفاية.

علاوة على ما تقدم فقد بين الجدول (5) ان محتوى الاوراق الاولية من IAA الحر بعد 72 ساعة (في العقل المعمرة) قد زاد في معظم المحاليل المنقوصة للعناصر الكبرى / الصغرى والتي تم استبدال كل عنصر منها بعنصر السليكون (Si) باستثناء انخفاضه في العقل المعاملة بالمحاليل المنقوصة للـ Ca و Zn و Mo حيث كان مستوى IAA فيها (0.439 و 0.503 و 0.473) على التوالي مقارنة بالسيطرة (العقل الطرية المعاملة لمدة 24 ساعة) فضلاً عن ان استبدال Fe الحديد بالـ (Si) لم يؤثر معنوياً في مستوى IAA في العقل المعمرة مقارنة بالطرية. مما يشير الى امكانية استخدام (Si) كبديل ناجح للـ Fe الحديد في محلول هوكلاند بدلالة التعمير ، علماً ان مستوى IAA في هذه المعاملة لم يختلف معنوياً (0.549) ملي مولار عن مستواه في معاملة العقل بالماء الخالي من الايونات (0.571) ملي مولار.

ان النتائج اعلاه تشير الى ثلاث نقاط جوهرية الاولى ان انخفاض مستوى IAA في العقل المعمرة في المحاليل منقوصة للـ Ca ، Zn و Mo والتي تم استبدالها بالـ (Si) تشير الى ان (Si) لا يؤثر في عمليات التعمير والتي تؤدي الى خفض استجابة التجذير في عقل الماش عند نقص العناصر الثلاث اعلاه ، علماً ان احدى هذه العمليات هي انخفاض مستوى الاوكسين [19].

الثانية : ان زيادة مستوى IAA في العقل المعمرة في محاليل منقوصة لجميع العناصر الاخرى والمستبدلة بالـ (Si) قد يعزى الى وجود العناصر الثلاث اعلاه (Ca ، Zn ، Mo) مع الـ (Si) ضمن ما يسمى بالفعل المتبادل والذي هو بالتأكيد بحاجة الى دراسة مستقبلية.

كما بين الجدول (5) نقطة جوهرية ثالثة وهي ان عدم انخفاض مستوى IAA في العقل المعمرة (بعد 72 ساعة) في (C.H.S) باعتباره بيئة متوازنة الى (0.655) ملي مولار مقارنة بالعقل الطرية (بعد 24 ساعة) وهي (0.672) ملي مولار . ان هذا يؤكد فعالية فرضية الحالة الغذائية والتي تم التأكد من صحتها من قبل [21 و 22] وذلك لعدم وجود عجز في الحالة الغذائية المعدنية باعتبار محلول هوكلاند المتكامل يعد بيئة متوازنة.

الا ان هذا لا ينفي حصول عمليات اخرى خلال ظاهرة التعمير فسرت بفرضيات مختلفة منها :

انخفاض المحتوى الاوكسيني IAA [19] ، انسداد اوعية الخشب [29] ، اضطراب النفاذية [30] ، عجز الحالة الغذائية [21] ، [22] ، قلة العوامل المرافقة للتجذير Rooting co-factor [31] ، غلق الصفائح المنخلية بمادة الكالوز Callose [18] ، زيادة فعالية انزيم IAA oxidase [32] ، قلة المركبات الفينولية [33] ، زيادة مستوى هرمون ABA [34] وفرضية الاكسدة [35] ، مما ادى الى زيادة IAA بدلاً من خفضه حيث ان هذه العمليات يمكن ان تعمل لوحدها / مجتمعة حسب النظام التجريبي المستخدم.

References :

[1] Salisbury , F.B. and Ross , C. (1985). Plant physiology (3 the ed). Wadswarth publishing co. Inc. Belmont. California.

[2] شهيد ، عبدالله ابراهيم (1980). الفعل المتبادل بين الاوكسين والسايتوكاينين ودورهما في نشوء ونمو الجذور العرضية والبراعم في عقل نبات الفاصوليا (*Phaseolus vulgaris* L.) . رسالة ماجستير . جامعة بغداد.

[3] Hopkins , W.G. and Huner , P.A. (2009). Introduction to plant physiology. (4th ed). John Wiley and sons. Inc. U.S.A.

[4] Epstein , E. (1999). Silicon . Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mil. Boil. 50 : 641-664.

[5] Ma , J.F. and Takahashi ; E. (2002). Soil , fertilizer and plant silicon research in Japan . Elsevier Amsterdam.

[6] Kim , S.G. , Kim , Kw., Park , EW. and Choi , D. (2002) . Silicon cell wall fortification of rice leaves : a possible cellular mechanism of enhanced host resistance to blast. Phytopathology , 92 : 1095-1103.

[7] Britez , R. M. Watanabe , T., Jansen S., Resissmann C.B. and Osaki , M. (2002). The relationship between aluminum and silicon accumulation in leaves of Farames marginata (Rubiaceae). New Phytol., 156 : 437-444.

[8] الحسناوي ، حنان محمد صاحب. (2011). دراسة مقارنة بين الاجهاد الفسيولوجي (ظاهرة التعمير) والاجهاد البيئي (الملوحة والاجهاد المائي) بدلالة تكوين الجذور العرضية في عقل الماش (*Vigna radiate* L. Wilczek) . رسالة ماجستير . قسم علوم الحياة . كلية العلوم. جامعة بابل. العراق.

[9] Hess , C.E. (1961). The mungbean bioassay for detection of root promoting substances . Plant Physiol., 36 (1) : supplement 21.

[10] Middleton , W. ; Jarvis , B.C. and Booth , A. (1978). The boron requirement in stem cuttings of *Phaseolus aurous* Roxb. The New Phytol., 18 : 287-297.

[11] Hoagland , R.J. and D.I., Arnon. (1950). The water – culture method for growing plants without soil. Circ, 347 (Rev. ed) , California Agr. Expt. Sta., Berkley.

[12] Ergun , N. ; Topcuoulu , S.F. and Yildiz , A. (2002). Auxin (Indole -3- acetic acid) , Gibberellic acid (GA3) , Absisic acid (ABA) and Cytokinin (zeat in) Production by Some Species of Mosses and Lichens . 26 : 13-18.

[13] Levesque , R. (2007). Spss programming and Data Management : A Guide for spss and SAS Users , fourth Edition , SPSS Inc. (Chicago).

[14] Epstein , E. (2009). Silicon : its main roles in plants. Ann. Appl. Biol. , 155 : 155-160.

[15] Blazich , F.A. (1989). Mineral nutrition and adventitious rooting . In : Adventitious root formation in cuttings , T.D. Davies B.E. Haissing and N. sankhla , eds. Portland Oreg. : Dioscorides press.

[16] Norcini , J.G. and Heuser , C.W. (1988). Changes in the level of (C^{14}) indole -3 acetic acid and (C^{14}) indol – acetyl aspartic acid during root formation in Mungbean cuttings.

[17] Pearse , H.I. (1946). Rooting of vine and plum cutting as affected by nutrition of the parent plant and treatment with phyto hormones. Sci. Bul. 249 , Dept. of Agr. Union of S. Afr.

[18] Ullrich , W. (1962) . Uberdie bildung vankallose beieiner hemmung sedtrans spore in den Sieborohnn in durchcuanid ; Planta , 69 : 387-390.

[19] Hartmann, H.T., Kofranek , A.M. Rubatzky , V.E. and Flocker, W.J. (1988). Plant science growth , development utilization of cultivated plants. (2n ed) printice Hall, Englewood Cliffs , New Jersy , pp. 125-126.

[20] Shaheed , A.I. and Al-Alwani , B.A. (2002). Ageing causes and control in relation to adventitious root formation in Mung bean (*Phaseolus aurous* Roxb.) cutting II . Blockage of xylem vessels.

[21] Shaheed , A.I. and Salim S.A. (2002 a) . Ageing of Mung bean (*Phaseolus aurous* Roxb.) cutting in relation to exogenous supply of some nutritional factors. Coll. Educ. for Women Univ., Baghdad.

[22] Shaheed , A.I. and Salim S.A. (2002 b) . The role of cotyledons as endogenous service of nutritional factors in controlling of Ageing mung bean. (*Phaseolus aurous* Roxb.) cutting . Iraqi J. Sci., 43 : 1-16.

[23] Thomaszewki , M. and Thimann, K.V. (1966). Interaction of phenolic acids metallic ions , and chelating agents on auxin induced growth . Plant Physiol. 41 : 1443-1454.

[24] Goldacre , P.L. (1961). The indole-3-acetic acid Oxidase – Peroxidase of Peas. In R.M. Klein , ed., Plant Growth Regulation. Ames. Iowa State University Press.

[25] Fernqvist , I. (1966). Studies on factors in a adventitious root formation . 32 : 109-244.

[26] Middleton , W. (1977). Root development in cuttings of *Phaseolus aurous* Roxb. Ph. D. thesis , Univ. of Sheffield , U.K.

[27] العيساوي ، عباس جاسم محمد. (2010). دور حامض السالسليك والسليكون في تخفيف سمية البورون في عقل الماش (*Phaseolus aureus* Roxb.). رسالة ماجستير . قسم علوم الحياة . كلية العلوم. جامعة بابل. العراق.

[28] Liang , Y., Sun , W., Zhu , Y. G and Christic , P. (2007). Mechanism of silicon – mediated alleviation of a biotic stresses in higher plants. A review – Environ . Pollut., 147 : 422-428.

[29] Cline , M.N. and Neely , D. (1983). The histology and histochemistry of the wound heeding process in Geranium cuttings . Am. J. Soc. Hort. Sci. 108 : 496-502.

[30] Leger , A. Delrit , S. and Bonnemain , J.L. (1982). Properties of sugar uptake by wheat leaf. Fragment : Effect of Aging and pH dependence . Physiol. Veg. 20 : 651-659 . (Cited by Atkinson et al., 1989).

[31] Wally , Y.A. ; El-Hamad , YM. M., Boulos , S.T. and Salama , M.A. (1980). Physiological and Anatomical studies on pecan hardwood – cuttings. Egypt Hori. 8 (1) : 89-100.

[32] Chibbar , R.N., Guramurti , K. and Nanda, N.N. (1979). Change in IAA-oxidase activity in rooting hypocotyls cutting of phaseolus mungo L. Experienta. 15 : 202-203.

[33] Zeng , M.H. and Muller , G. (1963). *In vivo* destruction and exogenously applied indoly-3-occurring phenolic acid , Nature , 200 : 761-763.

[34] Atkinson , C.J. ; Davies , W.J. and Monsfield , T.A. (1989). Changes in stomatal conductance in intact aging wheat leaves in response to abscisic acid. J. Exp. Bot. 40 : 1021-1028.

[35] Gorecki , R.J. ; Ashino , H. ; Saton , S. and Esash, Y. (1991). Ethylene production in pea and cocklebur seeds of different vigour. J. Exp. Bot. 42 (236), 407 – 414.