مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (40) العدد (5) 2018
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (40) No. (5) 2018

تأثير نسب الكالسيوم: المغنيزيوم والبوتاسيوم في معايير الإنتاجية لنبات البندورة والإنتاج القابل للتسويق في الزراعة المائية المحمية

د. غياث أحمد علوش[1]
سارة سركو[2]

(تاريخ الإيداع 28 / 7 / 2018. قبل للنشر في 16 / 9 / 2018)

□ ملخّص □

أجريت التجربة في بيت بلاستكي وذلك بزراعة نباتات البندورة في الرمل وتغذيتها بمحاليل غذائية بهدف دراسة تأثير نسب متباينة من الـ Mg:Ca و K في معايير الإنتاجية والإنتاج القابل للتسويق. تضمنت الدراسة أربع نسب من الـ Mg:Ca (6:4، 5:5، 2.5:7.5، و 0.5:10 ميليمول/ليتر) في المحلول الغذائي، وبوجود ثلاثة تراكيز من البوتاسيوم (0.5، 3، و 4.5 ميليمول)، ونتج عن ذلك 12 معاملة وثلاثة مكررات لكل منها.

على الرغم من زيادة حجم ووزن الثمار بزيادة نسبة الـ Mg:Ca وتركيز البوتاسيوم في المحلول الغذائي، إلا أن الزيادة الحاصلة في عدد الثمار على النبات تبعاً لزيادة نسبة الـ Mg:Ca في المحلول الغذائي حتى النسبة (5:5)، وكذلك بزيادة تركيز البوتاسيوم إلى 3 ميليمول حيث بلغ عدد الثمار 49 ثمرة/نبات حتى العنقود الثمري الخامس، كانت العامل الأهم المحدد للزيادة الحاصلة في الإنتاجية وكذلك في كمية المحصول القابل للتسويق. لقد بلغت أعلى كمية إنتاج كلي من الثمار 4.72 كغ/نبات (محصول 5 عناقيد ثمرية) في معاملة الـ Mg:Ca (2.5:7.5) وتركيز 3 ميليمول من البوتاسيوم. أكثر الأعراض الفيزيولوجية انتشاراً على الثمار كان تبقع الأكتاف والذي ارتبط بشكل مباشر بالتراكيز المنخفضة من البوتاسيوم في وسط النمو، مما أثر سلباً على كمية المحصول القابل للتسويق.

الكلمات المفتاحية: البندورة– الانتاجية– المحصول القابل للتسويق– تبقع الأكتاف.

[1] أستاذ – قسم علوم التربة والمياه – كلية الزراعة – جامعة تشرين – اللاذقية– سورية
[2] طالبة دراسات عليا لدرجة الماجستير – قسم علوم التربة والمياه – كلية الزراعة – جامعة تشرين – اللاذقية– سورية

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (40) العدد (5) 2018
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (40) No. (5) 2018

The Effect of Calcium:Magnesium and Potassium Ratios on Productivity Parameters and Marketable Tomato Fruits Grown in Greenhouse Nutrient culture

Dr. Ghiath Ahmad Alloush[3]
Sara Sarko[4]

(Received 28 / 7 / 2018. Accepted 16 / 9 /2018)

□ ABSTRACT □

An experiment was conducted in a greenhouse growing tomato plant in sand nutrient culture with variable ratios of Ca:Mg and potassium in the nutrient solution. The aim was to evaluate productivity parameters and marketable fruit production. The experiment consisted of four Ca:Mg ratios (4:6, 5:5, 7.5:2.5, and 10:0.5 mM/L^{-1}), along with three K concentrations 0.5, 3, and 4.5 mM/L^{-1} in the nutrient solution. There were 12 treatment each has three replicates.

In spite of the increase in weight and volume of fruits with increasing Ca:Mg ratios and potassium concentrations, the increase in fruit number on the plant with increasing Ca:Mg ratio to (5:5) and 6 mM K has the main effect on plant productivity and marketable fruits. In this treatment plants produced 49 fruit/plant resulted from 5 fruit punches. Most of the physiological disorder symptoms spread on fruits was blotchy shoulders, which was associated directly with low potassium concentration in the growth medium, which negatively influenced the marketable fruit production.

[3] **Professor at the Department of Soil and Water Sciences, Faculty of Agriculture, Tishreen University**
[4] **Post graduate student for Master degree, Department of Soil and Water Sciences, Faculty of Agriculture, Tishreen University**

مقدمة:

يعتبر محصول البندورة من المحاصيل المتطلبة للأسمدة الأساسية (Badr *et al*., 2010, Samaila *et al*., 2011) خلال مرحلة النمو الخضري وخلال مرحلة حمل الثمار ونموها (Halbrooks and Wilcox, 1980, Jones, 1999). ولذلك كان التسميد ونسب العناصر موضوعاً لعدد كبير من الدراسات، حيث تمت دراسة تأثير العناصر الغذائية الكبرى والصغرى على الإنتاج وتطور النبات (Pujos and Morard, 1997; Xiuming and Papadopoulis, 2004) كذلك نوعية الثمار (Taylor and Locascio, 2004; Moigradean *et al*., 2007). عموماً نقص عناصر محددة ليس محصوراً ببرامج التسميد وإنما بسبب التضاد بين هذه العناصر، حيث أن هذه العناصر تتداخل مع بعضها بقوة خلال عملية الامتصاص (Voogt, 1998)، هذا ما يخفض النمو والإنتاج ونوعية ثمار البندورة. على أية حال هناك بعض الاضطرابات الفيزيولوجية التي تحصل بالرغم من برامج التسميد الجيدة كما في حالة تعفن الطرف الزهري Blossom-end rot (BER) ، تبقع النضج blotchy ripening (BR)، وجه القطة catfacing (CF)، تشقق الثمار fruit cracking (FC). لذلك كان باحثو تغذية النبات بمواجهة تحدي جديد وهو المساعدة على فهم العلاقة بين الكالسيوم والبوتاسيوم والمغنيزيوم وحدوث اضطرابات فيزيولوجية في الثمار.

تحتاج البندورة لمتطلبات معتبرة من البوتاسيوم مقارنة بباقي العناصر الغذائية (Winsor *et al*., 1957)، وهذه أيضاً أكثر مما تحتاجه بقية النباتات (Lucas, 1968). إن تراكيز من الـ K من 4.6–7.2 و9.7 mM في المحلول الغذائي، خفض عدد الثمار ذات الألوان المتفاوتة لـ 40.21 و12% على التوالي (Gormely and Mayer, 1990; Dorais *et al*., 2001). أما Voogt و Sonneveld (1997) فقد أشارا إلى أن التركيز المتوسط لكي نحصل على إنتاج أمثل ونوعية جيدة هو 6.1 mM. في الزراعات المائية، مستويات K في المحلول يجب أن تتراوح بين 2.56–5.12 Mm (Jones, 1999). Zhang وآخرون (2009) وجدوا أن الثمار الخضراء وتعفن الطرف الزهري في المحصول تتناقص مع زيادة البوتاسيوم، ويزيد من المحصول المسوق.

إن إضافة البوتاسيوم بالتركيز الأمثل في المحلول الغذائي لنباتات البندورة المزروعة بدون تربة زاد من نسبة العقد والإنتاجية ومتوسط وزن الثمرة (Hong-Mei *et al*., 2000; Li and Jie, 2007)، وقلل من إصابة الثمار بالكتف الأصفر (Gunter, 2010). وجدت علاقة ايجابية بين زيادة معدلات البوتاسيوم ووزن الثمار وعدد الاوراق والثمار، وكان ثلثي صافي الامتصاص مخصصاً للثمار (Hidetosh, 2007). وأوضحت نتائج Xiao-Yan وآخرون (2005) أن تزويد نباتات البندورة بالبوتاسيوم أدى إلى زيادة الإنتاج بمقدار 15.71 %.

البوتاسيوم والكالسيوم والمغنيزيوم عناصر أساسية لإنتاج البندورة ونقص هذه العناصر يحدث بسبب قلة التغذية أو بسبب تأثير التضاد بينها وهذا ما يخفض النمو والمحصول ونوعية ثمار البندورة . وجد Olsen (1943) أن النباتات المزروعة بمحلول غذائي ذات محتوى منخفض من البوتاسيوم ومستويات مختلفة من الكالسيوم تؤدي لتقليل كمية المادة الجافة عندما تزداد تراكيز الكالسيوم فوق القيمة المثلى. فالبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيزيوم هي عناصر أساسية لإنتاج البندورة ونقص هذه العناصر يحدث بسبب قلة التغذية أو بسبب تأثير التضاد بينها وهذا ما يخفض النمو وكمية المحصول ونوعية ثمار البندورة . عموما نقص عناصر محددة ليس محصوراً ببرامج التسميد وإنما بسبب التضاد بين هذه العناصر، حيث أن هذه العناصر تتداخل مع بعضها بقوة خلال عملية الامتصاص (Voogt, 1998)، وهذا ما يخفض النمو ونوعية البندورة . فنقص العنصر ليس بسبب عدم توفر ما يكفي من العنصر الغذائي (Grunes *et al*., 1968; Johansson and Hahlin, 1977; Omar and Kobbia, 1966; Prince *et al*., 1947). التراكيز

الكافية للكالسيوم في التربة أو في المحلول الغذائي مهمة، لكن كثير من الكاتيونات الأساسية تتعارض مع امتصاص الكالسيوم (Barber, 1995). في عمليات امتصاص العناصر الغذائية، تتضاد Ca,Mg,K بقوة (Voogt, 1998) مسببة نقص أو انخفاض امتصاص العنصر. Mg قد يعيق بقوة امتصاص Ca و K ، والتي بدورها تعيق امتصاص ونقل Mg من الجذور للأجزاء العليا للنبات (Schimanski, 1981). وفقاً لـ Bergmann (1992)، مستويات K العالية تسبب ضرر غير مباشر عبر إحداث نقص Mg و Ca. كذلك فإن Paiva وآخرون (1998) أشاروا إلى أن مستويات البوتاسيوم و المغنزيوم تقل مع زيادة تراكيز الكالسيوم في المحلول الغذائي. نسب العالية K:Ca ونسبة K+Mg :Ca في الثمار، وببعض الأحيان في الأوراق له علاقة بـ BER بالبندورة (Bergmann, 1992). تراكيز الـ Ca العالية (7.5mM) في المحلول الغذائي تعطي محصول كلي عالي، ثمار كبيرة، نسبة عالية من الثمار المسوقة مقارنة بتراكيز منخفضة من الـ Ca (3.5mM). التغذية غير الكافية من Mg تؤدي إلى تأخير الإثمار (Ward and Miller, 1969)، وتزيد مستويات المغنيزيوم العالية في المحلول الغذائي تراكيز المغنيزيوم في النبات وتنقص المادة الجافة للثمار (Gunes *et al.*, 1998).

أهمية البحث وأهدافه

تعتبر زراعة البندورة من الزراعات الشائعة والمهمة في البيوت المحمية في الساحل السوري، غالبا ما تتم ملاحظة عدد من الأمراض الفيزيولوجية على ثمار البندورة مثل النضج المتبقع وتشقق الثمار وتشوهها (وجه القطة) وتعفن الطرف الزهري وغيرها والتي بمعظمها تعود إلى الخلل في مستويات التغذية من العناصر الغذائية (Ca, K, Mg) وذلك نتيجة التضاد بين هذه العناصر، لذلك تأمينها على النحو الأمثل سيعطي إنتاج عالي ونوعية جيدة. إن الإدارة الجيدة للعناصر الغذائية ستقدم تراكيز كافية من هذه العناصر الغذائية للنبات بدون إحداث نقص أو سمية، على ما يبدو، المفتاح لتقليل حدوث الأمراض وإنتاج محصول عالي القيمة التسويقية.

ونجمل أهداف البحث بما يلي:

1. دراسة العلاقة بين نسب البوتاسيوم، الكالسيوم والمغنيزيوم والأمراض الفيزيولوجية.
2. دراسة تأثير نسب العناصر في إنتاجية البندورة، وفي خصائصها التسويقية.

طرائق البحث ومواده

1- مواد البحث:

الصنف المزروع: استخدم في البحث هجين البندورة شانون Shannon وهو من الهجن غير محدودة النمو الملائمة للزراعة المحمية، ارتفاع النبات يصل لحدود (1.8-2.1م)، ويمتد بحدود (60-90 سم) عرضا، يحتاج للشمس الكاملة للنمو، شكل الثمار ثابتة مفلطحة، وحجمها متوسط، يحتاج النبات 69-80 يوم لنضج الثمار، وتم اعتماد هذا الهجين في الدراسة بسبب انتشار زراعته في الساحل السوري.

المحاليل الغذائية المستخدمة في التجربة: تم تحضير محاليل غذائية تحوي على العناصر الغذائية الكبرى والصغرى التي يحتاجها النبات، وذلك ابتداءً من محاليل أم حيث احتوت المحاليل الغذائية الكاملة الطازجة على التراكيز التالية: $Ca(NO_3)_2$ 1mM؛ $Mg(NO_3)_2$ 1mM ، $MgSO_4$ 1mM ؛ $NH_4H_2PO_4$ 1mM؛ K_2SO_4 0.5mM، Fe-EDTA 0.1mM؛ أما بالنسبة للعناصر النادرة B, Mo, Cu, Zn, Mn فقد تم تزويدها

وفقا لتركيب محلول Long Ashton (Hewitt, 1966). المحاليل الغذائية تم تحضيرها باستخدام ماء مقطر منزوع الشوارد. تم استخدام المركبات $CaSO_4$، $MgSO_4$ و K_2SO_4 للحصول على النسب المطلوبة من K:Mg:Ca في المحلول الغذائي.

وسط الزراعة: تم زراعة النباتات في أصص معبأة برمل تم جمعه من منطقة وادي قنديل غير كلسي (< 2 مم)، تم غسله جيداً بالماء للتخلص من الشوائب الطينية والملوحة وأصبح ماء الغسيل ذو قيمة EC مشابهة لقيمها في الماء المستخدم في الغسيل.

2- موقع تنفيذ البحث: نفذ البحث في مشتل جامعة تشرين، حيث زرعت الشتول في بيت بلاستيكي تم إعداده مسبقا، غير مدفأ، وتمت التهوية عن طريق الأبواب والفتحات الجانبية.

3- تصميم التجربة والمعاملات: يتكون تصميم التجربة من 3 مكررات لكل معاملة ووضعت النباتات بمسافة 0.4 م بين النباتات في صفوف مزدوجة مع 1م بين الصفوف، الموافقة لما يقارب 25000 نبات/هكتار. تضمنت التجربة أربع نسب من الـ Mg:Ca (0.5:10, 2.5:7.5, 5:5 ,6:4 mmol/l) جنباً إلى جنب مع ثلاث نسب من البوتاسيوم (0.5 , 3 , 4.5 mmol/l) (جدول 1). تم ضبط درجة الـ pH لكافة المحاليل الغذائية للمعاملات المختلفة الى 5.8-6 باستخدام محلول (N1 HCl).

جدول 1: المعاملات ونسب الكالسيوم والبوتاسيوم والمغنيزيوم في المحلول الغذائي.

K	Mg	Ca	المعاملة K:Mg:Ca
0.5	6	4	0.5:6:4
3	6	4	3:6:4
4.5	6	4	4.5:6:4
0.5	5	5	0.5:5:5
3	5	5	3:5:5
4.5	5	5	4.5:5:5
0.5	2.5	7.5	0.5:2.5:7.5
3	2.5	7.5	3:2.5:7.5
4.5	2.5	7.5	4.5:2.5:7.5
0.5	0.5	10	0.5:0.5:10
3	0.5	10	3:0.5:10
4.5	0.5	10	4.5:0.5:10

4- زراعة الشتول والعناية بالتجربة: تم نقل شتول البندورة (*Lycopersicon esculantum* L.) للصنف Shannon متجانسة من حيث الحجم إلى أصص معبأة بالرمل سعة 5 ليتر بتاريخ 10-3-2015، ووضع أسفل كل أصيص وعاء يتسع لترين من المحلول الغذائي. ربط الجذع الرئيسي للنبات بسلك وحيد وسمح له بالنمو حتى العنقود الزهري الخامس حيث تمت عملية تطويش القمة النامية. أعطيت الأصص كمية فائضة من المحلول الغذائي ويتجمع الفائض منه عن حمولة الأصيص في الوعاء المخصص لهذه الغاية والموضوع أسفل الأصيص. تمت إعادة تدوير المحاليل الغذائية من خلال الأصيص مرتين يومياً في بداية نمو النبات و 3 مرات مع تقدم النباتات في العمر وزيادة حجمها. كما تم تعويض الماء الفاقد بسبب التبخر يومياً بماء مقطر للحفاظ على تراكيز ثابتة من العناصر الغذائية،

وتمت عملية تبديل المحلول الغذائي بمحلول طازج كلياً كل أسبوع. في بداية التجربة تمت السقاية بمحلول غذائي يحوي نصف تركيز العناصر الغذائية وذلك لمدة أسبوع لتلافي الصدمة الأسموزية للجذور.

تم قياس الـ pH و الـ EC في المحلول الغذائي المتجمع في الأوعية أسفل الأصص كل يومين وتم إعادة الـ pH إلى القيمة الأساسية 5.8–6 بالمعايرة بحمض HCl (1 N)، وفي حال تجاوز قيم الـ EC = 4 ميليموس كان يتم إجراء غسيل للأصص بالماء منزوع الشوارد (EC = 190 ميكروموس)، ومن ثم العودة للسقاية بالمحاليل الغذائية. تمت هذه العملية مرة أسبوعياً بعد شهر من بداية التجربة وحتى نهاية التجربة حيث أصبحت النباتات كبيرة وارتفعت درجات الحرارة خلال شهري نيسان وأيار الأمر الذي زاد من عمليتي النتح والتبخر. تجدر الإشارة إلى أن قيم الـ EC للمحاليل الغذائية الأولية الطازجة قد تراوحت بين 1.9 و 2.8 ميليموس وذلك حسب المعاملة.

تمت الوقاية من الإصابات المرضية بالرش بمبيدات فطرية لتجنب الإصابة باللفحة المبكرة، ومبيدات حشرية (للدودة القارضة) بشكل دوري كل 15 يوم .كما تم إعطاء مثبت عقد للأزهار كل 5 أيام. خلال التجربة تم تفقد النباتات بانتظام للبحث عن الأمراض الفيزيولوجية (وجه القطة ، تعفن الطرف الزهري ،تبقع النضج، تشقق الثمار). قمنا بأول حصاد للثمار الطازجة بتاريخ 4–6–2015 وذلك بعد وصولها للنضج المناسب حيث تم جمع الثمار وإجراء القياسات الكمية لمعايير الإنتاجية والتسويق.

5– الخصائص المدروسة:

الخصائص الكمية للثمار: تضمنت تسجيل وزن كل ثمرة باستخدام ميزان دقيق تبعاً للعنقود الثمري، قياس القطرين الطولي والعرضي للثمرة، وقياس حجم الثمرة بطريقة الإزاحة للماء في اسطوانة مدرجة.

الخصائص الشكلية للثمار: وتضمنت فحص الثمار وتسجيل إصابتها بأي مرض فيزيولوجي (وجه القطة، تعفن الطرف الزهري، تبقع النضج، تشقق الثمار) لتحديد حدوث هذه الأمراض.

كم تم تصنيف الثمار حسب الحجم (Jones, 1999) حيث تم تقسيمها حسب قطرها إلى أربعة أقسام: تدريجة 1 (>67mm) ، تدريجة 2 (54-67mm) ، تدريجة 3 (47-54mm) ، تدريجة 4 (<47mm).

كمية المحصول المسوق :

تم حساب المحصول المسوق من كتلة الثمار الكلية منقوصاً منه محصول الثمار المتأثرة بالأمراض الفيزيولوجية بالإضافة للثمار ذات التدريجة 4 والتي تعتبر تحت الحجم التسويقي.

6–2 التحليل الإحصائي:

خضعت معطيات التجربة لتحليل التباين العام (ANOVA) على أساس أن مصدر التباين هو مستويات (Mg:Ca) و (K) والتأثير المتبادل بينها (K x Mg:Ca). كما وتم أيضا حساب فصل المتوسطات وتحديد قيمة أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى معنوية 5% (Little and Hills, 1978) وذلك باستخدام البرنامج الاحصائي SAS (SAS Institute, 1999) .

النتائج والمناقشة:

تأثير نسب الـ Mg:Ca في حجم ثمار البندورة ونموها:

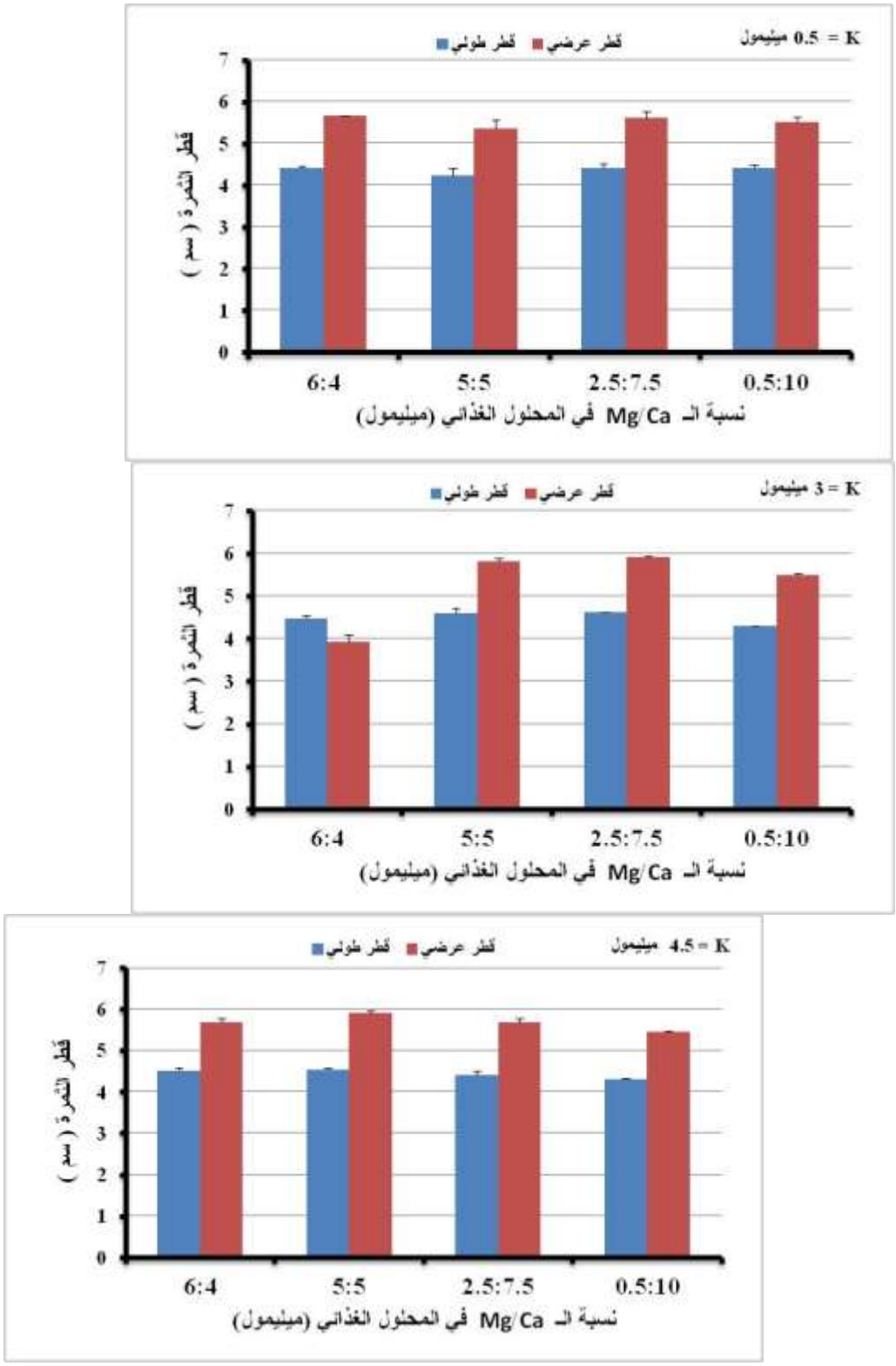
تسارع نمو نباتات البندورة في الصنف المدروس (شانون) في بيئة المحاليل الغذائية التي تتوفر فيها جميع العناصر الغذائية مع اختلاف الكالسيوم، البوتاسيوم والمغنيزيوم بين المعاملات المدروسة، وعند وصول النباتات للنضج المناسب تم حصاد الثمار وتقدير عدد من صفات هذه الثمار.

إن حجم الثمرة هو نتاج نموها القطري الطولي والعرضي حيث تميزت ثمار الصنف Shanon بأنها ذات قطر عرضي أكبر من القطر الطولي (شكل 1)، ولكن لا يزيد الفرق بينهما بأكثر الحالات عن 1.5 سم مما يجعل الثمار مفلطحة قليلاً. يبلغ متوسط القطر الطولي بحدود 4.5 سم والقطر العرضي بحدود 5.5–6 سم وذلك بغض النظر عن تباين نسب الكالسيوم، المغنيزيوم، والبوتاسيوم في المحلول الغذائي.

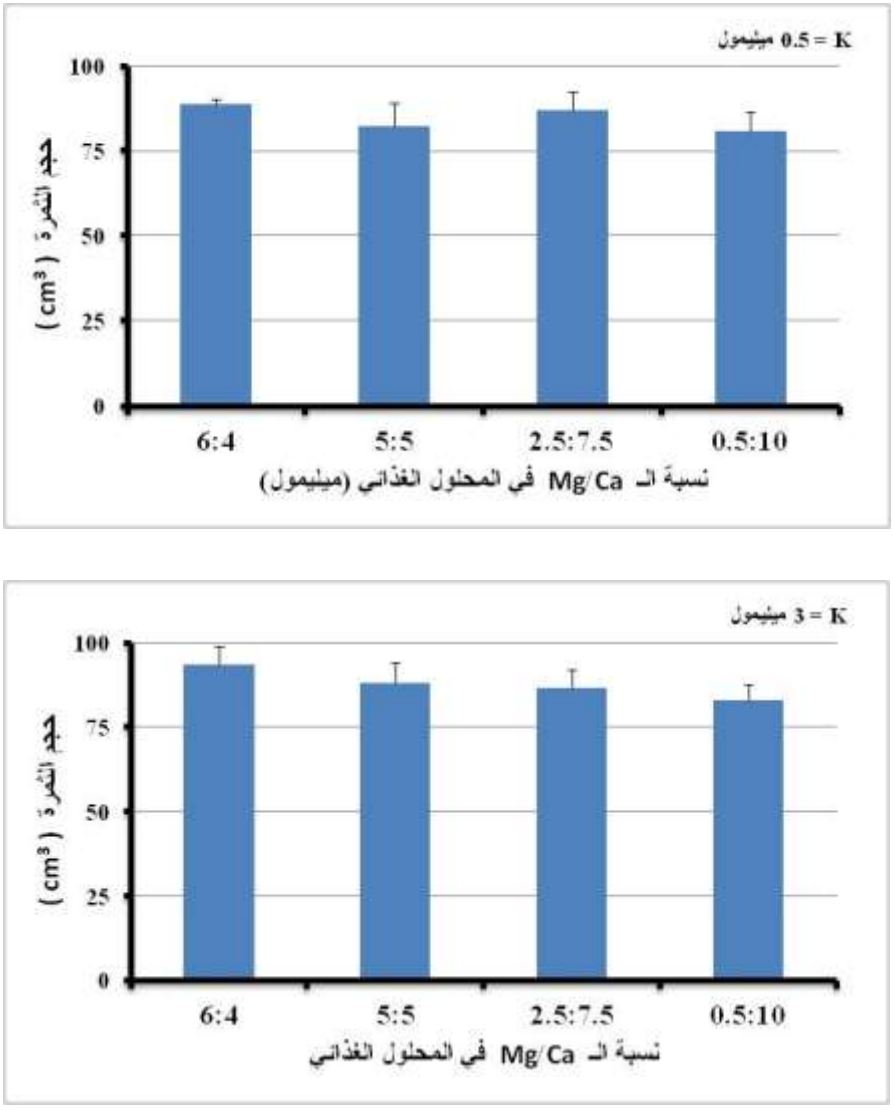
لم تظهر النتائج أن لنسبة الـ Mg:Ca في المحلول الغذائي أثراً معنوياً في القطر الطولي عند أي من مستويات البوتاسيوم 0.5، 3، و 4.5 ميليمول (شكل 1). أما بالنسبة للقطر العرضي فإنه يزداد ظاهرياً عند زيادة نسبة الـ Mg:Ca في المحلول الغذائي، وتكون هذه الزيادة أوضح ما يمكن عندما تكون تراكيز البوتاسيوم 3 ميليمول، بحيث يزداد القطر العرضي من 3.9 سم في معاملة الـ Mg:Ca (12:8) إلى 5.8 سم في معاملة الـ Mg:Ca (5:5)، و 5.9 سم في معاملة الـ Mg:Ca (2.5:7.5)، ومن ثم تتناقص قليلاً بزيادة نسبة الـ Mg:Ca إلى (0.5:10).

وعليه فإن حجم ثمار البندورة (شكل 2) قد انخفض مع زيادة نسبة Mg:Ca ، أعلى حجم للثمار تم تسجيله عند النسبة المنخفضة لـ Mg:Ca (6:4) 93.44 سم3، لم يتم تسجيل فروقات معنوية بين المعاملات 5:5 و 15:5 حيث كان حجم الثمار بحدود 88 سم3، بوجود نسب مرتفعة لـ Mg:Ca >>> 1 (0.5:10) فقد استمر الإنخفاض بالحجم بوجود فروق معنوية عن النسبة السابقة 2.5:7.5، وكان هذا الإنخفاض بمعدل 15.2% عن النسبة 6:4.

أما بالنسبة لتأثير البوتاسيوم فقد تم تسجيل فروقات معنوية بين المعاملات المدروسة، حيث أنه بزيادة تركيز البوتاسيوم في المحلول الغذائي من 0.5 ميللمول/ل الى 3 و4.5 ميللمول/ل، ازداد حجم الثمار بمعدل 3.9 و 15.2% على التوالي (شكل 2). وتجدر الإشارة إلى نمو ثمار البندورة قطرياً وبالتالي حجمها على علاقة ليس فقط بالحالة الغذائية الناتجة عن نسب العناصر الـ Ca، الـ Mg، والبوتاسيو في بيئة النمو بل أيضاً بخواص الصنف وبعدد الثمار على النبات التي سيتم أيضاحها لاحقاً.



شكل 1: تأثير نسب الـ Mg:Ca في القطر الطولي والعرضي لثمار البندورة عند مستويات متدرجة من البوتاسيوم.



شكل 2: تأثير نسب الـ Mg:Ca في حجم ثمار البندورة عند مستويات متدرجة من البوتاسيوم.

تأثير نسب الـ Mg:Ca والبوتالسيوم في عدد الثمار، وزنها وإنتاج النبات:

تتباين معايير الإنتاجية بشكل معنوي تبعاً لزيادة نسبة الكالسيوم:المغنيزيوم في المحلول الغذائي ($P\leq0.010$)، كما وتتباين معنوياً تبعاً لتركيز الـ K عند كل نسبة من الـ Mg:Ca المستخدمة في هذه التجربة ($P\leq0.001$) حيث سجل عدد الثمار على النبات في المعاملة (Mg:Ca = 6:4) 33 ثمرة/نبات عند مستوى البوتاسيوم 0.5 ميليمول/ل، وزادت إلى 39 عند زيادة تركيز الكالسيوم إلى 5 في المعاملة (Mg:Ca = 5:5)، ومن ثم لم يتغير عدد الثمار (36 و 37 ثمرة/نبات) مع زيادة نركيز الكالسيوم إلى 7.5 و 10 ميليمول/ل (جدول 2).

هنالك زيادة واضحة في عدد الثمار على النبات مع زيادة تركيز البوتاسيوم في المحلول عند نسب الـ Mg:Ca 6:4 و 5:5 و 2.5:7.5، بينما لا تكون هنالك زيادة في عدد الثمار في معاملة (Mg:Ca = 0.5:10) بزيادة تركيز البوتاسيوم في المحلول الغذائي حيث تتأرجح بين 33 و 37 ثمرة/نبات. لقد سجلت نباتات البندورة أعلى عدد ثمار على النبات الواحد في معاملة الـ Mg:Ca (2.5:7.5) حيث بلغ 47 ثمرة في معاملة 6 ميلي3ول K/ل و 44 ثمرة في معاملة 4.5 ميليمول K/ل.

تبدو هذه النتائج منسجمة مع ما حصل عليه باحثون آخرون حول تأثير الكالسيوم والبوتاسيوم في عدد الثمار على النبات. لاحظ Ilyas وآخرون (2014) أن النباتات المعاملة بـ 4% Mg و 6% Ca قد أعطت عدد ثمار أعلى من باقي المعاملات، وكذلك تحسن متوسط وزن الثمرة. وأكد هذه النتيجة (Tuna, 2007; Haox and Papadopoulos, 2003). ويشير Carvajal وآخرون (1999) إلى أن نسبة من الـ Mg:Ca أقل من 1 تسبب تناقصاً في عدد الثمار المنتجة على النبات. كما يؤدي البوتاسيوم بالتركيز المناسب (3 ميليمول) إلى زيادة عدد الثمار والإنتاجية في النبات (Varis and George, 1985).

أما بالنسبة لوزن الثمرة الواحدة فلم يتباين كثيراً تبعاً لزيادة نسبة الـ Mg:Ca في المحلول بل كانت الزيادة تبعاً لزيادة تركيز البوتاسيوم في المحلول عند كل نسبة من نسب الـ Mg:Ca (جدول 2). لقد سجلت الثمار أعلى وزن وقدره 101.1 غ في معاملة الـ Mg:Ca = 2.5:7.5 وعند تركيز 3 ميليمول من البوتاسيوم متفوقة بذلك على وزن الثمرة في المعاملة 0.5 ميليمول K (84.9 غ) وذات النسبة من الـ Mg:Ca (2.5:7.5).

يشترك كل من الكالسيوم والمغنيزيوم في وظائف الخلية مثل تنشيط الأنزيمات، استقلاب الكربوهيدرات والتركيب الضوئي، ولذلك فإن نقصها يؤدي إلى ضعف نمو الثمار وتقليل المحصول (Morarad, *et al*., 1999; Epstein, 1961). كما يزيد البوتاسيوم بالتركيز الأمثل من متوسط وزن الثمرة (Meit, *et al*., 2000; Li and Jie, 2007).

إن إنتاجية النبات من ثمار البندورة متعلقة بمعياري الإنتاجية عدد الثمار على النبات وبمتوسط وزن الثمرة. لقد تبعت إنتاجية النبات من الثمار بشكل أساسي عدد الثمار على النبات حيث كانت أقل إنتاجية 2.92 كغ/نبات في معاملة الـ Mg:Ca (6:4) وتركيز 1 ميليمول K في المحلول الغذائي، ومن ثم تزداد الإنتاجية قليلاً مع زيادة نسبة الكالسيوم في المحلول، وزيادة واضحة مع زيادة تركيز البوتاسيوم في المحلول عند كل نسبة من نسب الـ Mg:Ca حتى 2.5:7.5 حيث بلغت الإنتاجية 4.72 كغ/نبات في معاملة الـ Mg:Ca 2.5:7.5 وتركيز 3 ميليمول من البوتاسيوم في المحلول، وهي زيادة بمقدار 162% (جدول 2). إن خفض نسبة الـ Mg:Ca إلى 0.5:10 قد خفض الإنتاج إلى 2.65 كغ/نبات عند تركيز 3 ميليمول من البوتاسيوم وهو انخفاض بمعدل 44%. لقد بينت نتائج Hao و Papadopoulos (2004) في تجربة باستخدام المحاليل الغذائية تحوي تركيزين من الـ Ca 15 و 300 مغ/ل ومستويات من المغنيزيوم 20، 50 و 80 مغ/ل، أن تركيزي 300 مغ/ل من الكالسيوم مع 80 مغ/ل من المغنيزيوم قد زادت الإنتاج من ثمار

البندورة بشكل معنوي. إن نسبة الـ Mg:Ca الأمثل تحت ظروف تجربتنا هي 2.5:7.5 ميليمول/ل (Mg:Ca) وهي تعادل 300 مغ Ca : 60 مغ Mg. كما أن تزويد نبات البندورة بالبوتاسيوم قد زاد من الإنتاجية (Xiao-Yan, *et al.*, 2005)، في حين لا يؤكد Yurtseven وزملاؤه (2005) أن الزيادة التي تمت في دراستهم على إنتاج البندورة تعود لدور البوتاسيوم.

جدول 2: تأثير نسبة الكالسيوم/المغنيزيوم في الإنتاج من ثمار البندورة (الصنف Shanon) تحت تراكيز متدرجة من البوتاسيوم في المحلول الغذائي. القيم هي من خمسة عناقيد ثمرية على النبات الواحد.

نسبة Mg:Ca (ميليمول)	تركيز K (ميليمول)	عدد الثمار على النبات	وزن الثمرة (غ)	الإنتاج الكلي (كغ/نبات)
6:4	0.5	33b	87.7a	2.92b
	3	39a	94.0a	3.62a
	4.5	39a	95.7a	3.74a
$LSD_{0.05}$		4.6	9.9	0.48
5:5	0.5	39a	80.1a	3.15b
	3	38a	93.6a	3.52ab
	4.5	43a	97.7a	4.21a
$LSD_{0.05}$		7.9	23.5	0.81
2.5:7.5	0.5	33b	84.9a	2.82b
	3	47a	101.1a	4.72a
	4.5	44a	96.3a	4.22a
$LSD_{0.05}$		7.4	19.3	0.71
0.5:10	0.5	37a	79.0a	2.94a
	3	33a	80.5a	2.65a
	4.5	36a	79.7a	2.87a
$LSD_{0.05}$		6.7	13.1	0.58

تأثير نسبة الـ Mg:Ca والبوتاسيوم على تدريج ثمار البندورة والمحصول المسوق:

تخضع ثمار البندورة المنتجة إلى التدريج حيث يتم تسويق الثمار التي يكون قطرها أكبر من 47 ملم (Jones, 1999)، وذلك موزعة على ثلاث تدريجات (Classes) وذلك وفق ما يلي: Class 1 = > 67 ملم، Class 2 = 54–67 ملم، Class 2 = 47–54 ملم. لا تعتبر الثمار ذات الأقطار دون الـ 47 ملم (Class 4) قابلة للتسويق نتيجة لصغر حجمها. كما لا يتم تسويق الثمار التي تظهر عليها أعراض لأمراض فسيولوجية (تبقع الأكتاف– تبقع النضج– تشقق الثمار– عفن الطرف الزهري) أو إصابات مرضية/حشرية، لأنها ذات مظهر غير جذاب للمستهلك.

لم يتأثر معنوياً وزن الثمار من التدريجة الأولى (Class 1) بنسبة الـ Mg:Ca عند تركيز من K منخفض في المحلول الغذائي يعادل 0.5 ميليمول، ولكن يزداد وزن ثمار التدريجة الأولى مع زيادة تركيز K في المحلول الغذائي إلى 3 و

4.5 ميليمول عند كافة نسب الـ Mg:Ca، وبنسبة أقل عند نسبة 0.5:10 من الـ Mg:Ca (جدول 3). أفضل نسب لثمار التدريجة الأولى هي عند نسبة الـ Mg:Ca 2.5:7.5 وذلك عند تركيزي البوتاسيوم 3 و 4.5 ميليمول بحيث كانت 27.43 و 30.40 % من إجمالي ثمار البندورة على النبات. أما بالنسبة لتدريجة الثمار (Class 2) فكانت عموماً ذات قيم أكبر مقارنة مع كمية الثمار من التدريجة الأولى، وكذلك نسبتها إلى الإنتاج الكلي عند جميع نسب الـ Mg:Ca، مع تأثير واضح للبوتاسيوم عند التركيزين 3 و 4.5 ميليمول في زيادة كمية ونسبة التدريجة الثانية. كانت كمية ثمار التدريجة الثالثة (Class 3) منخفضة عند جميع نسب الـ Mg:Ca مع دور واضح للبوتاسيوم في زيادة كميتها ولكن قيمها تبقى أقل بكثير من تلك بالنسبة للتدريجتين 1 و 2. لقد بلغت أعلى القيم في التدريجة الرابعة 6.25 و 5.93 % من الثمار المنتجة في معاملة الـ Mg:Ca (0.5:10) وذلك عند مستويي البوتاسيوم 3 و 4.5 ميليمول.

اللافت في الأمر هو كمية الثمار التي ظهرت عليها أعراض الأمراض الفيزيولوجية لدى جميع معاملات نسب الـ Mg:Ca ، أقلها عند المعاملة 2.5:7.5 وتنخفض بشكل دراماتيكي بزيادة تركيز البوتاسيوم في المحلول من 0.5 إلى 3 أو 4.5 ميليمول/ل. فمثلاً في المعاملة (6:4 = Mg:Ca) تكون نسبة الثمار المصابة 80.5% عند تركيز 0.5 ميليمول من البوتاسيوم وتنخفض إلى 24.66 و 5.69% بزيادة تركيز البوتاسيوم إلى 3 و 4.5 ميليمول، على التوالي. لقد كانت أفضل معاملات نسب الـ Mg:Ca هي النسبة 2.5:7.5 حيث تكون نسبة الثمار المصابة 66.24 % عند تركيز K 0.5 ميليمول وتنخفض إلى 7.71 % بزيادة تركيز K إلى 3 ميليمول، وتنخفض إلى انعدام الإصابة (0 %) أي أن جميع الثمار سليمة بزيادة تركيز البوتاسيوم إلى 4.5 ميليمول/ل في المحلول الغذائي (جدول 3).

ويبين الجدول 4 توزع الإصابة بالأمراض الفيزيولوجية بحسب المرض موزعة بين تبقع أكتاف الثمار، تبقع النضج، تشقق الثمار و عفن الطرف الزهري ونسبة كل منها والذي يشير إلى شدة الإصابة.

أن أكثر الأعراض انتشاراً هي تبقع أكتاف الثمار عند جميع نسب الـ Mg:Ca بوجود تركيز منخفض من البوتاسيوم (0.5 ميليمول)، وتقل تدريجياً بزيادة تركيز البوتاسيوم في المحلول إلى 3 و 4.5 ميليمول/ل. أما أعراض تبقع النضج فقد ظهرت بشكل رئيسي في معاملة نسبة الـ Mg:Ca (0.5:10). لقد كان البوتاسيوم ذو دور إيجابي في زيادة نسبة الثمار المسوقة، وذلك لدوره في تقليل أعراض تبقع النضج الذي ظهر نتيجة نقص هذا العنصر، وأشارت نتائج Hongmei وآخرون (2001) أن ظاهرة النضج المتبقع في ثمار البندورة كانت مرتبطة بالتسميد بعنصر البوتاسيوم. إن إضافة البوتاسيوم بالتركيز الأمثل في المحلول الغذائي لنباتات البندورة المزروعة بدون تربة قد أدى لزيادة الإنتاجية، كما أدت لانخفاض نسبة حدوث النضج المتبقع (Li and Jie, 2007).

جدول 3: تأثير نسبة الكالسيوم/المغنيزيوم في التدرج التسويقي لثمار البندورة تحت تراكيز متدرجة من البوتاسيوم في المحلول الغذائي.

القيم هي من خمسة عناقيد ثمرية على النبات الواحد، والقيم بين قوسين هي للنسبة المئوية من الإنتاج الكلي.

نسبة Mg:Ca (ميليمول)	تركيز K (ميليمول)	الإنتاج الكلي (كغ/نبات)	توزع الإنتاج بين التدرجات التسويقية (كغ/نبات)				
			Class 1 67 <	Class 2 54-67	Class 3 47-54	تحت الحجم التسويقي 47 >	علائم نقص فيزيولوجية
6:4	0.5	2.92b	0.49b (1.71)	0.48b (16.30)	0.02b (0.70)	0.02a (0.77)	2.35a (80.53)
	3	3.62a	0.64a (17.84)	1.56a (43.12)	0.35a (9.56)	0.18a (4.82)	0.9b (24.66)
	4.5	3.74a	0.74a (19.81)	2.15a (57.55)	0.54a (14.56)	0.09a (2.39)	0.21c (5.69)

0.33	0.20	0.25	0.64	0.32	0.48	$LSD_{0.05}$	
2.86a (91.63)	0.01b (0.37)	0.03b (0.92)	0.25c (7.09)	0c	3.15b	0.5	5:5
0.62b (17.52)	0.16a (4.44)	0.39ab (11.16)	1.69b (48.08)	0.66b (18.8)	3.52ab	3	
0.08c (1.81)	0.10ab (2.29)	0.43a (10.14)	2.43a (57.65)	1.18a (28.1)	4.21a	4.5	
0.34	0.11	0.37	0.57	0.18	0.81	$LSD_{0.05}$	
1.88a (66.24)	0.03b (1.22)	0.06b (2.42)	0.85b (30.12)	0b	2.82b	0.5	2.5:7.5
0.36b (7.71)	0.13ab (2.67)	0.53a (11.23)	2.4a (50.96)	1.3a (27.43)	4.72a	3	
0b	0.23a (5.47)	0.53a (12.59)	2.17a (51.50)	1.29a (30.40)	4.22a	4.5	
0.79	0.13	0.26	0.56	0.52	0.71	$LSD_{0.05}$	
2.01a (69.13)	0.06b (2.24)	0.22b (7.10)	0.55b (18.49)	0.09b (3.05)	2.94a	0.5	0.5:10
0.11b (4.05)	0.17a (6.25)	0.48ab (17.96)	1.77a (67.01)	0.13b (4.72)	2.64a	3	
0.03b (0.95)	0.17a (5.93)	0.60a (21.02)	1.81a (62.80)	0.27a (9.30)	2.87a	4.5	
0.34	0.07	0.36	0.39	0.11	0.58	$LSD_{0.05}$	

جدول 4: تأثير نسبة الـ Mg:Ca في عدد الإصابات بالأمراض الفيزيولوجية على ثمار البندورة تحت تراكيز متدرجة من البوتاسيوم في المحلول الغذائي. القيم هي من المعاملة المؤلفة من ثلاث نباتات على كل منها خمسة عناقيد ثمرية. القيم بين قوسين هي للنسبة المئوية من العدد الكلي.

عدد الثمار المصابة بحسب كل مرض				عدد الثمار المصابة	عدد الثمار الكلية	تركيز K (ميليمول)	نسبة Mg:Ca (ميليمول)
عفن الطرف الزهري	تشقق الثمار	تبقع النضج	تبقع الأكتاف				
7 (7.0)	2 (2.0)	-	72 (72)	81 (81)	100	0.5	6:4
1 (0.9)	-	-	23 (19.5)	24 (20.34)	118	3	
6 (5.1)	-	-	-	6 (5.14)	117	4.5	
-	-	-	109 (92.4)	109 (92.4)	118	0.5	5:5
-	-	-	20 (17.7)	20 (17.7)	113	3	

-	1 (0.8)	-	1 (0.8)	2 (1.54)	130	4.5	
-	4 (4.0)	-	67 (67)	71 (71)	100	0.5	2.5:7.5
-	-	-	11 (7.9)	11 (7.9)	140	3	
-	-	-	-	-	132	4.5	
-	8 (7.1)	-	72 (64.3)	80 (71.4)	112	0.5	0.5:10
-	1 (1.0)	2 (2.0)	-	3 (3.0)	99	3	
-	1 (0.9)	-	-	1 (0.9)	108	4.5	

لقد انحصرت أعراض عفن الطرف الزهري (BER) في المعاملة التي يكون فيها تركيز الكالسيوم منخفضاً مقارنة بالمغنيزيوم (Mg:Ca = 6:4)، وذلك بغض النظر عن تركيز البوتاسيوم في المحلول 0.5، 3، أو 4.5 ميليمول/ل حيث وصلت نسبة الإصابة بعفن الطرف الزهري إلى 7% من عدد الثمار في هذه المعاملة. حيث أن الثمار المتأثرة بعفن الطرف الزهري تكون دائما ذات محتوى منخفض من الكالسيوم مقارنة بالثمار الطبيعية (Suare, 2001)، وأن أي عامل يعيق أو يقلل من نقل الكالسيوم إلى الثمار يزيد من احتمال حدوث الـ BER (Ho *et al*., 1999). كما لاحظ Franco وآخرون (1999) أن نسب Ca:Mg في التربة والناتجة عن وجود مستويات مغنيزيوم عالية في مياه الري قد تسببت بحدوث الـ BER بشكل كبير، حيث أن التضاد بين هذين العنصرين يمكن أن يكون مسؤولاً بشكل جزئي عن تطور الـ BER ، وهذا ما يؤدي لتقليل المحصول المسوق.

Charles و Jeffery (1983) درسا تأثير الكالسيوم والمغنيزيوم على الإنتاج، وأظهرت النتائج أن محصول الثمار المسوق كان أقل بوجود 100% $Ca(OH)_2$ أو 100% MgO ، وأن أعلى محصول مسوق قد أعتمد على مجال ضيق لنسبة الكالسيوم/المغنيزيوم. إن BER هو خلل مرتبط بنقص الكالسوم (Suare, 2001) . أي عامل يعيق امتصاص أو يقلل من نقل الكالسيوم إلى الثمار يزيد من احتمال حدوث الـ BER (Ho *et al*., 1999). العديد من الدراسات اقترحت أن الـ Ca يمكن أن يتضاد بقوة مع بقية العناصر مثل K, Mg, NH_4 مسببة نقص الـ Ca بشكل موضعي في الثمار وتحفيز حدوث BER بشكل غير مباشر (Ho *et al*., 1995; Marcelis and Ho, 1998; Saure, 2000).

لم يكن هناك علاقة واضحة بين نسبة Mg:Ca وتشقق الثمار الذي قد لا يكون خلل فيزيولوجي، يعزى ظهور الشقوق نتيجة السقاية المتكررة التي قد تزيد من حدوث الشقوق (Peet and Willits, 1995).

تأثير نسب الـ Mg:Ca والبوتاسيوم في كمية ونسبة المحصول المسوق:

يسمح القيام بتدريج الثمار المنتجة وإزاحة الثمار ذات المظهر غير المرغوب نتيجة لأعراض الأمراض الفيزيولوجية بحساب الكمية التي يمكن تسويقها، وكذلك نسبتها المئوية من المحصول الكلي والموضحة في الجدول 5. المحصول المسوق هو مجموع التدريجات الثلاث (Class 1-3) خالية من التشوهات غير المرغوبة من قبل المستهلك.

إن كمية ونسبة الثمار المسوقة تزداد مع زيادة تركيز البوتاسيوم في المحلول بصرف النظر عن نسبة الـ Mg:Ca المطبقة في هذه الدراسة. كما وتزداد كمية الثمار المسوقة مع زيادة تركيز الكالسيوم في المحلول، حيث حققت النسبة Mg:Ca (2.5:7.5) أعلى كمية ونسبة من الثمار المسوقة فقد كانت الكميات المسوقة 0.91 ، 4.23، و 3.99 كغ ثمار/نبات عند التراكيز 0.5، 3، و 4.5 ميليمول من البوتاسيوم في المحلول الغذائي، على التوالي (جدول 5)، وهي نعادل 29.7 و 89.6 و 94.5 % من الإنتاج الكلي للنبات الواحد. تلت هذه المعاملة بجودتها في إنتاج ثمار البندورة التي يمكن تسويقها معاملة النسبة 5:5 من الـ Mg:Ca بحيث بلغت الكمية المسوقة عند تركيز 4.5 ميليمول ما مقداره 4.04 كغ. هذه القيم أعلى بكثير من باقي الكميات المسوقة في باقي المعاملات.

العامل الأهم المحدد لكمية الثمار المسوقة كانت ظهور أعراض الأمراض الفيزيولوجية الناتجة عن عدم التوازن في تزويد العناصر الغذائية الكالسيوم والمغنيزيوم والبوتاسيوم (جدول 4)، أكثر منها كمية ونسبة الثمار من التدريجة الرابعة (Class 4) والتي أوضحها الجدول 3. هذا ما يشير بوضوح إلى أهمية التوازن الغذائي للعناصر المدروسة في بيئة النمو خاصة بالنسبة لعنصر الكالسيوم. وهذا ما أيدته نتائج Carvajal وآخرون (1999) الذين وجدوا أن نسبة الثمار المسوقة تقل مع زيادة تركيز المغنيزيوم في المحلول الغذائي من 5 الى 10 ميللمول/ل.

جدول 5: تأثير نسبة الكالسيوم/المغنيزيوم في الإنتاج الكلي من ثمار البندورة والكمية المسوق مقدرة بالكيلوغرام/ نبات، وكذلك كنسبة مئوية من الإنتاج الكلي على النبات، تحت تراكيز متدرجة من البوتاسيوم في المحلول الغذائي. القيم هي من خمسة عناقيد ثمرية على النبات الواحد.

نسبة Mg:Ca (ميليمول)	تركيز K (ميليمول)	الإنتاج الكلي (كغ/نبات)	الإنتاج المسوق	
			الكمية (كغ/نبات)	نسبة الثمار المسوقة (%)
6:4	0.5	2.92b	0.55c	18.7c
	3	3.62a	2.54b	70.5b
	4.5	3.74a	3.43a	91.9a
$LSD_{0.05}$		0.48	0.69	12.8
5:5	0.5	3.15b	0.28c	8.0c
	3	3.52ab	2.75b	78.1b
	4.5	4.21a	4.04a	95.9a
$LSD_{0.05}$		0.81	0.50	10.6
2.5:7.5	0.5	2.82b	0.91b	32.6b
	3	4.72a	4.23a	89.6a
	4.5	4.22a	3.99a	94.5a
$LSD_{0.05}$		0.71	0.67	14.9

28.6b	0.86b	2.94a	0.5	0.5:10
89.7a	2.37a	2.65a	3	
93.1a	2.68a	2.87a	4.5	
15.7	0.62	0.58	$LSD_{0.05}$	

كما تبين النتائج أهمية عنصر البوتاسيوم في تقليل الإصابة حيث سجلت فروقات عالية المعنوية بين المعاملات، فقد كان ذو دور إيجابي على زيادة نسبة الثمار المسوقة، وذلك لدوره في تقليل أعراض تبقع النضج الذي ظهر نتيجة نقص هذا العنصر، وأشارت نتائج Hongmei وآخرون (2001) أن ظاهرة النضج المتبقع في ثمار البندورة كانت مرتبطة بالتسميد بعنصر البوتاسيوم. إن إضافة البوتاسيوم بالتركيز الأمثل في المحلول الغذائي لنباتات البندورة المزروعة بدون تربة قد قلل من حدوث النضج المتبقع (Hong-Mei *et al*., 2000; Li and jie, 2007).

الاستنتاجات والتوصيات:

يلعب الكالسيوم دوراً مهماً في زيادة معايير الإنتاجية لنبات البندورة حيث يزداد كل من وزن الثمرة وحجمها، والأهم هو الزيادة الحاصلة في عدد الثمار على النبات الأمر الذي أدى لزيادة الإنتاجية الكلية من الثمار والتي بلغت 4.72 كغ/نبات عندما تكون نسبة الـ Mg:Ca في المحلول الغذائي (2.5:7.5) وتركيز 3 ميليمول من البوتاسيوم.

يلعب البوتاسيوم دوراً مهماً بتراكيز 3 و 4.5 مسليمول في وسط النمو في تحسين تدريج الثمار بحيث تزداد تدريجتي الثمار الأولى والثانية ذات الأقطار > 67 مم و 54 – 67 مم ، وتنعدم تقريباً علائم الخلل الفيزيولوجية خاصة عند نسبة الـ Mg:Ca (2.5:7.5)، الأمر الذي يزيد من نسبة الثمار القابلة للتسويق وتصل إلى 94.5% من مجموع الإنتاج الكلي من الثمار.

وبالتالي يمكن التوصية بأن يكون المحلول الغذائي متوازناً بحيث لا يقل تركيز البوتاسيوم عن 3–4.5 ميليمول (117–175.5 مغ/ل) وأن تكون نسبة الكالسيوم إلى المغنيزيوم 3 مرات (2.5:7.5) والتي تعادل 300 و 60 مغ/ل من الكالسيوم و المغنيزيوم في الزراعات المائية تحت ظروف الزراعة المحمية.

المراجع:

1- BADR, M.A., ABOU HUSSEIN, S.D., EL-TOHAMY, W.A., GRUDA, N. *Nutrient uptake and yield of tomato under various methods of fertilizer application and levels of fertigation in arid lands.* Gesunde Pflanzen. 62(1), 2010, 11-19.

2- BARBER, S.A. *Soil Nutrient Bioavailability: A mechanistic approach*. 2nd ed. John Wiley & Sons, New-York.1995.

3- BERGMANN, W. *Nutritional disorders of plants. Development, visual and analytical diagnosis*. Gustav Fisher Verlag, Jena, Germany.1992.

4- CARVAJAL, M., MARTINEZ, V. & CERDA, A**.** *Influence of magnesium and salinity on tomato plants grown in hydroponic culture*. J. Plant Nutr. 22,1999, 177-190.

5- - CHARLES A. MULLINS AND JEFFRY D. WOLT. *Effects of Calcium and Magnesium Lime Sources on yield, Fruit Quality, and Elemental uptake of Tomato*.,J.Amer.Soc.Hort. Sci., 108, 1983, 850-854.

6- DORAIS, M., A.P. PAPADOPOULOS AND A. GOSSELIN. *Greenhouse tomato fruit quality*. Hort. Rev. (Amer.Soc. Hort. Sci.) 26, 2001, 239-319.
7- EPSTEIN, E. *The selective role of calcium in selective cation transport by plant cells*. Plant Physiol. 36,1961, 437-444.
8- FRANCO, J.A., PEREZ-SAURA, P.J., FERNANDEZ, J.A., PARRA, M. & GARCIA, A.L. *Effect of two irrigation rates on yield, incidence of blossom-end rot, mineral content and free amino acid levels in tomato cultivated under drip irrigation using saline water*. J. Hort. Sci. Biotechnol.74, 1999, 430-435.
9- GORMWLY, T.R. & MAYER, M.J. *Tomato fruit quality: an interdisciplinary approach*. Prof. Hort. 4, 1990, 107-112.
10- GRUNES, D.L., L.F. THOMPSON, J. KUBOTA, AND V. LAZAR**.** *Effect of magnesium,potassium, and temperature on growth and composition of Lolium perenne*. Int.Congr. Soil. Sci. Tran. 9th. 11, 1968, 597-603.
11- GUNES, A., ALPASLAN, M. & INAL, A. *Critical nutrient concentrations and antagonistic and synergistic relationship among the nutrients of NFT-grown young tomato plants*. J. Plant Nutr. 21, 1998, 2035-2047.
12- GUNTER, C.C. *Potassium application timing and method for the reduction of yellow shoulder in processing tomato*. Acta Horticulturae. 852, 2010, 291-296.
13- HALBROOKS, M.C.AND WILCOX, G.E. *Tomato plant development and elemental accumulation*. Journal of American Society of Horticultural Science. 105, 1980, 826-828.
14- HAO, X. & PAPADOPOULOS, A.P. *Efects of calcium and magnesium on plant growth, biomass partitioning, and fruit yield of winter greenhouse tomato*. HortScience 39(3), 2004, 512-515.
15- HEWITT E.T . *Sand and water culture methods used in study of plant nutrition.* Eastern press, London,1966, pp. 547.
16- HO,L.C., ADAMS, P., LI, X.Z., SHEN, H., ANDREWS, J. & XU, Z.H. *Responses of Ca-efficient and Ca-inefficient tomato cultivars ti salinity in plant growth, calcium accumulation and blossom -end ro*t. J. Hort. Sci. 70, 1995, 909-918.
17- HO, L.C., HAND, D.J. & FUSSEL, M. *Improvmwnt of tomato fruit quality by calcium nutritio***n**. Acta Hortic. 481, 1999, 463-468.
18- HONGMEI, S., HUI, X. AND TIANLAI, L. *Effects of Potassium Deficiency at Different Growth Stage on Brown Blotchy Ripening of Tomato*. China Vegetables, S436.41. CNKI: SUN:ZGSC.0.2001-02-005.
19- HONG-MEI, S., TIAN-LAI, L. AND HUI, X**.** *Effects of Potassium Fertilizers on Yield and Quality of Tomato under Different Application of Nitrogen Fertilizers.* Journal of Shenyang Agricultural University, S641.206. cnki: ISSN:21-1134.0.2000-01-018.
20- ILYAS, M., AYUB, G., HUSSAIN, Z., AHMAD, M., BIBI, B., RASHID, A AND LUQMAN. *Response of Tomato to Different Levels of Calcium and Magnesium Concentration*. World Applied Sciences Journal 31 (9), 2014, 1560-1564.
21- JOHANSSON, O.A.H. AND J.M. HAHLIN**.** *Potassium/magnesium balance in soil for maximum yield*. Proc. Intl. Seminar on Soil Environ. and Fert. Mgt. in Intensive Agr.Soc. Sci. Soil and Manure, 1977, 487-495.
22- JONES, J.B**.** *Tomato Plant Culture: In the Field, Greenhouse, and Home Garden.* CRC Press LLC. Florida. USA,1999, 199 pages.
23- LITTLE T.M. AND F.J.HILLS. *Agriculture experimentation: design and analysis.* John Wiley and Sons. USA,1978, Pp:350.

24- MARCELIS,L.F.M. & HO, L.C. *Blossom-End rot in relation to growth rate and calcium contents in fruits of sweet pepper (Capsicum annuum L). J*. Exp. Bot.50, 1998, 357-363.

25- MOIGRADEAN, D., LAZUREANU, A., GOGOASA, I., POIANA, M.-A., HARMANESCU, M., GERGEN, I. *Influence of NPK fertilization on nutritional quality of tomatoes*. Buletin Universitatea de Ştiinţe Agricole şi Medicină Veterinară Cluj-Napoca. ISSN 1454-2382. 64, 2007, 282–286.

26- MORARD, P., PUJOS, A., BERNADAC, A. & BERTONI, G. *Effect of temporary calcium deficiency on tomato growth and mineral composition*. J. Plant Nutr. 19, 1999, 115-127.

27- MUNSON, R.D. *Potassium in Agriculture*. ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA,1985.

28- OLSEN, C. *Water culture experiments with higher green plants in nutrient solutions having different concentrations of calcium*. C. R. Trav. Lab. Carlsberg, Ser. Chim. 24, 1943, 69-97.

29- OMAR, M.A. AND T. EL KOBBIA. *Some observations on the interrelationships of potassium and magnesium.* Soil Sci. 101, 1966, 437-440.

30- PEET,M.M. & WILLITS. D.H. *Role of excess water in tomato fruit cracking*. Hortscience 30,1995, 65-68.

31- PRINCE, A., A. ZIMMERMAN, AND F.E. BEAR. *The Magnesium-supplying powers of 20 New Jersey soil***s.** Soil Sci. 63, 1947, 69-78.

32- PUJOS, A. AND MORARD, P. *Effects of potassium deficiency on tomato growth and mineral nutrition at the early production stage*. Plant and Soil. 189, 1997, 189-196.

33- SAMAILA, A., AMANS, E.B. ABUBAKAR, I.U., BABAJI, B.A**.** *Nutritional quality of tomato (Lycopersicon esculentum Mill) as influenced by mulching, nitrogen and irrigation interval***.** Journal of Agricultural Science. 3(1), 2011, 266 – 270.

34- SAS INSTITUTE. *SAS users guide: statistics*. SAS Inst., Cary, NC,1999.

35- SAURE, M.C. *Blossom-End Rot of tomato (Lycopersicon esculentum Mill.)- a calcium- or a stress-related disorder?* .Sci. Hort. 90, 2001, 193-208.

36- SCHIMANSKI, C. *The influence of certain experimental parameters on the flux characteristics of Mg-28 on the case of barley seedlings grosn in hydroculture*. Landw. Forsch. 34, 1981, 154-165.

37- TAYLOR, M.D. AND LOCASCIO, S.J. *Blossom-end rot: A calcium Deficiency. Journal of Plant Nutrition*. 27(1), 2004, 123-139.

38- VARIS, S., AND GEORGE, R.A.T. *The influence of mineral nutrition on fruit yield, seed yield, and quality in tomato*. J. Hort. Sci. 60, 1985, 373-376.

39- VOOGT, W . *The growth of beefsteak tomato as affected by K/Ca ratio in the nutrient solution*. Glasshouse Crops Research Station Naaldwijk, The Netherlands, 1998.

40- VOOGT, W. & SONNEVELD, C. *Nutrient management in closed growing systems for greenhouse production*, In: Gato, E. (Ed.). Plant Production in closed ecosystems, 1997, 83-102.

41- WARD, G.M. & MILLER, M.J**.** *Magnesium deficiency in greenhouse tomatoes*. Canad. J. Plant Sci. 49, 1969, 53-59.

42- WEN-LI, Q. AND CHUN-JIE, L**.** *Effects of Increasing Potassium Fertilizer Dosage on the Quality and Yield of Tomato in Greenhouse. Soils and Fertilizers Sciences in China*, S626; S641.2. CNKI: ISSN:1673-6257.0.2007-01-011.

43- XIAO-YAN, Y., YU-SHAN, B. AND XIAO-ZHU, D**.** *Effects of potassium on the yield and Quality of tomato.* Xinjiang Agricultural Sciences, S641.3. CNKI: SUN:XJNX.0.2005-04-019.

44- XIUMING, H. AND PAPADOPOULOS, A.P. *Effects of calcium and magnesium on plant growth, biomass partitioning, and fruit yield of winter greenhouse tomato*. HortScience. 39 (3), 2004, 512-515.

45- YURTSEVEN, E., KESMEZ, G.D. & UNLUKARA, A. *The effects of water salinity and potassium levels on yield, fruit quality and water consumption of native central Anatolian tomato species (Lycopersicon esculentum).* Available online at: http:www.sciencedirect.com., 2005.

46- ZHANG, T.Q., TAN, C.S., LIU, K. *Phosphorus and potassium application to processing tomatoes grown with drip irrigation*. Acta Horticulturae. 823, 2009, 97-102.