أهمية توفير بعض العناصر النادرة

الكوبالت

أدى رفع مستوى الإثيلين الداخلى فى نباتات الكوسة بنقع البذور قبل زراعتها فى تركيز منخفض من الكوبالت (جزء واحد فى المليون من Co^{2+})، أو الـ aminocyclopropane carboxylic acid (٥٠٠ ميكرومول) إلى زيادة النمو النباتى وإنتاج الأزهار المؤنثة والمحصول (Atta-Aly ١٩٩٨، وAtta-Aly & Brecht ١٩٩٩).

النيكل

أدى رش نباتات الفراولة (صنف Pajero) بالهرمون النباتى الطبيعى حامض السلسيلك salicylic acid بتركيز ٢ ملى مول إلى زيادة الوزن الطازج للنموين الجذرى والخضرى، كذلك أدت المعاملة إلى زيادة محتوى الأوراق والثمار من كل من النيتروجين والنيكل. وفى المقابل.. أدى رش النباتات بالنيكل بتركيز ١٥٠ مجم/لتر إلى زيادة المحصول والوزن الجاف للمجموع الجذرى وتركيز النيتروجين بالثمار. هذا.. وكانت تلك التأثيرات أكثر وضوحًا عندما جُمِعَ بين المعاملتين (Jamali وآخرون ٢٠١٣).

وسائل التغلب على بعض مشاكل التربة

تكوين القشور السطحية التى تعوق الإنبات

أدى نثر الجبس الفوسفورى phosphogypsum بمعدل ٢ أو ٤ طن/ هكتار (٠,٨٤ – ١,٦٨ طن للفدان) بعد بذر بذور البصل إلى تحسين إنبات البذور ونفاذية التربة للماء؛ بسبب تأثير المعاملة على منع تكون القشور السطحية، فضلاً عن تحسين المعاملة للنمو النباتى الجذرى والخضرى (Ramirez وآخرون ١٩٩٧).

التربة الجيرية

دُرس تأثير التلقيح بالسلالات البكتيرية المنشطة للنمو النباتى: 637Ca من *Alcaligens*، وMFDCa-1 وMFDCa-2 من *Staphylococcus*، وA18 من

Agrobacterium، وFF1 من *Pantoea*، وM3 من *Bacillus* ووجد أن جميعها أسهمت فى التغلب على التأثير السلبى للتربة الجيرية على محصول الثمار والنمو والتغذية فى الفراولة، وكانت أفضل السلالات البكتيرية هى 637Ca التى أحدثت زيادة جوهرية فى كل من محصول الثمار ووزن الثمرة وحجمها بلغت ٤٧,٥٪، و٣٤,٧٪، و٩,٤٪، على التوالى، مقارنة بالوضع فى معاملة الكنترول. وباستثناء المغنيسيوم والزنك بالأوراق، فإن تركيز جميع العناصر المغذية الأخرى (النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم، والكالسيوم، والحديد، والنحاس، والمنجنيز، والبورون) ازداد بالتقليح بالبكتيريا المنشطة للنمو فى التربة الجيرية (Ipek وآخرون ٢٠١٤).

وقد دُرِسَت إمكانية تحسين تحمل الطماطم للقلوية بتطعيمها على أصول مختلفة، هى: الباذنجان، والداتورة، وعنب الثعلب البرتقالى، وتبغ إيرانى محلى، والطماطم، مع تعريضها لبيكربونات الصوديوم ($NaHCO_3$) بتركيز صفر، و٥، و١٠ ملل مول. وقد وجد أن الوزن الطازج للكتلة البيولوجية لكل من الطماطم المطعومة وغير المطعومة ينخفض جوهريًا مع زيادة تركيز بيكربونات الصوديوم. وعندما كان التطعيم على الداتورة، لم تؤثر القلوية على الوزن الطازج للساق والجذور، ومحتوى النمو الخضرى من الفوسفور والبوتاسيوم والمغنيسيوم، وذلك على خلاف الوضع عندما كان التطعيم على الأصول الأخرى أو عدم التطعيم، وكان أعلى محتوى للبرولين بالأوراق عندما كان التطعيم على الداتورة. كذلك كان محتوى الأوراق من الصوديوم الأقل فى النباتات المطعومة على الداتورة. وبصورة عامة.. فإن التطعيم على الداتورة حسَّنَ من تحمل القلوية فى نباتات الطماطم النامية فى ظروف الشد ببيكربونات الصوديوم (Mohsenian & Roosta ٢٠١٥).

نقص البوتاسيوم

يُعد التطعيم وسيلة سريعة لتحمل مختلف عوامل الشد البيئى، وقد دُرس احتمال تغلب تطعيم الطماطم على الشدِّ الناشئ عن النقص المعتدل فى البوتاسيوم (٤ملل مول)، مقارنة بالمستوى الطبيعى للعنصر (٨ ملل مول) فى المحلول المغذى، وخاصة على

محصول الثمار وجودتها، وذلك عند استعمال Maxifort، وBrigeor كأصول. وقد وجد أن نقص البوتاسيوم أدى إلى تقليل النمو الجذرى والمحصول ومظهر الثمار ومجتواها من الكاروتينات. وفى المقابل.. ازداد مع نقص البوتاسيوم كلا من صلابة الثمار ومحتواها من مختلف السكريات والسكريات الكلية. وفى معظم الصفات التى تأثرت سلبًا بنقص البوتاسيوم.. أدى التطعيم إلى التغلب على تلك التأثيرات؛ فأدى التطعيم إلى تحسين نمو الجذور والمحصول وتركيز الكاروتينات بالثمار، وكذلك الأحماض المعايرة، وخاصة عند نقص البوتاسيوم، وقلت كذلك بالتطعيم حالات الإصابة بتعفن الطرف الزهرى. هذا.. إلا أن مدى التغلب على شد نقص البوتاسيوم تباين باختلاف الأصل والطعم المستخدمين (Schwarz وآخرون ٢٠١٣).

كما دُرس تأثير تطعيم صنف البطيخ Zaochunhongu على الأصول: Hongdun (وهو: *C. lanatus*)، وJingxinzhen No.4 (وهو: *Cucurbita moschata*)، وNabizhen (وهو: *Lagenaria siceraria*) فى مستويين من البوتاسيوم بالمحلول المغذى: منخفض (٠,٦ ملى مول)، وعال (٦,٠ ملى مول) لمدة ٢٠ يومًا فى مزرعة مائية. وقد وجد أن النباتات التى أُعطيت مستوى منخفض من البوتاسيوم كانت أقل فى نموها الخضرى والجذرى، مقارنة بنمو النباتات التى أُعطيت مستوى عادى من البوتاسيوم. هذا.. إلا أن هذا النقص فى النمو (الوزن الجاف للنمو الخضرى) جراء النقص فى مستوى البوتاسيوم فى المحلول المغذى كان أقل فى حالة التطعيم، حيث بلغ ٣٪ عند استعمال Jingxinzhen No.4 كأصل، و٥٪ عند استعمال الأصل Hongdun، بينما كان النقص ٢٣٪ فى النباتات غير المطعومة. وفى ظل هذا المستوى المنخفض من البوتاسيوم كان حجم عصير الخشب، والكمية الكلية للبوتاسيوم فى الخشب، والبوتاسيوم المتراكم فى النموات الخضرية، وكفاءة امتصاص البوتاسيوم، ومعدل النتح بالأوراق أعلى جوهريًا فى النباتات المطعومة على أى من الأصلين Jingxinzhen No.4، وHongdun، مقارنة بالوضع فى النباتات غير المطعومة (Huang وآخرون ٢٠١٣).

سمية المنجنيز

يحدث التسمم من التركيزات العالية من المنجنيز بزيادته لجذور الأيدروكسيد hydroxyl radical (أو OH.) فى الجُدُر الخلوية بالأوراق. وقد وُجد أن إضافة السيليكون للمحلول المغذى ذات التركيز العالى من المنجنيز (١٠٠ ميكرومول) أدى إلى اختفاء أعراض التسمم من المنجنيز بأوراق الخيار، وحدث انخفاض جوهرى فى تركيز المنجنيز الحر Mn^{2+} وفوق أكسيد الأيدروجين بالجدر الخلوية لأوراق النباتات على الرغم من استمرار ارتفاع محتوى المنجنيز بالأوراق (Maksimovic وآخرون ٢٠١٢).

سمية الألومنيوم

وجد أنه فى ظروف نقص البورون تزداد قوة ارتباط الألومنيوم بالبكتين فى الجدر الخلوية للقمة النامية الجذرية فى الفاصوليا؛ الأمر الذى يؤخر الإفلات من شدِّ الألومنيوم، الذى يحدث بفعل إفرازات الجذور من حامض الستريك؛ وهو ما يفسر زيادة الحساسية للألومنيوم فى جذور الفاصوليا عند نقص البورون (Stass وآخرون ٢٠٠٧).

سمية البورون

تؤدى زيادة مستوى البورون فى بيئة زراعة الطماطم إلى حث تكوين العناصر المحبة للأكسدة فى الأوراق، ومن ثم ظهور أضرار الأكسدة (Cervilla وآخرون ٢٠٠٧).

وأدت زيادة البورون حتى ٢ ملى مول B إلى تثبيط نمو جذور الطماطم وزيادة تركيز العنصر بالأوراق، بينما لم تُحدث تلك الزيادة فى البورون الميسر أى أضرار أكسدة أو أى أضرار للأغشية البلازمية (Cervilla وآخرون ٢٠٠٩).

تقسيم المحاصيل الزراعية حسب تحملها للبورون

تُقسم المحاصيل الزراعية (الخضر والفاكهة والزهور ونباتات الزينة والمحاصيل الحقلية) حسب تحملها للبورون إلى خمس مجموعات كما يظهر فى جدول (١٠-٨) (عن USDA ٢٠٠٧).

جدول (١٠-٨): تقسم محاصيل الخضر والفاكهة والزينة والمحاصيل الحقلية حسب تحملها لزيادة البورون.

الفئة	المحصول	الحد الأقصى الذى يمكن تحمله (جم/لتر)	النقص فى المحصول مع كل زيادة قدرها ملليجرام واحد/لتر (%)
شديدة الحساسية	الليمون الأضاليا	< ٠,٥	-
	نباتات الزينة :		
	Oregon grape *Mahonia aquifolium*	< ٠,٥	-
	Photinia *fraserix Photinia*	< ٠,٥	-
	Xylosma *Xylosma congestum*	< ٠,٥	-
	Thorny elaeagnus *Elaeagnus pungens*	< ٠,٥	-
	Laurustinus *Viburnum tinus*	< ٠,٥	-
	Wax-leaf privet *Ligustrum japonicum*	< ٠,٥	-
	Pineapple guava *Feijoa sellowiana*	< ٠,٥	-
	Spindle tree *Euonymus japonica*	< ٠,٥	-
	Jananese pittosporum *Pittosporum tobira*	< ٠,٥	-
	Chinese holly *Ilex cornuta*	< ٠,٥	-
	Juniper *Juniperus chinensis*	< ٠,٥	-
	Yellow sage *Lantana camara*	< ٠,٥	-
	America elm *Ulmus americana*	< ٠,٥	-
حساسة	الأفوكادو	٠,٥ - ٠,٧٥	-
	الجريب فروت	٠,٥ - ٠,٧٥	-
	البرتقال	٠,٥ - ٠,٧٥	-
	المشمش	٠,٥ - ٠,٧٥	-
	الخوخ	٠,٥ - ٠,٧٥	-
	الكريز	٠,٥ - ٠,٧٥	-
	البرقوق	٠,٥ - ٠,٧٥	-
	البرسيمون	٠,٥ - ٠,٧٥	-
	التين	٠,٥ - ٠,٧٥	-
	العنب	٠,٥ - ٠,٧٥	-

يتبع

تابع جدول (١٠-٨)

الفئة	المحصول	الحد الأقصى الذي يمكن تحمله (مجم/لتر)	النقص في المحصول مع كل زيادة قدرها ملليجرام واحد /لتر (%)
	الجوز	٠,٥ -٠,٧٥	-
	البيكان	٠,٥ -٠,٧٥	-
	البصل	٠,٥ -٠,٧٥	-
	الثوم	٠,٧٥ -١,٠	-
	البطاطا	٠,٧٥ -١,٠	-
	القمح	٠,٧٥ -١,٠	٣,٣
	دوار الشمس	٠,٧٥ -١,٠	-
	فاصوليا المنج	٠,٧٥ -١,٠	-
	السمسم	٠,٧٥ -١,٠	-
	الترمس	٠,٧٥ -١,٠	-
	الفراولة	٠,٧٥ -١,٠	-
	الطرطوفة	٠,٧٥ -١,٠	-
	الفاصوليا الجافة	٠,٧٥ -١,٠	-
	الفاصوليا الخضراء	١,٠	١٢
	فاصوليا الليما	٠,٧٥ -١,٠	-
	الفول السوداني	٠,٧٥ -١,٠	-
	نباتات الزينة :		
	Zinnia *Zinnia eleganus*	٠,٥ -١,٠	-
	Pansy *Viola tricolor*	٠,٥ -١,٠	-
	Violet *V. odorata*	٠,٥ -١,٠	-
	Larkspur *Delphinium* sp.	٠,٥ -١,٠	-
	Glossy albelia *Abelia x grandiflora*	٠,٥ -١,٠	-
	Rosemary *Rosmarinus officinalis*	٠,٥ -١,٠	-
	Oriental arborvitae *Platyycladus orientalis*	٠,٥ -١,٠	-
	Geranium *Pelargonium x hortorum*	٠,٥ -١,٠	-
متوسطة الحساسية	البروكولي	١,٠	١,٨
	الفلفل	١,٠ -٢,٠	-

يتبع

تابع جدول (١٠-٨)

الفئة	المحصول	الحد الأقصى الذى يمكن تحمله (مجم/لتر)	النقص فى المحصول مع كل زيادة قدرها ملليجرام واحد/لتر (%)
	البسلة	١,٠ - ٢,٠	-
	الجزر	١,٠ - ٢,٠	-
	الفجل	١,٠	١,٤
	البطاطس	١,٠ - ٢,٠	-
	الخيار	١,٠ - ٢,٠	-
	الخس	١,٣	١,٧
	نباتات الزينة :		
	Gladiolus *Gladiolus* sp.	١,٠ - ٢,٠	-
	Marigold *Calendula officinalis*	١,٠ - ٢,٠	-
	Poinsettia *Euphorbia pulcherrima*	١,٠ - ٢,٠	-
	China aster *Callistephus chinensis*	١,٠ - ٢,٠	-
	Gardenia *Gardenia* sp.	١,٠ - ٢,٠	-
	Southern yew *Podocarpus marcophyllus*	١,٠ - ٢,٠	-
	Brush cherry *Syzygium paniculatum*	١,٠ - ٢,٠	-
	Blue dracaena *Cordyline indivisa*	١,٠ - ٢,٠	-
	Ceniza *Leucophyllus frutescens*	١,٠ - ٢,٠	-
متوسطة التحمل	الكرنب	٢,٠ - ٤,٠	-
	اللفت	٢,٠ - ٤٠,٠	-
	الشعير	٣,٤	٤,٤
	اللوبيا	٢,٥	١٢
	الشوفان	٢,٠ - ٤,٠	-
	الذرة الشامية	٢,٠ - ٤,٠	-
	الخرشوف	٢,٠ - ٤,٠	-
	التبغ	٢,٠ - ٤,٠	-
	المسترد	٢,٠ - ٤,٠	-
	الكوسة	٢,٠ - ٤,٠	-

يتبع

تابع (جدول ١٠-٨)

الفئة	المحصول	الحد الأقصى الذى يمكن تحمله (مجم/لتر)	النقص فى المحصول مع كل زيادة قدرها ملليجرام واحد/لتر (%)
	الكنتالوب	٢,٠ -٤,٠	-
	القنبيط	٤,٠	١,٩
	نباتات الزينة:		
	Bottlebrush *Callistemon citrinus*	٢,٠ -٤,٠	-
	California poppy *Escholzia californica*	٢,٠ -٤,٠	-
	Japanese boxwood *Buxus microphylla*	٢,٠ -٤,٠	-
	Oleander *Nerium oleander*	٢,٠ -٤,٠	-
	Chinese hibiscus *Hibiscus rosa-senensis*	٢,٠ -٤,٠	-
	Sweet pea *Lathyrus odoratus*	٢,٠ -٤,٠	-
	Carnation *Dianthus caryophyllus*	٢,٠ -٤,٠	-
متحملة	البرسيم الحجازى	٤,٠ -٦,٠	-
	البقدونس	٤,٠ -٦,٠	-
	بنجر المائدة	٤,٠ -٦,٠	-
	بنجر السكر	٤,٩	٤,١
	الطماطم	٥,٧	٣,٤
	السورجم	٧,٤	٤,٧
	القطن	٦,٠ -١٠,٠	-
	الكرفس	٩,٨	٣,٢
	الأسبرجس	١٠,٠ -١٥,٠	-
	نباتات الزينة:		
	Indian hawthorn *Raphiolepis indica*	٦,٠ -٨,٠	-
	Natal plum *Carissa grandiflora*	٦,٠ -٨,٠	-
	Oxalis *Oxalis bowiei*	٦,٠ -٨,٠	-

وسائل التغلب على سمية البورون

زيادة التسمير الفوسفاتى

تؤدى زيادة تيسر البورون للطماطم إلى خفض الوزن الجاف للنباتات ومحتواها من

الكلوروفيل، إلاّ أن زيادة مستوى الفوسفور الميسر إلى ٠,٥ أو ١ ملل مول P — مع وجود مستوى عالٍ من البورون — أدت إلى زيادة الوزن الجاف للنباتات ومحصول الثمار والمحتوى الكلوروفيلى، مقارنة بزيادة البورون منفردًا (Kaya وآخرون ٢٠٠٩).

المعاملة بالسيليكون

تُفيد المعاملة بالسيليكون فى الحد من سمية البورون، بمنعه للضرر التأكسدى للأغشية الخلوية، ولانتقال البورون من الجذور إلى النموات الخضرية (Gunes وآخرون ٢٠٠٧).

التطعيم

عندما طُعِّم صنف الكنتالوب Arava على الأصل التجارى TZ-148 للهجين النوعى: *C. maxima* x *C. moschata* وكان الرى بمياه تراوح فيها تركيز البورون بين ٠,١، و١٠,٤ مجم/لتر .. ازداد تركيز البورون فى النباتات خطيًّا مع تركيزه فى ماء الرى، وكان أعلى تركيز فى الأوراق المسنة، وأقل تركيز فى الثمار، بينما كان تركيز العنصر وسطًا فى الجذور. وكان تركيز البورون — بصورة عامة — أقل جوهريًّا فى النباتات المطعومة عما فى نباتات الكنترول (غير المطعومة)، وربما كان مرد ذلك إلى أن جذور الأصل كانت أكثر اختيارية وأقل امتصاصًا للبورون عن جذور الكنتالوب. هذا.. وقد انخفض محصول الثمار وتراكم الوزن الجاف فى النموات الخضرية خطيًّا مع زيادة البورون فى ماء الرى، وكانت النباتات غير المطعومة أكثر حساسية لمستوى البورون عن النباتات المطعومة (Edelstein وآخرون ٢٠٠٧).