مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (32) العدد (3) 2010
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (32) No. (3) 2010

تأثير التغذية النتراتية والأمونياكية في النمو وامتصاص العناصر الغذائية ونوعية نبات الخس النامي في المحاليل المغذية

الدكتور غياث أحمد علوش*

(تاريخ الإيداع 4 / 3 / 2010. قبل للنشر في 30 / 5 / 2010)

□ ملخّص □

أجريت الدراسة في محاليل غذائية تتدرج فيها نسبة النترات إلى الأمونيوم (NH_4:NO_3) وبحيث تكون دائماً تراكيز الآزوت الكلي في المحلول 42 مغ N / ليتر، وهي: 100: 0، 75: 25، 50: 50، 25: 75، 0: 100. استمرت التجربة لمدة 27 يوماً تم خلالها تتبع النمو وتغيرات درجات الـ pH في المحاليل الغذائية. بعد الحصاد، تم تسجيل الأوزان الرطبة والجافة للمجاميع الخضرية والجذرية، طول الجذور، المحتوى من فيتامين C والمواد الصلبة الذائبة. كما وقدرت في المادة الجافة تراكيز كل من النترات والعناصر الغذائية Na, Mg, Ca, K, P, N.

وتشير النتائج إلى استجابة نباتات الخس في الزراعات المائية وتفضيلها لوجود تراكيز متوازنة من الشكلين النتراتي والأمونياكي (NH_4:NO_3 50:50)، حيث يكون نمو كل من المجموع الخضري والجذري أفضل ما يمكن مقارنة بباقي نسب الخلط التي تضمنتها هذه الدراسة. لقد تبع النمو بشكل أساسي معدلات امتصاص الآزوت والتي لم تؤثر عموماً على امتصاص بقية العناصر الغذائية الأساسية للنبات. تحسنت جودة الأوراق بحيث انخفض محتواها من النترات الذائبة غير المرجعة في الأوراق (1723 مغ/كغ أوراق طازجة)، وازداد محتواها من فيتامين C (4.49 مغ/كغ أوراق طازجة) عند النسبة المتوازنة من كلا الشكلين النتراتي والأمونياكي مقارنة بالقيمتين 3269 و 2.44 مغ/كغ في معاملة النترات لوحدها. فعلى الرغم من انخفاض معدلات امتصاص الكالسيوم قليلاً بوجود الأمونيوم في وسط النمو إلا أن تراكيزه في الأنسجة النباتية بقيت أعلى من الحدود الحرجة لنقصه (5.5 مغ/غ مادة الجافة).

الكلمات المفتاحية: الخس؛ المحاليل المغذية؛ التغذية النتراتية والأمونياكية؛ تراكم النترات.

* أستاذ – قسم علوم التربة والمياه – كلية الزراعة – جامعة تشرين – اللاذقية –سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (32) العدد (3) 2010
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (32) No. (3) 2010

The Effect of Nitrate and Ammonium Nutrition on Growth, Nutrients Uptake and Quality of Lettuce Grown in Nutrient Solution Culture

Dr. Ghiath A. Alloush*

(Received 4 / 3 / 2010. Accepted 30 / 5 /2010)

□ ABSTRACT □

The study was conducted in nutrient solution culture varying in NO_3:NH_4 ratio (100:0; 75:25; 50:50; 25:75; 0:100) in which nitrogen concentration was maintained at 42 mg N/L. Whole plant weight and nutrient solution pH were measured twice a week. Plants were harvested after 27 days during which fresh and dry weights, root length, vitamin C, and soluble sold were measured. Subsamples of shoots and roots were digested and analyzed for N, P, K, Ca, Mg, and Na mineral contents.

Lettuce growth responded to equal concentrations of NO_3 and NH_4 (50:50) in the nutrient solution compared to other mixing ratios. The growth followed the rate of nitrogen uptake which, however, did not influence nutrient uptakes. The quality of lettuce leaves was improved in 50:50 NO_3:NH_4 treatment which had higher vitamin C (4.49 mg/kg fresh weight), and lower NO_3^- concentrations (1723 mg/kg fresh weight) compared to nitrate treatment which contained 3269 and 2.44 mg/kg fresh weight. Critical nitrate concentration in marketable lettuce should not exceed 2000 mg/kg. The inflow rates of Ca was reduced in (50:50 NO_3:NH_4) treatment but concentrations remained higher than deficiency critical level (5.5 mg/g dry matter).

Key words: Lettuce, Nutrient Solution, Nitrate and Ammonium Nutrition, Nitrate Accumulation

* **Prof., Department of Soil and Water Sciences, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

مقدّمة:

تعد الخضروات الورقية ومنها الخس من أهم المحاصيل التي تدخل في العديد من الوجبات الغذائية وبرامج الحميات الغذائية. وتثير تراكيز النترات في أنسجة الخس اهتماماً كبيراً بسبب استهلاكها طازجة وقد أكدت بعض الدراسات وجود علاقة بين النترات والعديد من أنواع السرطانات (Bruning-Fann and Kaneene, 1993). تشير بعض التقارير العلمية إلى أن تراكيز النترات قد تصل إلى 65 ميكرومول / غ في أوراق الخس الطازجة (4030 جزء في المليون) (Gaudreau, et al. 1995)، وقيم أعلى من 110 ميكرومول / غ في الرشاد (Cardenas-Navarro, et al. 1999). وتكتسب هذه القيم أهمية خاصة؛ إذ إن مايقارب 60% من الآزوت الكلي في النبات قد يوجد في الأنسجة النباتية على صورة نترات حرة (Maynard, et al. 1976).

ويتباين تراكم النترات مع تغير فصول السنة خاصة في الخس، إذ يكون تركيز النيتروجين مرتفع في الربيع المبكر والخريف المتأخر إذ درجات الحرارة منخفضة (Gent, 2002, 2005). وهناك عوامل وظروف بيئية أخرى مؤثرة مثل درجات الحرارة، الأشعاع الشمسي، الري، ظروف الوسط الغذائي وغيرها (Seginer, et al. 1998, 1999; Dapoigny, et al. 2000). كما يتباين محتوى النترات وتراكمه في أجزاء النبات الواحد، ففي الخضروات الورقية يكون تراكم النترات عالي في الجذور– السوق– عروق الأوراق– أكثر مما هو عليه في الصفائح الورقية (Wang and Li 2004). كذلك احتوت الأوراق الخارجية لنبات الخس على نسبة أعلى من تراكم النترات عما هو عليه في الأوراق الداخلية، وهذا يعزى لكبر حجم الخلايا والفجوات في الأوراق الخارجية إضافة لزيادة محتواها من الماء. نستخلص من ذلك وجود علاقة ايجابية بين محتوى الخلايا والأنسجة من الماء ومحتواها من النترات (Dapogny, et al. 2000; Cardenas-Navarro, et al. 1999). وفي أغلب الاعتقاد أن الصلة الوثيقة بين تراكم النترات ومحتوى الأنسجة من الماء تسبب التناوب الذي يوضح انخفاض المحتوى من النترات خلال النهار ويتبعه زيادة خلال الليل (Delhon, et al. 1995 a,b; Steingrover, et al. 1986).

تؤثر التغذية المعدنية على تراكيز النترات في الأنسجة النباتية لنبات الخس، ففي تجربة مقارنة بين تأثير أسمدة كلوريد الأمونيوم– نترات الأمونيوم– نترات الصوديوم– اليوريا فإن جميعها قد أدت لزيادة الإنتاجية بشكل واضح، لكن لوحظ تراكم النترات في الأوراق بشكل أكبر عند إضافة السماد النتراتي مقارنة بالسماد الأمونياكي، وكلما زاد معدل التسميد الآزوتي بشكليه النتراتي والأمونياكي زادت معه إنتاجية الخضار حتى المعدل المناسب من التسميد (Wang and Li, 2004). ويبدو هذا التأثير للشكل الآزوتي أكثر وضوحاً في الزراعات بدون تربة التي تعتمد على الزراعة في المحاليل الغذائية. فقد تبين أن خفض تراكيز النترات في المحاليل الغذائية أو الأستبدال الجزئي بمركبات أمونياكية أو أميدية قد خفض من محتوى النبات من النترات (Gashaw and Mugwira, 1981; van der Boon, et al. 1990; Gunes, et al. 1996). فعلى سبيل المثال وفي تجربة تستخدم محاليل غذائية على نبات الشيكوريا تم استخدام محاليل غذائية تحوي الآزوت بشكله النتراتي NO_3-N، لكن قبل الحصاد بحوالي 5–6 أيام تم استبدال 3/4 المحلول النتراتي بمحلول أمونياكي فلوحظ عند الحصاد انخفاض محتوى النترات بمعدل 36% في نبات الشيكوريا ذات المحلول المستبدل (Cardenas-Navarro, et al. 1999). كما وتبين دراسة أخرى أن التغذية النتراتية والأمونياكية المختلطة في محاليل غذائية قد خفضت كثيراً من تراكيز النترات في أنسجة نبات الشيكوريا من 6.1 غ NO_3 / كغ في المادة النباتية الطازجة عند 70% من الآزوت بشكله النتراتي إلى 2.4 غ NO_3 / كغ في المادة الطازجة عند خفض الآزوت النتراتي إلى 30 % في المحاليل الغذائية

(Santamaria and Elia, 1997). وتجدر الإشارة إلى خلو نباتات الشيكوريا من النترات في حال استخدام الأمونيوم كمصدر آزوتي وحيد في المحلول الغذائي هذا مع عدم اختلاف الإنتاج الطازج من المادة النباتية بالمقارنة مع النباتات المغذاة بالنترات فقط.

أهمية البحث وأهدافه:

تفتقر التقارير العلمية إلى دراسة تأثير التغذية الآزوتية النتراتية والأمونياكية المختلطة على تراكيز النترات في الأنسجة الورقية لنبات الخس ومحتواها من فيتامين C والمواد الصلبة الذائبة، خاصة في الزراعات المائية التي تتبع عادة لتأمين احتياجات السوق من هذا المنتج الغذائي في فترات الصيف الطويل ذو الحرارة العالية. هذا ما تتقصاه هذه الدراسة وتحاول الإجابة على بعض التساؤلات: ماهي أفضل معدلات التغذية النتراتية والأمونياكية التي تحقق أفضل نمو لنبات الخس؟ ما هي نسبة خلط الشكلين النتراتي والأمونياكي التي لا تتراكم عندها النترات في أوراق الخس فوق الحدود المسموح بها عالمياً ؟ وماهي القيمة الغذائية لأوراق الخس المنتج من حيث احتوائها على العناصر المعدنية وفيتامين C والمواد الصلبة الذائبة؟

طرائق البحث ومواده:

طريقة الزراعة:

نقلت شتول الخس (Lactuca sativa L.) – الصنف Parris island من إنتاج شركة (Ferry Morse Co.) ذات أوزان طازجة متقاربة (2.85 غ ± 0.32) إلى خمس أحواض بلاستيكية يتسع كل منها 16 ليتراً من المحاليل الغذائية مزودة بالهواء بشكل مستمر. خضعت الشتول (12 في كل حوض) لفترة حضانة لمدة 10 أيام للسماح للبادرات لتشكيل بعض الجذور الحديثة، تم خلالها زيادة تراكيز العناصر الغذائية من 10/1 إلى 5/1 إلى 2/1 إلى كامل التركيز للعناصر الغذائية لتفادي تعرض الشتول للضغط الأسموزي والذبول.

في الزمن 0 الذي بدأت فيه التجربة، تم الإبقاء على 5 شتول متجانسة حجماً ووزناً في كل حوض. وقد احتوت الأحواض على التراكيز التالية (Alloush, 2003): $Ca(NO_3)_2$ ، 1.5 mM ؛ KH_2PO_4 ، 1 mM ؛ $MgSO_4$ ، 0.5 mM . في حال المعاملات التي تحوي تراكيز كاملة من الآزوت (42 مغ/ل) على شكل أمونيوم أو تراكيز جزئية من الأمونيوم فقد تم الاستعاضة كلياً أو جزئياً عن محلول نترات الكالسيوم بمحلول 1.5 mM من $(NH_4)_2SO_4$ وكذلك بمحلول $CaSO_4$ للتعويض عن الشكل الآزوتي النتراتي وتراكيز الكالسيوم المرافقة. أما بالنسبة للعناصر النادرة B, Mo, Cu, Zn, Mn, Fe فقد تم تزويدها وفقاً لتركيب محلول (Hewitt, Long Ashton 1966). وقد ضبطت درجة pH المحاليل الغذائية لمعاملات التجربة كافة إلى رقم 6.0 باستخدام محلول مخفف من N 0.1 HCl . وتجدر الإشارة إلى أنه تم استخدام ماء الشرب في تحضير المحاليل الغذائية وقد احتوى بالمتوسط 3.8 مغ N/ل بصورته النتراتية (17 مغ NO_3/ل).

معاملات التجربة:

تضمنت التجربة خمس معاملات للزراعة في محاليل غذائية تحوي جميع العناصر الغذائية وتختلف فقط في نسبة الشكل الآزوتي النتراتي إلى الأمونياكي في المحاليل الغذائية الخمسة ولكن تبقى دائماً تراكيز الآزوت الكلي في المحلول 42 مغ/ليتر. وضعت الأحواض في البيت البلاستيكي وتم تظليل النباتات بوضع الخيش على ارتفاع لا يقل

عن 1 م من البادرات لتقليل تعرضها لأشعة الشمس المباشرة. ولقد تم إجراء التجربة في الفترة مابين 2/12 ولغاية 2007/3/21، كانت المعاملات على الشكل التالي:

المعاملة NH4:NO3	توزع الشكلين NH_4/NO_3
N1 : (0:100)	42 مغ NO_3-N / ل
N2 : (25:75)	31.5 مغ NO_3-N + 10.5 مغ NH_4-N / ل
N3 : (50:50)	21 مغ NO_3-N + 21 مغ NH_4-N / ل
N4 : (75:25)	10.5 مغ NO_3-N + 31.5 مغ NH_4-N / ل
N5 : (100:0)	42 مغ NH_4-N / ل

القياسات والعناية بالتجربة:

كان يتم استبدال المحلول الغذائي في الأحواض مرتين أسبوعياً وذلك بالتخلص من المحلول القديم ووضع محلول جديد تماماً وذلك بعد قياس درجة pH المحاليل الغذائية في أحواض المعاملات الخمس وضبط pH المحاليل الغذائية الجديدة إلى الدرجة 6.0. كما تم أيضاً تتبع التغيرات في الوزن الطازج لنباتات الخس في جميع المعاملات وتسجيل الوزن الطازج لكامل النبات.

الحصاد والتحاليل الكيميائية:

تم حصاد النباتات بعد 27 يوماً من بدء المعاملات الآزوتية وذلك بفصل المجموع الخضري عن الجذري وتسجيل الوزن الطازج لكليهما. أخذ من المجموع الخضري عينة بحوالي 10 غ من الوزن الطازج لتقدير فيتامين C مباشرة، في حين تم تقطيع الجذور إلى قطع بطول 1 سم وخلطت لتتجانس جيداً وأخذ منها عينة بحوالي 1–1.5 غ لقياس طول الجذور (Tennant, 1975). جفف المتبقي من المجموعين الخضري والجذري في الفرن على درجة حرارة 70°م لمدة 48 ساعة وتم حساب الوزن الكلي الخضري والجذري الجافين.

أخذ من المحاليل الغذائية للمعاملات الخمس 1 ليتر وتمت معايرتها بمحاليل 0.1 N من HCl أو NaOH إلى درجة pH 6.0 وتم حساب كمية H^+ / OH^- التي أفرزتها جذور نباتات المعاملات إلى المحاليل الغذائية (Alloush, 2003).

1. تقدير النترات: تم استخلاص النترات بأخذ حوالي 50 مغ من المادة الجافة للأوراق والجذور المطحونة في 15 مل ماء مقطر على درجة حرارة 65 °م لمدة 60 دقيقة في عبوات زجاجية محكمة الإغلاق، وقدرت النترات في راشح المستخلصات بطريقة حمض الكرموتروبيك (Rayn et al. 2003).

2. تقدير العناصر الغذائية: هضمت عينات 0.5 غ من المادة الجافة للأوراق والجذور المطحونة هضماً جافاً (ADAS, 1986) وقدر في محاليل الهضم تراكيز كل من الفوسفور والكالسيوم والمغنيزيوم والبوتاسيوم والصوديوم (Rayn et al. 2003). كما وهضمت عينات 0.5غ مادة جافة من الأوراق والجذور هضماً رطباً وقدر الآزوت في محاليل الهضم بالتقطير بطريقة كلداهل (Rayn et al. 2003).

الحسابات والتحليل الإحصائي:

تم حساب معدل النمو النسبي (Relative Growth Rate, RGR) باستخدام معطيات تتبع النمو لكامل النبات على مدار التجربة (27 يوماً) وفق الآتي:

$$\mathbf{RGR = [(W2-W1)/W1] / (T2-T1)}$$

حيث أن: W1 و W2 هما وزن النبات الكلي الطازج في أزمنة القياس التسعة على امتداد التجربة 27 يوماً؛ T1 و T2 هما أزمنة القياس خلال 27 يوماً وعددها تسعة.

كما تم حساب محتوى الأوراق من العناصر الغذائية والذي هو حاصل ضرب التركيز في الأجزاء النباتية بالوزن الجاف لكل من المجموعين الخضري والجذري. لقد استخدمت معطيات محتوى المجوع الخضري من العناصر الغذائية لحساب معدل تراكم العناصر الغذائية المنتقلة إلى المجموع الخضري (Specific Accumulation Rate, SAcR) وذلك بحسب Williams (1946):

$$SAcR = [(N2 - N1) / (T2-T1)] \times [Ln(W2/W1) / (W2-W1)]$$

حيث أن: N1 و N2 هما محتوى الأوراق من العنصر الغذائي في الزمنيين 0 و 27 يوماً؛ W1 و W2 هما وزن المجموع الخضري الجاف في الزمنيين 0 و 27 يوم؛ و T1 و T2 هما الزمن 0 في بداية التجربة والزمن 27 يوماً (الحصاد).

كما واستخدمت معادلة Williams (1946) لحساب معدل تدفق (امتصاص) العناصر الغذائية Inflow Rate (I) مقدرة بالميكروغرام من العنصر الغذائي بوحدة الطول من الجذور (متر) بوحدة الزمن (يوم):

$$I = [(N2 - N1) / (T2-T1)] \times [Ln(L2/L1) / (L2-L1)]$$

حيث أن: N1 و N2 هما محتوى النبات من العنصر الغذائي في الزمنيين 0 و 27 يوماً؛ L1 و L2 هما طول المجموع الجذري في الزمنيين 0 و 27 يوماً؛ و T1 و T2 هما الزمن 0 في بداية التجربة والزمن 27 يوماً (الحصاد).

خضعت معطيات التجربة لتحليل التباين العام (ANOVA) على أساس أن مصدر التباين هو نسبة الخلط بين شكلي التغذية الآزوتية NO_3:NH_4 والمكررات. كما وتم حساب فصل المتوسطات وتحديد قيمة أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى معنوية 5% (Little and Hills, 1978) وذلك باستخدام البرنامج الإحصائي SAS (SAS Institute ,1999).

النتائج والمناقشة:

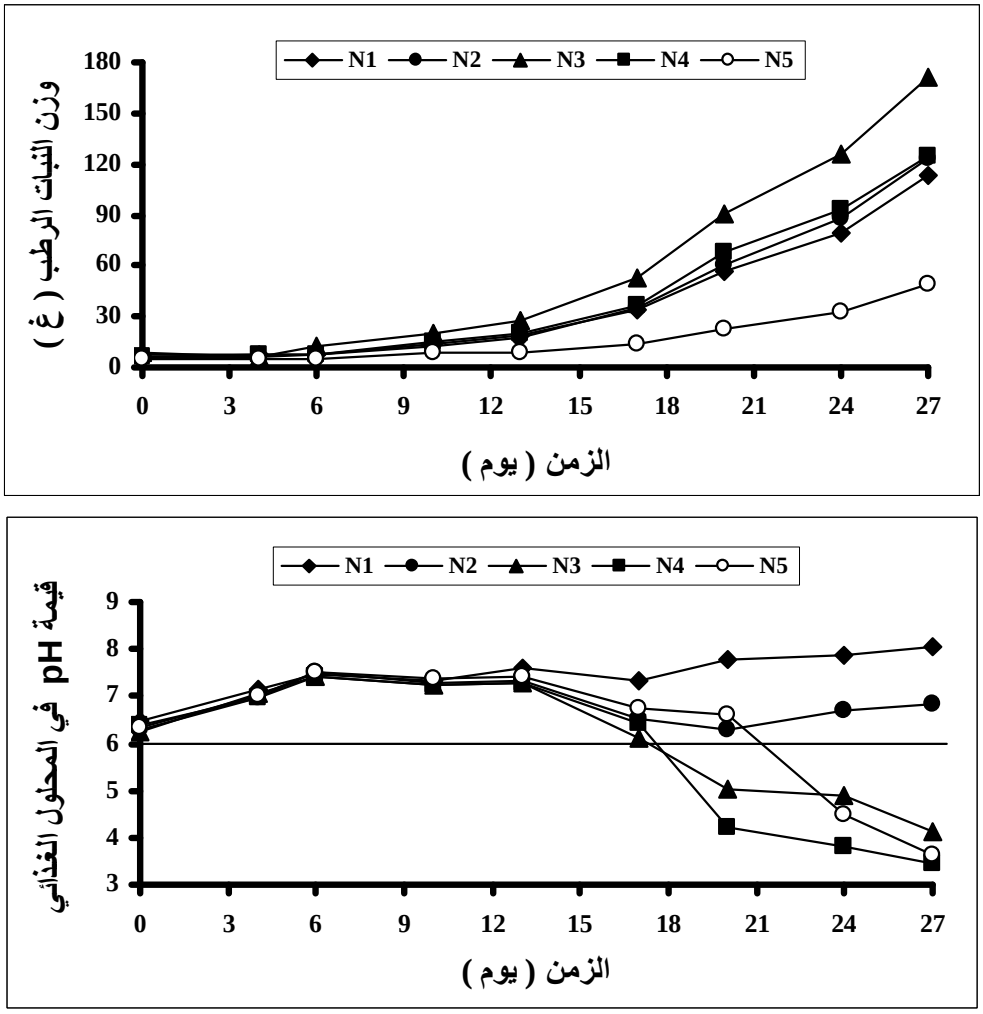
النتائج:

حركية النمو وتغيرات pH الوسط الغذائي:

نمت نباتات الخس بصورة جيدة في المحاليل الغذائية إذ لم يؤثر الشكل الآزوتي في مظاهر النمو في المعاملات N1 (0:100) نترات: أمونيوم وحتى المعاملة N4 (75:25, NH_4:NO_3) . أما في المعاملة التي تلقت كامل الجرعة الآزوتية على شكل أمونيوم N5 فقد ظهرت تبقعات مصفرة على الأوراق مع هاله مصفرة على حواف الأوراق، بينما تميز المجموع الجذري المحدود للغاية بالأسوداد. عموماً كانت نباتات الخس في المعاملتين التي يسود فيها الشكل النتراتي على الأمونياكي (المعاملتين N1 و N2) ذات لون أخضر ورهيفة للغاية بينما تميزت أوراق نباتات الخس في المعاملتين N3 و N4 بأنهما ذات لون أخضر داكن وسميكة بعض الشيء.

بدأت جميع نباتات المعاملات N1 إلى N5 برفع درجة pH المحاليل الغذائية حتى اليوم 13 بزيادة مقدارها 1.3 درجة، بينما استمرت نباتات المعاملتين N1 (100% NO_3) و N2 (75% NO_3) برفع درجة pH محاليهما الغذائية حتى نهاية التجربة. الزيادة في درجة pH الوسط الغذائي كانت أكبر في المحلول الغذائي للمعاملة N1 ، ويزداد تدريجياً مع تقدم النباتات بالنمو لتصل إلى 2 درجة عند يوم الحصاد (اليوم 27 من النمو). وعلى الرغم من

استمرار نباتات المعاملة N2 برفع درجة pH المحلول الغذائي إلا أن ذلك كان بوتيرة أقل بعد اليوم 13 وحتى الحصاد (شكل 1). أما نباتات المعاملات N3 و N4 و N5 فقد خفضت بصورة واضحة تحرير شوارد OH^-/HCO_3^- إلى محاليلها الغذائية بعد تسارع نموها في اليوم 17 من النمو، وبدأت بتحرير شوارد H^+ التي أدت إلى خفض تدريجي لدرجة pH الوسط إلى حدود 4.14 في المعاملة N3 وإلى مادون ذلك 3.44 و 3.66 في المعاملتين N4 و N5 ، على التوالي.



شكل 1: التتبع الزمني لتغيرات الوزن الكلي الطازج لنباتات الخس وتغيرا ت pH المحاليل الغذائية.

نمو المجوعين الخضري والجذري:

لقد تأثر نمو المجموعين الخضري والجذري بشكل معنوي بتزايد تراكيز الأمونيوم في المحلول الغذائي ($P\leq0.0001$)، بحيث ازدادت المادة الجافة للمجموع الخضري تدريجياً مع ازدياد نسبة الأمونيوم في المحلول الغذائي من 0% (المعاملة N1، 5.82غ) إلى 50% (المعاملة N3، 9.05غ) بزيادة مقدارها 56%، ولكنها تناقصت بشكل حاد (3.38غ، انخفاض بنسبة 268%) عندما كان الأمونيوم الشكل الوحيد للآزوت في المحلول الغذئي (المعاملة N5). الأمر كان معاكساً في الجذور (جدول 1) بحيث انخفض الوزن الجاف للجذور بمعدل 24% مع زيادة تركيز

الأمونيوم في المحلول الغذائي إلى 75% (المعاملات N2 و N3 و N4)، ويزاد الانخفاض إلى 60% في المعاملة N5 (100% أمونيوم في المحلول الغذائي) الذي تميز بأنه محدود النمو.

أثرت التغذية الأمونياكية على نمو المجموعين الخضري والجذري بحيث أصبحت نسبة المجموع الخضري/الجذري أقلها في المعاملة N1 (NH_4:NO_3 0:100) وكانت 3.83 وارتفعت إلى 7.31 في المعاملة N3 التي احتوت نسب متساوية من النترات والأمونيوم في المحلول الغذائي (50:50). لم تحصل زيادة في نسبة المجموع الخضري/الجذري عند المعاملة N4، وانخفضت إلى 5.23 في المعاملة التي تلقت كامل الجرعة الآزوتية على شكل أمونيوم (جدول 1).

جدول 1: تأثير التغذية النتراتية/الأمونياكية على وزن المجاميع الخضرية والجذرية الجافة ونسبتها إلى بعضهما البعض، طول الجذور الكلي والنسبي عند الحصاد (بعد 27 يوم من النمو).

المعاملة NO_3:NH_4	وزن المجموع الخضري الجاف (غ/نبات)	وزن المجموع الجذري الجاف (غ/نبات)	نسبة الخضري/الجذري	طول الجذور الكلي (متر/نبات)	طول الجذور النسبي (متر/غ جذور جافة)
100 : 0	5.82	1.68	3.46	85.0	50.6
75 : 25	6.79	1.21	5.61	75.2	62.1
50 : 50	9.05	1.25	7.24	91.4	73.1
25 : 75	8.08	1.16	6.97	71.2	61.4
0 : 100	3.38	0.65	5.20	29.3	45.1
$LSD_{0.05}$	2.28	0.37	0.73	35.1	23.3
	P > F				
	0.0328	0.0030	0.0001	0.0055	0.0139

طول المجاميع الجذرية:

لم يتأثر معنوياً الطول الكلي للمجموع الجذري لنباتات الخس (جدول 1) بزيادة تركيز الأمونيوم في المحلول الغذائي حتى نسبة 75% من تركيز الآزوت في المحلول (المعاملة N4). أما عندما تصبح التغذية الآزوتية بشكلها الكامل أمونيوم (المعاملة N5) فينخفض بشكل ملحوظ طول المجموع الجذري الكلي إلى 29.3 م فتصبح معنوية في انخفاضها مقارنة بباقي المعاملات. وتتغير الصورة قليلاً مع حساب طول الجذور النسبي مقدراً بالمتر في كل غرام من الجذور الجافة، فهي 51.5 متر في المعاملة N1 (100% تغذية نتراتية) وتزداد مع زيادة نسبة الأمونيوم في المحلول حتى المعاملة N3 (50:50) والتي كانت 73.1 م. لقد انخفض طول الجذور النسبي في المعاملة N5 (100:0) حيث بلغ 45.1 م، وكان معنوياً في انخفاضه مقارنة بالمعاملة N3 فقط.

تراكيز النترات وفيتامين C والمواد الصلبة الذائبة:

تأثرت تراكيز النترات الذائبة في الأنسجة الطازجة الخضرية بشكل معنوي ($P \geq 0.0001$) تبعاً لنسبة تركيز النترات/ الأمونيوم في المحلول الغذائي. لقد انخفضت تدريجياً تراكيز النترات في الأوراق مع زيادة تركيز الأمونيوم في المحلول الغذائي من 0 إلى 100% من الجرعة الآزوتية، وكان الانخفاض معنوياً. ولقد احتوت نباتات المعاملة N1

التراكيز الأعلى من النترات في الأوراق وكانت 3269 مغ/كغ مادة طازجة (جدول 2)، وكانت في المعاملة N5 406 مغ/كغ مادة طازجة من الأوراق.

أما فيما يتعلق بفيتامين C في الأوراق فقد ازدادت تراكيزه بشكل معنوي ($P\geq0.0117$) مع زيادة تركيز الأمونيوم في المحلول الغذائي حتى النسبة 50:50 (المعاملة N3) حيث بلغت حوالي 4.49 مغ/100 غ مادة طازجة وهي تقريباً ضعف الكمية مقارنة بالمعاملة N1 التي احتوت 2.36 مغ، ومن ثم بقيت تراكيز فيتامين C متفوقة معنوياً بزيادة تركيز الأمونيوم في المحلول الغذائي إلى نسبة 75 و 100% من الجرعة الآزوتية (المعاملتين N4 و N5) مقارنة بالمعاملة N1 (جدول 2). ومن ناحية أخرى ، وعلى الرغم من عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات من حيث محتواها من المواد الصلبة الذائبة، فقد احتوت المعاملتين N2 و N5 نسبة أقل وبشكل معنوي من المواد الصلبة الذائبة مقارنة مع المعاملات المتبقية (جدول 2).

جدول 2: تأثير التغذية النتراتية/الأمونياكية على تراكيز النترات (NO_3^-) و فيتامين C ونسبة المواد الصلبة الذائبة في أوراق الخس الطازجة عند الحصاد (بعد 27 يوماً من النمو). ± هي قيم الانحراف المعياري.

المعاملة NO_3:NH_4	تركيز النترات (مغ/كغ)	تركيز فيتامين C (مغ/كغ)	المواد الصلبة الذائبة (%)
100 : 0	3269	2.36	3.83
75 : 25	2257	3.82	3.00
50 : 50	1723	4.49	4.00
25 : 75	1531	3.79	4.00
0 : 100	406	4.51	3.17
$LSD_{0.05}$	256	1.10	1.13
	P > F		
	0.0001	0.0117	0.1344

تراكيز العناصر الغذائية في المجموع الخضري:

يبين تحليل التباين العام ANOVA وجود تباينات معنوية في تركيز العناصر الغذائية في المجموع الخضري بتأثير شكل التغذية النتراتية والأمونياكية ونسبهما المتباينة إلى بعضهما البعض في الوسط الغذائي (جدول 3)، بحيث كانت جميعها معنوية عدا الفوسفور في المجموع الخضري ($P=0.1220$) والكالسيوم في المجموع الجذري الذي كانت فروقاته معنوية عند 7% تقريباً ($P= 0.0703$).

لقد احتوت نباتات التغذية النتراتية N1 على تراكيز مقبولة من الآزوت في الأوراق (27.4 مغ/غ مادة جافة)، ويزداد هذا التركيز بمعدل 20% تقريباً (33.6 مغ/غ مادة جافة) بوجود نسبة 25% من التغذية الآزوتية بالشكل الأمونياكي (المعاملة N2). وتستمر تراكيز الآزوت في أوراق الخس ازدياداً بزيادة نسبة الأمونيوم في المحلول الغذائي بنسبة 50:50 (المعاملة N3 ، 37.9 مغ N/غ مادة جافة). لا تغير في تراكيز الآزوت مع زيادة نسبة التغذية الأمونياكية إلى 75% و 100% (المعاملتين N4 و N5)، بزيادة مقدارها 35 و 36% (37.0 و 37.8 مغ N/غ مادة جافة). كما وقد أحتوت أوراق معاملة التغذية النتراتية N1 (100% N–نترات) على تراكيز عالية من الكالسيوم والصوديوم وتناقصت هذه التراكيز بوجود تراكيز من الأمونيوم في المحلول الغذائي (المعاملات N2 إلى N5) حيث

يكون التناقص حدياً (N1= 14.8 مغ/غ مادة جافة إلى 6.1 مغ/غ مادة جافة) في حال الكالسيوم مع وجود 25% من التركيز الآزوتي بشكله الأمونياكي (المعاملة N2). أما في حال الصوديوم فيكون التناقص تدريجياً بحيث يصبح الانخفاض معنوياً بدءاً من المعاملة N3 إذ انخفض تركيز الصوديوم في المعاملة النتراتية الكاملة N1 من 26.98 مغ/غ مادة جافة إلى 23.6 مغ/غ مادة جافة في المعاملة N3 ، ومن ثم إلى 18.7 مغ/غ مادة جافة في المعاملة N5 (NH_4 %100).

خلافاً للكالسيوم والصوديوم، فقد ازدادت تراكيز المغنيزيوم في الأوراق من 2.2 مغ/غ مادة جافة في المعاملة N1 إلى ثلاثة أضعاف (6.3 مغ/غ مادة جافة) تقريباً بزيادة تركيز الأمونيوم بنسبة 25% من الجرعة الآزوتية في المحلول الغذائي (المعاملة N2)، وتصل الزيادة في التركيز إلى 7.8 مغ/غ مادة جافة في المعاملة 100% تغذية أمونياكية (المعاملة N5). أما في حال البوتاسيوم، فتتأرجح تراكيز البوتاسيوم ضمن مجال ضيق في المعاملات N1 إلى N3 ومن ثم تصبح تراكيز البوتاسيوم أعلى معنوياً في المعاملتين N4= 86.5 مغ K/غ مادة جافة وN5= 109.2 مغ K/غ مادة جافة وذلك مقارنة بالمعاملة النتراتية الكاملة N1= 73.3 مغ K/غ مادة جافة (جدول 3).

جدول 3: تأثير التغذية النتراتية/الأمونياكية على تراكيز الآزوت، الفوسفور، الكالسيوم، المغنيزيوم، البوتاسيوم والصوديوم في أنسجة المجموع الخضري الجافة عند الحصاد بعد 27 يوماً من النمو.

التركيز (مغ/غ مادة جافة)						المعاملة
Na	K	Mg	Ca	P	N	NO_3:NH_4
27.0	73.3	2.2	14.8	6.3	27.4	100 : 0
26.2	71.0	6.3	6.1	7.2	33.6	75 : 25
23.6	63.1	5.4	6.6	6.9	37.9	50 : 50
18.8	86.5	5.7	5.5	6.3	37.0	25 : 75
18.7	109.2	7.8	5.5	6.1	37.8	0 : 100
2.8	10.6	1.3	0.7	0.9	2.6	$LSD_{0.05}$
P > F						
0.0003	0.0001	0.0001	0.0001	0.1220	0.0001	

المناقشة:

تعتبر تراكيز النترات الحرة في الأنسجة الورقية للخس ومعظم المحاصيل الورقية من أهم محددات الجودة وذلك لما للنترات من تأثيرات على الصحة العامة، إذ تؤكد التقارير العلمية الصلة بين النترات المستهلكة من قبل الإنسان وبعض الأمراض كسرطان المعدة وداء الصرع لدى الأجنة وغيرها (Dapoigny, et al. 2000). هذا مبعث على القلق بوجود تراكيز عالية جداً من النترات في أنسجة بعض المحاصيل الورقية والتي قد تزيد عن 4000 مغ/كغ مادة طازجة في الخس (Gaudreau, et al. 1995)، وقيم أعلى من 6800 مغ/ كغ مادة طازجة في الرشاد (Cardenas-Navarro, et al. 1999). إن تراكم النترات في الأنسجة الورقية مرتبط بشكل أساسي بتوافر الشكل النتراتي وتراكيزه في التربة، معدلات النمو، واستقلاب النترات ضمن الأنسجة (Mengel and Kirkby, 2001). والعاملين الأخيرين وثيقي الصلة بالنوع والصنف النباتي ضمن النوع الواحد، وكذلك بالظروف المناخية من إضاءة وحرارة (Cardenas-Navarro, et al. 1999). قد يصبح هذا الأمر بالغ

التعقيد بوجود مايقارب 60% من الآزوت الكلي في النبات بشكل نترات حرة غير مرجعة (Maynard, et al. 1976). وتبدو هذه النسبة عالية مقارنة بما حصلنا عليها في حال التغذية الآزوتية النتراتية الكاملة (المعاملة N1) والتي بلغت حوالي 42% في الأنسجة الورقية لنباتات الخس (جدول 4). لقد أدى وجود كلا الشاردتين النتراتية والأمونياكية بنسبهما المختلفة في المحلول الغذائي إلى خفض تراكيز النترات بشكل معنوي في أنسجة الخس الورقية. لقد بلغ الأنخفاض في تركيز النترات الحرة في الأنسجة الورقية الطازجة حوالي 50% بوجود كلا الشاردتين NO_3^- و NH_4^+ بنسب متساوية من 3269 في المعاملة N1 إلى 1723 مغ/كغ في المعاملة N3 (جدول 2 و 4)، في حين تزداد تراكيز ومعدلات أمتصاص الآزوت الكلي بشكل معنوي بوجود الأمونيوم مع النترات في وسط النمو بغض النظر عن نسبة هاتين الشاردتين إلى بعضهما البعض. وتجدر الإشارة إلى أن تراكيز النترات الحرة البسيطة في معاملة الأمونيوم الكاملة قد نتجت عن استخدام الماء العادي في تحضير المحاليل الغذائية.

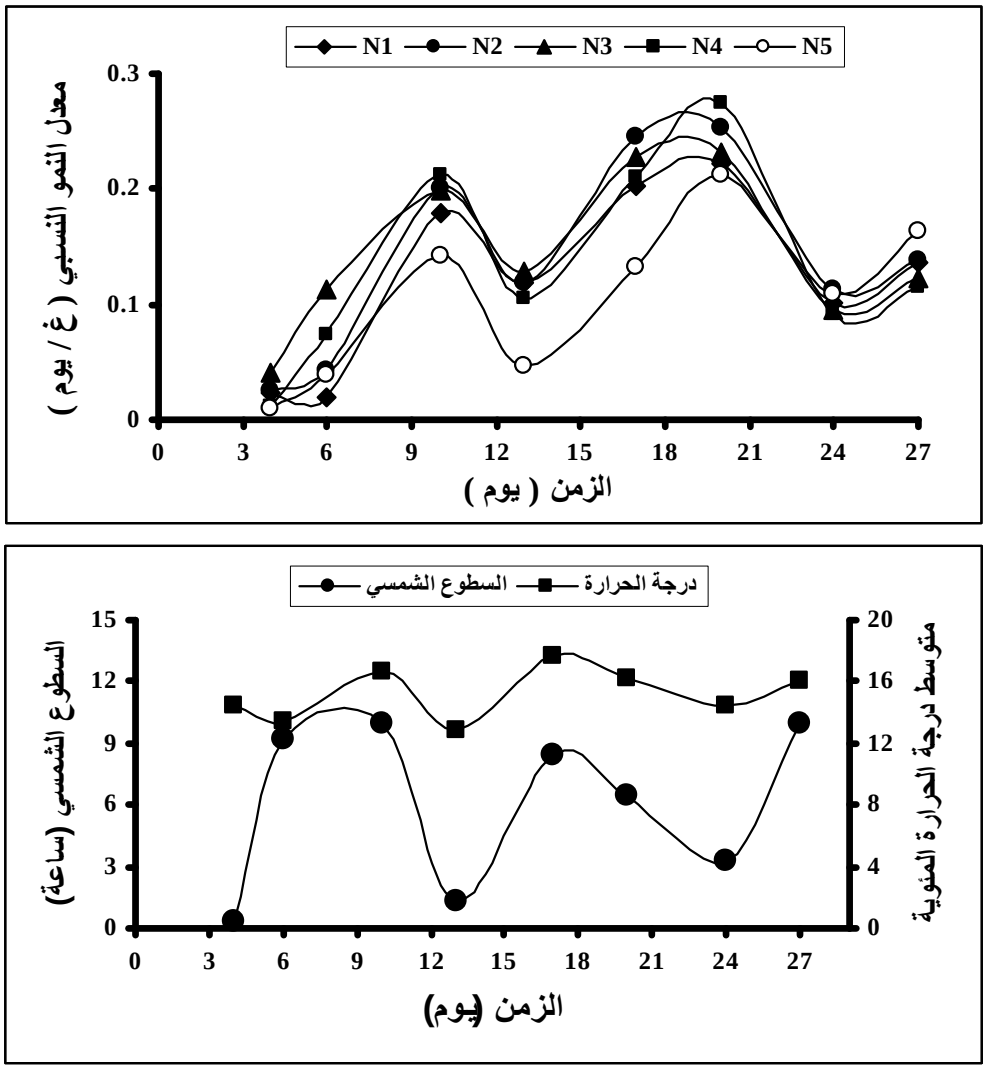
تعتبر تراكيز النترات الحرة في الأنسجة الورقية لمعاملة النترات الكاملة N1 والتي بلغت 3269 مغ/كغ مادة طازجة عالية تفوق الحدود القصوى (2000 مغ/كغ مادة طازجة) المسموح بها في الخس المعد للاستهلاك (Maynard, et al. 1976). إن وجود الأمونيوم بنسبة 25% كحد أدنى في وسط النمو قد خفض تراكيز النترات الحرة في الأنسجة الورقية للخس إلى مستوى قريب من التركيز الحرج المسموح به (2257 مغ/كغ)، وتصبح 1723 مغ/كغ بوجود 50% من تركيز الآزوت بشكلة الأمونياكي (جدول 2). هذا ما يبدو من وجهة النظر العملية التسويقية مقبولاً على اعتبار أن المعاملة N3 (NH_4:NO_3 50:50) قد حققت أفضل نمو ومحصول ورقي بين جميع المعاملات (شكل 1 و جدول 1)، إضافة إلى زيادة محتوى أوراق الخس من فيتامين C بحيث بلغت 4.5 مغ/100 غ أوراق طازجة في المعاملة N3 مقارنة بالتركيز 2.4 مغ/100 غ مادة طازجة في المعاملة النتراتية الكاملة N1 ، ولكن لم تتأثر نسب المواد الصلبة الذائبة تبعاً لشكل التغذية النتراتية/الأمونياكية (جدول 2). حبذا لو تضمنت التحاليل الكيميائية السكريات الذائبة لمدلولاتها المهمة في تحديد جودة أوراق الخس.

جدول 4: تأثير التغذية النتراتية/الأمونياكية على النترات الحرة في الأنسجة الورقية الجافة نسبة إلى الآزوت الكلي.

NO_3-N (%)	NO_3-N (مغ/غ)	N–كلي (مغ/غ)	المعاملة NO_3:NH_4
41.7	11.5	27.4	100 : 0
23.4	7.9	33.6	75 : 25
17.3	6.6	37.9	50 : 50
13.0	4.8	37.0	25 : 75
5.8	2.2	37.8	0 : 100
3.0	0.9	2.6	$LSD_{0.05}$
———	P > F	———	
0.0001	0.0001	0.0001	

تسمح حسابات معدلات النمو النسبية بمعرفة كمية النمو التي تحققها نباتات الخس يومياً بتأثير شكل التغذية الآزوتية (نترات/أمونيوم) بعد استبعاد التباينات الناتجة في النمو. يبين الشكل 2 انخفاض معدلات النمو النسبية في المعاملتين N1 و N5 مقارنة بباقي المعاملات N1 و N2، و N3 التي يتواجد في محلولها الغذائي كلا الشاردتين

النتراتية والأمونياكية بنسبهما 25:75، 50:50، و 75:25 . هذا وتجدر الإشارة إلى حدوث انخفاض في معدلات النمو في كافة المعاملات مترافقة مع انخفاض معدلات السطوع الشمسي ووجود طقس غائم (شكل 2). هذا ربما يعود إلى تأثير معدلات السطوع الشمسي والحرارة في زيادة النتح وامتصاص الماء وما يتبعه من زيادة في امتصاص لشوارد النترات والأمونيوم (Cardenas-Navarro, et al. 1999) ، واللتين لهما بالغ الأثر في معدلات النمو النسبية التي تحققها النباتات (Gaudreau, et al. 1995; Seginer, et al. 1999).



شكل 2: معدل النمو النسبي لنباتات الخس الطازجة و معدلات السطوع الشمسي ودرجة الحرارة الجافة خلال فترة التجربة.

ولا ينحصر التأثير الإيجابي لشوارد الأمونيوم مترافقة مع النترات في وسط النمو على تحسين امتصاص الآزوت الكلي والنمو وخفض تراكيز النترات الحرة غير المرجعة في الأنسجة النباتية الورقية بل يتعداه إلى التغيرات التي تحدثها شوارد الأمونيوم في pH الوسط (Alloush, et al. 1990; Alloush, 2003). لقد بينت نباتات الخس تفضيلاً لامتصاص شوارد النترات على الأمونيوم في مراحلة النمو الأولى حتى اليوم 13 من عمر التجربة والذي تمثل بارتفاع pH المحاليل الغذائية للمعاملات كافة فوق درجة pH البداية بمعدل 1.3 درجة على الأقل (شكل 1)، ومن ثم بدأت

نباتات الخس في المعاملات N3 و N4 و N5 التي تحوي في محاليلها الغذائي نسب 50، 75، و 100% من شوارد الأمونيوم في اليوم 17 بخفض pH الوسط ليبلغ في نهاية التجربة 4.14 و 3.44 و3.61 على التوالي (جدول 5). وتعزى تغيرات pH الوسط الغذائي إلى توازن امتصاص الكاتيونات/الأنيونات تبعاً لأفضلية امتصاص النترات أو الأمونيوم وأفراز الجذور لشوارد OH^-/HCO_3^- أو H^+ (Mengel and Kirkby, 2001)، وهي على صلة وثيقة بتركيز شوارد الأمونيوم في الوسط وحجم النباتات ومقدار الزيادة في امتصاص الكاتيونات/الأنيونات. وتجدر الإشارة إلى أن رفع نباتات المعاملة N5 (100% NH4) ل pH الوسط في المراحل الأولى للنمو ربما عادت لوجود تركيز 3.8 مغ/ل في المياه المستخدمة لتحضير المحاليل الغذائية إضافة إلى نترجة جزء يسير لأمونيوم الوسط الغذائي (Mengel and Kirkby, 2001). إن لتغيرات pH الوسط الغذائي عند التغذية الأمونياكية بالغ الأثر في الترب الكلسية القاعدية ليس فقط على نمو نبات الخس بل على امتصاص العناصر الغذائية التي تتعرض للتثبيت في الترب القاعدية كالفوسفور والعديد من العناصر النادرة الكاتيونية (Mengel and Kirkby, 2001)، هذا مع الأخذ بعين الاعتبار أن حجم التغيرات في pH التربة هي أقل من تلك التي تم تسجيلها في المحاليل الغذائية (جدول 5) وذلك للسعة التنظيمية العالية التي تتمتع بها الترب مقارنة بالمحاليل الغذائية (Mengel and Kirkby, 2001).

وتتبع تراكيز العناصر الغذائية تأثير التغذية الآزوتية النتراتية والأمونياكية والمتغيرات الحاصلة في النمو والتي تنتج في الغالب عن معدلات امتصاص الآزوت. وبالتالي تبين معدلات تراكم العناصر الغذائية في المجاميع الورقية (Specific Accumulatio Rate, SAcR)، المتغيرات في كفاءة انتقال العناصر الغذائية من المجاميع الجذرية نحو الأوراق وتراكمها بوحدة النمو والزمن حيث تستثني هذه الحسابات التباينات في حجوم وأوزان النباتات في المعاملات المختلفة (Alloush, 2003).

جدول 5: تغيرات pH المحاليل الغذائية وميليمكافئات شوارد H^+/OH^- المتحررة من جذور نباتات الخس بتأثير التغذية النتراتية والأمونياكية خلال 3 أيام التي سبقت نهاية التجربة.

المعاملة $NO_3:NH_4$	pH البداية	pH النهاية	عدد النباتات	H^+/OH^- (ميليمكافىء)	
				OH^-	H^+
100 : 0	6.01	8.06	4	12.32	–
75 : 25	6.00	6.82	6	4.56	–
50 : 50	6.00	4.14	5	–	3.36
25 : 75	6.01	3.44	5	–	10.08
0 : 100	6.00	3.61	6	–	7.84

ولقد أدى وجود شوارد الأمونيوم ومنذ المستوى الأول (المعاملة N2) إلى زيادة واضحة في معدلات تراكم الآزوت والفوسفور والمغنيزيوم في المجاميع الورقية للخس تستمر حتى المعاملة N3 (غير معنوية في حال الفوسفور)، ومن ثم تتناقص بشكل معنوي في معاملة الأمونيوم الكاملة N5 (جدول 6). العكس تماماً صحيح بالنسبة للكالسيوم

الذي يتراكم بأعلى معدلاته في المعاملة النتراتية الكاملة N1 وتتناقص بشكل حاد تدريجي بوجود شوارد الأمونيوم في المحلول الغذائي بكافة مستوياته (المعاملات N2 إلى N5). أما البوتاسيوم والصوديوم فلا تتأثر معدلات تراكمهما بوجود نسبة من شوارد الأمونيوم في المحلول الغذائي حتى التركيز 50:50 $NH_4:NO_3$ (المعاملتين N2 و N3 مقارنة بالمعاملة N1)، ومن ثم تنخفض بوجود التراكيز الأعلى من الأمونيوم 75% و100% من التغذية الآزوتية في حال الصوديوم، وترتفع في حال البوتاسيوم الذي تميزت معدلات تراكمه في الأوراق عموماً بقيم عالية مقارنة بباقي العناصر الغذائية. وهذا ربما يرجع إلى كفاءة انتقال عالية للبوتاسيوم من الجذور إلى الأوراق.

جدول 6: تأثير التغذية النتراتية/الأمونياكية على معدل تراكم العناصر الغذائية (Specific Accumulation Rate, SAcR) في الأوراق.

SAcR (مغ من العنصر المغذي/غ مادة جافة/يوم)						المعاملة
Na	K	Mg	Ca	P	N	$NO_3:NH_4$
2.93	7.86	0.20	1.56	0.66	2.86	100 : 0
3.04	8.10	0.70	0.67	0.81	3.79	75 : 25
2.95	7.82	0.65	0.80	0.85	4.68	50 : 50
2.24	10.22	0.65	0.61	0.74	4.34	25 : 75
1.72	10.03	0.68	0.44	0.54	3.36	0 : 100
0.52	1.76	0.19	0.18	0.17	0.75	$LSD_{0.05}$
P > F						
0.0014	0.0255	0.0014	0.0001	0.0188	0.0033	

يمكن تحليل تأثير شكل التغذية الآزوتية النتراتية والأمونياكية على امتصاص العناصر الغذائية بحساب معدلات تدفقها (Inflow, I) التي تأخذ بعين الاعتبار أن الكمية الممتصة هي نتيجة للنمو الخضري وطول المجموع الجذري المتشكل بتأثير التغذية الآزوتية (جدول 1 و 3). وتعبر قيمة التدفق (I) عن تأثير شكل التغذية النتراتية والأمونياكية في كفاءة امتصاص العنصر الغذائي بوحدة الطول من الجذور بوحدة الزمن (جدول 7).

جدول 7: تأثير التغذية النتراتية/الأمونياكية على معدل امتصاص العناصر الغذائية (Inflow, I) من قبل الجذور.

معدل الامتصاص (ميكروغرام/متر من الجذور/يوم)						المعاملة
Na	K	Mg	Ca	P	N	$NO_3:NH_4$
7.58	19.49	2.14	4.10	3.09	7.68	100 : 0
9.51	23.97	2.80	2.25	3.54	11.76	75 : 25
8.74	22.70	2.07	2.51	3.00	14.20	50 : 50
7.55	31.81	2.25	2.12	2.93	15.59	25 : 75
7.78	38.29	2.77	1.93	2.82	15.23	0 : 100
3.73	11.79	1.27	0.95	1.33	5.19	$LSD_{0.05}$

P > F					
0.6923	0.0343	0.4224	0.0047	0.7595	0.0393

لقد ترافقت الزيادة التدريجية والمعنوية في معدلات تدفق الآزوت بوجود مستويات متدرجة من الأمونيوم في المحلول الغذائي إلا أن معدلات انتقال البوتاسيوم من الجذور إلى الأوراق كانت بنسبة أعلى بوجود تراكيز عالية من الأمونيوم في المحلول الغذائي للمعاملتين N4 و N5 (جدول 6). وتبين أيضاً أن لوجود شوارد الأمونيوم في المحلول الغذائي تأثيراً مثبطاً على معدلات تدفق الكالسيوم ضمن الجذور بحال مشابه للتأثير على معدلات تراكمة في المجاميع الورقية.

الاستنتاجات والتوصيات:

تشير النتائج إلى تجاوب نباتات الخس في الزراعات المائية وتفضيلها لوجود تراكيز متوازنة من الشكلين النتراتي والأمونياكي، إذ يكون نمو المجموعين الخضري والجذري أفضل ما يمكن مقارنة بباقي نسب الخلط التي تضمنتها هذه الدراسة. إن الزراعات المحمية في أوساط غذائية قد تكون أسلوباً يمكن المنتج من التحكم في معدلات النمو والوصول بنباتات الخس للاستهلاك في الأسواق بحسب الطلب عليها، خاصة وأن جودة الأوراق قد تحسنت من حيث محتواها القليل من النترات الذائبة غير المرجعة في الأوراق أو من حيث محتواها من فيتامين C عند النسبة المتوازنة من التغذية النتراتية والأمونياكية. والتحسن في النمو كان بشكل أساسي تابعاً لزيادة معدلات امتصاص الآزوت والتي لم تؤثر بشكل سلبي على امتصاص بقية العناصر الغذائية الأساسية. فعلى الرغم من انخفاض معدلات امتصاص الكالسيوم بوجود الأمونيوم في وسط النمو إلا أن تراكيزه في الأنسجة النباتية بقيت أعلى من الحدود الحرجة لنقصه (4–5 مغ/غ مادة جافة). وربما تمكننا هذه النتائج من اقتراح تعديل على طريقة تسميد الخس في الحقول المفتوحة بإعطاء جرعة تسميدية أولية عند الزراعة، يتبعها جرعات مخففة متلاحقة تجعل عمليات النترجة وتحول الأمونيوم إلى نترات في الحدود الدنيا ومترافقة مع الأيام المشمسة التي ترتفع فيها درجات الحرارة، تؤكده تجارب حقلية تشكل أساساً لمشاريع بحثية لاحقة.

المراجع:

1. ADAS. The analysis of agricultural materials. 3rd Edition. Reference Book. 427, HMSO, London. 1986, 248.

2. ALLOUSH, G. A. Responses of chickpea to low phosphorus: pH changes, nutrient uptake rates, and root morphological changes. Agronomie: Agri. & Environ., 2003, 23, 123-133.
3. ALLOUSH, G. A., LEBOT, J.; SANDERS, F. E. and KIRKBY, E. A. Mineral nutrition of chickpea plants supplied with NO_3 or NH_4-N. I. Ionic balance in relation to iron stress. J. Plant Nutr. 1990, 13, 1575-1590.
4. BRUNING-FANN, C. S and KANEENE, J. B. The effects of nitrate, nitrite and N-nitroso compounds on human health: a review. Veterinary and Human Toxicology, 1993, 35, 521-538.
5. CARDENAS-NAVARRO, R.; ADMOWICZ, S. and Robin, P. Nitrate accumulation in plants: a role for water. J. Exper. Botany, 1999, 334, 613-624.
6. DAPOIGNY, L.; TOURDONNET, S.; ROGER-ESTRADE, J.; JEUFFROY, M. and Fleury, A. Effect of nitrogen nutrition on growth and nitrate accumulation in lettuce, under various conditions of radition and temperature. Agronomie, 2000, 20, 843-855.
7. DELHON, P.; GOJON, A.; TILLARD. P. and PASSAMA, L. Diurnal regulation of NO_3 uptake in soybean plants. I. changes in NO_3 influx, efflux, and N utilization in the plant during the day/night cycle. J. Exper. Botany, 1995a, 46, 1585-1594.
8. DELHON, P.; GOJON, A.; TILLARD, P. and PASSAMA, L. Diurnal regulation of NO_3 uptake in soybean plants. II. relationship with accumulation of NO_3 and asparagines in the roots. J. Exper. Botany, 1995b, 46, 1595-1602.
9. GASHAW, L. and MUGWIRA, L. M. Ammonium-N and nitrate-N effects on the growth and mineral compositions of triticale, wheat, and rey. Agron. J. 1981, 73, 47-51.
10. GAUDREAU, I.; CHARBONNEAU, J. ; VEZINA, L. P. and GOSSELIN, A. Effects of photoperiod and photosynthetic photon flux on nitrate content and nitrate reductase activity in greenhouse-grown lettuce. J. Plant Nutr. 1995, 18, 437-453.
11. GENT, M. P. N. Effect of genotype, fertilization, and season on free amino acids in leaves of salad greens grown in high tunnels. J. Plant Nutr. 2005, 28, 1103-1116.
12. GENT, M. P. N. Growth and composition of salad greens as affected by organic compared to nitrate fertilizer and by environment in high tunnels. J. Plant Nutr. 2002, 25, 981-998.
13. GUNES, A.; INAL, A.; and AKTAS, M. Reducing nitrate content of NFT grown winter onion plants (Allium cepa L.) by partial replacement on NO_3 with amino acid in nutrient solution. Scientia Horticulturae, 1996, 65, 203-208.
14. HEWITT, E. J. Sand and water culture methods used in study of plant nutrition. Eastern Press, London, 1966, 547.
15. LITTLE, T. M. and HILLS, F. G. Agricultural experimentation: design and analysis. Jhon Wiley & Sons. USA.1978, 350.
16. MAYNARD, D. M.; BARKER, A. V.; MINOTTI, P. L. and Peck, N. H. Nitrate accumulation in vegetables. Advances in Agronomy, 1976, 28, 71-118.
17. MENGEL, K. and KIRKBY E. A. Principles of plant nutrition. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 2001.
18. RAYN, J.; ASTAFAN, G. and ALRASHEED, A. Analysis of soil and plant: A laboratory manual. The International Center for Agricultural Research in Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria, 2003.
19. SANTAMARIA, P. and ELIA, A. Producing nitrate-free endive heads: effect of nitrogen form on growth, yield, and ion composition of endive. J. Am. Soc. Hort. Sci. 1997, 122, 140-145.

20. SAS INSTITUTE. SAS user 's guide: Statistics. SAS Inst., 1999, Cary, NC.
21. SEGINER, I.; STRATEN, G. and BUWALDA, F. Nitrate concentration in greenhouse lettuce a modeling study. Acta Horticulture, 1998, 189-197.NO.456.
22. SEGINER, I.; STRATEN, G. and BUWALDA, F. Lettuce growth limited by nitrate supply. Acta Horticulture, 1999, 141-148.NO.507.
23. STEINGROVER, E.; RATERING, P. and SIESLING, J. Daily changes in uptake, reduction and storage of nitrate in spinach grown at low light intensity. Physl. Planta. 1986, 66, 550-556.
24. TENNANT, D. A test of a modified line intersect method of estimating root length. J. Ecol. 1975, 63, 995-1001.
25. VAN DER BOON, J.; STEENHUIZEN, J. W. and STEINGROVER, E. G. Growth and nitrate concentration of lettuce as affected by total nitrogen and chloride concentration, NH_4/NO_3 ratio and temperature of the recirculating nutrient solution. J. Hort. Sci. 1990, 65, 309-321.
26. WANG, Z. H. and Li, S. X. Effect of nitrogen and phosphorus fertilization on plant growth and nitrate accumulation in vegetables. J. Plant Nutr. 2004, 27, 539-556.
27. WILLIAMS, R.F. The physiology of plant growth with special reference to the concept of net assimilation rate. Ann. Bot. 1946, 10, 41-72.