Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 50, No 4, Winter 2020 (901-909)
DOI: 10.22059/ijhs.2019.261187.1486

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۰، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۸ (ص ۹۰۹-۹۰۱)

تأثیر کودهای نیتروژن و بور بر عملکرد و غلظت عناصر معدنی میوه کارلا (*Momordica charantia* L.)

علی حسن‌زاده[1*]، مصطفی حیدری[2]، حسن خوش‌قلب[3] و حسن قربانی قوژدی[4]
۱، ۲، ۳ و ٤. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار، استادیار و مربی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۵/٦ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۲٤)

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر عناصر غذایی نیتروژن و بور بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه کارلا (*Momordica charantia* L.)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود اجرا شد. تیمارها شامل عامل اول کود نیتروژن در سه سطح (۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم کود نیتروژن درهکتار از منبع اوره) و عامل دوم محلول‌پاشی بور درچهار سطح (صفر، یک، دو و سه گرم در لیتر اسید بوریک) بودند. نتایج نشان داد نیتروژن تأثیر مثبت و معنی‌داری بر تعداد گل‌ها، تعداد بذر سالم در میوه و عناصر نیتروژن و پتاسیم در بافت میوه داشت. بیشترین میزان فسفر بافت میوه در تیمار ۷۵ کیلوگرم نیتروژن به دست آمد. همچنین نتایج نشان داد محلول‌پاشی بور تا غلظت دو گرم در لیتر، بیشترین تأثیر را بر صفات تعداد گل در بوته (۹٦/٤٦)، تعداد بذر سالم در میوه (۳٦/۳٦)، کاهش تعداد بذر پوک در میوه (۲/۰۷) و افزایش میزان عنصر نیتروژن (۱۰/۱۱ درصد) در بافت میوه بر جا گذاشت. بیشترین عملکرد میوه در بوته و وزن هزاردانه نیز در تیمار کاربرد هم‌زمان ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن و دو گرم در لیتر بور حاصل شد و کمترین مقدار این صفات مربوط به تیمار ۷۵ کیلوگرم نیتروژن و عدم محلول‌پاشی بور بود. نتایج نشان داد استفاده از ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به همراه محلول‌پاشی دو گرم در لیتر اسید بوریک تأثیر بیشتری بر عملکرد میوه و غلظت عناصر معدنی در میوه کارلا داشت.

واژه‌های کلیدی: اسید بوریک، اوره، تغذیه معدنی، کارلا (*Momordicacharantia*).

Effect of nitrogen and boron fertilizers on the yield and concentration of mineral elements of karela fruit (*Momordica charantia* L.)

Ali Hassanzadeh[1*], Mostafa Heidari[2], Hassan Khoshghalb[3] and Hassan Ghorbani Ghozhdi[4]
1, 2, 3, 4. Former M.Sc. Student, Associate Professor, Assistant Professor and Instructor, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Iran
(Received: July 28, 2018- Accepted: Feb. 13, 2019)

ABSTRACT

In order to study the effects of nitrogen and boron elements on quantity and quality characteristics of karela (*Momordica charantia* L.), a factorial experiment based on the randomized complete block design with three replications was conducted in AgricultururalFaculty, Shahrood University of Technology. The treatments consisted of nitrogen as a first factorin in three levels (75, 150 and 225 kg ha^{-1}, as urea) and foliar application of boron as a second factor in four levels (0, 1, 2 and 3 g L^{-1} boric acid). The results showed that the maximum amount of the phosphorus in fruit was obtained at the 75 kg ha^{-1}. The results showed that foliar application of boron up to 2 g L^{-1} caused the greatest effect on the number of flowers per plant (96.46), number of perfect seeds per fruit (36.36), and reducing the number of hollow seed fruits (2.07) and increased the amount of nitrogen (11.10%) in the fruit tissue. The highest fruit yield per plant and seed thousand weight were obtained at the 150 $kgha^{-1}$nitrogen and 2 gr/l foliar application of boron and the lowest of these traits were treated of 75 kg ha^{-1} and without application of bororn. Results showed that use of 150 kg ha^{-1} nitrogen fertilizer plus 2 g L^{-1} of boric acid, had a greater effect on the fruit yield and concentration of mineral elements in karela fruit.

Keywords: Boric acid, Karela (*Momordica charantia*), Mineral nutrition, Urea.

* Corresponding author E-mail: a.hassanzadeh04@yahoo.com

مقدمه

کارلا (*Momordica charantia* L.) گیاهی یک‌ساله، یک‌پایه، علفی، متعلق به تیره کدوئیان و بومی مناطق جنوب شرق آسیاه مانند چین، ژاپن و همچنین آفریقاست (Islam *et al*., 2011). در آمازون، آفریقای شرقی، جزایر واقع در دریای کارائیب و نیز جنوب امریکا به‌منظور تأمین غذا و دارو کشت می‌شود. گیاهی به‌ظاهرشبیه خیارْ، اما تعدادی زگیل بر روی سطح میوه آن قرار دارد. گیاهی است که از ریشه، ساقه، برگ، میوه و دانه آن استفاده غذایی و دارویی عدیده‌ای می‌شود. میوه‌های نابالغ آن منبع خوبی از ویتامین‌های A و C، فسفر و آهن بوده، همچنین به دلیل وجود ماده مومومردیسین (Momordicin) بسیار تلخ‌مزه هستند. به دلیل استفاده در درمان دیابت، سرطان و بسیاری از بیمارهای عفونی این گیاه از اهمیت فراوانی برخوردار است. خواص درمانی این گیاه عمدتاً در زمانی است که میوه‌های آن سبز و نابالغ است. در واقع این میوه‌ها دارای مخلوطی از فلاونوئیدها و آلکالوئیدها هستند که سبب تولید انسولین بیشتر در لوزالمعده و درنتیجه سبب کنترل قند خون در بیماران دیابتی می‌شود (Heidari & Mobasri Moghadam, 2014). آمار دقیقی از کاشت این گیاه در ایران در دست نیست، اما مناطق عمده کاشت آن استان سیستان و بلوچستان است که هم به‌صورت مزرعه‌ای و هم در گلخانه کاشته می‌شود.

کارلا دارای مشکلات زراعی از قبیل جوانه‌زنی پایین بذرها، میوه‌های کوچک و بدشکل، عملکرد پایین، عدم گل‌دهی هم‌زمان و حساسیت به بیماری‌ها می‌باشد (Akter & Rahman, 2013). تغذیه متعادل از مهم‌ترین عوامل افزایش بهره‌وری و رسیدن به تولید ثابت و حفظ کیفیت مطلوب در این گیاه می‌باشد. ازاین‌رو مصرف کودهای معدنی، به‌ویژه کودهای حاوی نیتروژن که موجب بهبود رشد و نمو در گیاهان می‌شوند، ضروری می‌باشند. نیتروژن از ترکیبات مهم کلروفیل، پروتئین، اسیدهای نوکلئیک و برخی از هورمون‌های گیاهی به‌شمار می‌رود. نیترات (NO_3^-) فرم غالب نیتروژن مورداستفاده اکثر گیاهان است و باروری گیاهان تا حد زیادی تحت تأثیر جذب نیتروژن نیتراتی است (Feijuan & Cheng, 2012; Khalid, 2013). به نظر می‌رسد عدم تعادل در تغذیه گیاهی، منجر به تغییرات مورفولوژیک و فیزیولوژیک در گیاهان می‌شود. در آزمایشی جهت بررسی تأثیر نیتروژن بر کدوی سبز (*Cucurbita pepo* L.)، مشخص شد ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کودنیتروژن از منبع اوره موجب افزایش تشکیل گل‌ها و همچنین عملکرد میوه به بیشترین مقدار نسبت به شاهد شد (Ng'etich *et al*., 2013). گیاهان دارای رشد زیاد همچون کارلا به مقادیر بیشتری نیتروژن جهت رشد خود نیاز دارند. در آزمایشی بر روی کارلا گزارش شد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیترات آمونیوم موجب افزایش تعداد و وزن میوه به بیشترین مقدار می‌شود (Akter & Rahman, 2013). کوددهی نیتروژن به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در گیاهان تیره چتریان باعث افزایش بیشترین مقدار در رشد رویشی، روغن-های فرار، کربوهیدرات کل، قند محلول و غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در گیاه می‌شود (Khalid, 2013). گزارش شده کارایی مصرف نیتروژن در گیاه کارلادر حد بین ۲۵ تا ۳۵ درصد است و به‌ندرت به ۵۰ درصد می‌رسد (Ali *et al*., 1995). لذا مصرف نیتروژن اهمیت زیادی در تولید عملکرد میوه در این گیاه دارد. بررسی سطوح مختلف کود نیتروژن (۰، ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) بر کلم بروکلی نشان داد، افزایش سطوح نیتروژن از صفر به ۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار باعث افزایش معنی‌داری درغلظت پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن و رویدر این گیاه گردید. در این بین غلظت عناصر فسفر، بور و منگنز تحت تأثیر تیمار کودی نیتروژن قرار نگرفت (Yoldas *et al*., 2008).

زراعت تک‌کشتی، مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی به‌ویژه کودهای نیتروژن دار و عدم مصرف کودهای حاوی عناصر ریزمغذی از عوامل بروز کمبود این عناصر در محصولات کشاورزی هستند. کمبود بور به‌ویژه در مناطق خشک که افزایش pH خاک موجب کاهش جذب این عنصر توسط گیاهان می‌شود، قابل‌مشاهده است (Davis *et al*., 2003). از وظایف فیزیولوژیک بور در گیاهان می‌توان به انتقال قندها، ساخت دیواره سلولی، شرکت در

متابولیسم کربوهیدرات‌ها و نیتروژن، تسریع در گل‌دهی و رسیدن میوه‌ها و همچنین جوانه‌زنی بذرها اشاره کرد (Herrera-Rodríguez *et al*., 2010; Will *et al*., 2011). در بسیاری از گیاهان در زمان گل‌دهی و تشکیل بذر، حتی زمانی که کمبود بور در برگ‌ها وجود ندارد، تقاضا برای بور افزایش می‌یابد و لذا محلول‌پاشی بور موجب افزایش تشکیل میوه و عملکرد این گیاهان می‌شود (Hossain *et al*., 2011). در آزمایشی روی گوجه‌فرنگی محلول‌پاشی بور موجب افزایش وزن خشک برگ و میوه، عملکرد کل و غلظت عناصر نیتروژن، کلسیم، پتاسیم و بور در گیاه شد (Davis *et al*., 2003). بررسی تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی اسید بوریک (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام) در مراحل مختلف رشد در گیاه کدوی تخم کاغذی معروف به کدوی طبی (*Cucurbita pepo* con. Pepo var. *Styriaca*) مشخص شدکه غلظت ۱۵۰ پی‌پی‌ام در مرحله ظهور گل‌ها، سبب افزایش معنی‌داری در تشکیل میوه و بذر، وزن هزاردانه و تجمع بور در بذر و همچنین کاهش تعداد بذرهای پوک شد (HamidiMoghaddam, 2006). همچنین نتایج آزمایش‌های محققین در همین گیاه نشان داد محلول‌پاشی برگی بور باعث افزایش تعداد گل، تعداد میوه، عملکرد میوه، عملکرد کل و همچنین افزایش جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم توسط گیاه شد (Abou-Aly *et al*., 2006). نیاز گیاهان به بور متفاوت است، به‌طوری‌که حتی امکان بروز کمبود و سمیت آن به‌وسیله یک گیاه در یک‌فصل رشد وجود دارد.

سمیت بور باعث فرآیندهای خاصی در گیاهان می‌شود. تغییر در متابولیسم گیاهی، کاهش تقسیم سلولی در ریشه، کاهش کلروفیل برگ و نیزکاهش میزان فتوسنتز و کاهش لیگنین و سوبرین از آن جمله‌اند (Goldberg, 1997). بنابراین اثرات سمی آن بر جذب سایر عناصرغذایی توسط گیاهان نیزتأثیر می‌گذارد. پژوهش‌های معدودی اثر تغذیه گیاه کارلا با بور را مورد بررسی قرار داده‌اند (Shi & Cheng, 2004). لذا هدف از انجام این آزمایش، بررسی محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف عنصر بور در حضور سطوح مختلف کود نیتروژن بر برخی ویژگی‌های زایشی، عملکرد و غلظت برخی از عناصر معدنی در گیاه دارویی کارلا بود. افزون بر آن، این پژوهش به دنبال بررسی اثر متقابل این عناصر و همچنین میزان تحمل نسبی گیاه کارلا به افزایش غلظت بور نیز بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در بهار و تابستان سال ۱۳۹۲ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود واقع در منطقه بسطام با طول جغرافیایی ۵۵ درجه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۲۵ متر از سطح دریا انجام شد. متوسط بارندگی سالیانه منطقه ۱۵۵ میلی‌متر و متوسط حداقل و حداکثر دمای سالیانه آن بهترتیب ۹/۶- و ۴۰ درجه سانتی‌گراد است. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش قبل از کاشت در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری)

Table 1. Physical and chemical characteristics of the experimental site soil (depth 0-30 cm)

Texture	Nutrient				Silt	Sand	Clay	pH	EC
	B	K	P	N					
	(ppm)			(%)		(%)			(ds/m)
Loamy-Clay	7	201	19	0.11	35	27	38	7.67	1.81

آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل عامل اول کود نیتروژن در سه سطح (N_1=۷۵، N_2=۱۵۰ و N_3=۲۲۵کیلوگرم در هکتارنیتروژن منبع اوره) و عامل دوم بور در چهار سطح (B_0= ۰، B_1= ۱، B_2= ۲ و B_3= ۳ گرم در لیتر اسید بوریک) بودند. یک‌سوم کود نیتروژن قبل از کاشت و دوسوم باقیمانده به‌صورت سرک در دو مرحله اوایل گل‌دهی و اوایل میوه‌دهی به خاک اضافه شدند. تیمارهای اسید بوریک نیز در سه مرحله (قبل از گل‌دهی، اوایل گل‌دهی و اوایل میوه‌دهی) بر روی گیاهان محلول‌پاشی شدند.

برای این طرح، قطعه زمین موردنظر شخم و سپس دو بار دیسک زده شد. واحدهای آزمایشی شامل دو ردیف (جوی) به طول چهار متر، فاصله بین ردیف‌ها ۲/۵

متر، فاصله بوته‌ها روی ردیف ۹۰ سانتی‌متر و فاصله دو کرت مجاور ۱/۵ متر در نظر گرفته شد ومجموعاً ۲۰ بوته در هر کرت به‌صورت نم‌کاری کشت شد. عمق کاشت بذرها ۵-۳ سانتی‌متر بود و در هر چاله کاشت سه بذر کشت شد. بذرها پس ۱۰-۷ روز سبز شدند و پس از چند روز عملیات واکاری انجام شد و پس از تقریباً ۲۵ روز عمل تنک بوته‌ها انجام شد و در هر محل یک بوته نگه داشته شد.

طی دوره رشد و نمو، آبیاری به‌طور مرتب هر هفت روز یک بار انجام شد. همچنین وجین علف‌های هرز و سله‌شکنی در چند مرحله صورت گرفت. ده روز پس از اعمال آخرین تیمار، چهار بوته از وسط هر کرت انتخاب و تعداد گل در هر بوته شمارش شد. پس از باردهی، برداشت میوه‌ها در طی فصل رشد در چند چین انجام شد. همچنین در پایان فصل رشد در هر بوته سه عدد میوه جهت بذرگیری نگهداری شد و تعداد بذر سالم (پرشده) در هر میوه و وزن هزار دانه شمارش و محاسبه شد.

بیست روز پس از شروع باردهی گیاهان، نمونه‌های برگ و میوه تهیه شد. آماده‌سازی نمونه‌ها جهت سنجش عناصر غذایی به روش(Zasoski & Burau, 1977) با استفاده از کوره الکتریکی انجام شد. نیتروژن کل به روشتیتراسیون بعد از تقطیر با دستگاهکجلدال نیمه‌خودکار مدل Vapodest 20S، پتاسیم کل به‌روش نشر شعله‌ای (AEP) با دستگاه Flame Photometer Jenway PFP 7 و فسفر کل به روش کالریمتری (رنگ زرد مولیبدات وانادات) با دستگاه Spectrophotometer Jenway 6306 اندازه‌گیری شد. درنهایت برای اندازه‌گیری بور از روش کورکامین و از دستگاه Spectrophotometer Jenway 6306 استفاده شد.

تجزیه آماری نتایج به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS و MSTATC صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها براساس حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

عملکرد گل، بذر و میوه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تیمار نیتروژن در سطح احتمال یک درصد تأثیرمعنی‌داری بر تعداد گل‌های تولیدی در بوته داشت (جدول ۲)، به‌طوری‌که بیشترین تعداد گل در بوته از تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و با میانگین ۸۶/۶ گل حاصل شد. دراین بین کمترین تعداد گل در بوته مربوط به تیمار ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به میزان ۷۴/۷ گل در بوته بود (جدول ۳).

محلول‌پاشی بور نیز تأثیرمعنی‌داری در سطح احتمال یک درصد برتعداد گل‌های تولیدی در بوته داشت، اما اثر متقابل نیتروژن و بور بر تعداد گل‌های تولیدی معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد کمترین تعداد گل مربوط به تیمار شاهد به میزان ۶۷/۱ عدد گل و بیشترین آن مربوط به تیمار ۲ گرم در لیتر بور با تعداد ۹۶/۵ گل در بوته بود (جدول۳).

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد اثر متقابل نیتروژن و بور بر عملکرد میوه معنی دار بود. مقایسه میانگین اثر متقابل نیتروژن و بور نشان داد، کاربرد توأم ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن به همراه محلول‌پاشی دو در هزار بور سبب تولید بیشترین عملکرد میوه به میزان ۱۷۸۵ گرم در بوته شد. کمترین عملکرد میوه در تیمار ۷۵ کیلوگرم نیتروژن و در شرایط عدم محلول‌پاشی بور به میزان ۹۳۰ گرم در بوته حاصل شد (شکل ۱).

عناصر غذایی یکی از عوامل مهم در افزایش عملکرد گیاهان می‌باشند. در بین عناصر غذایی، سه عنصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم از اهمیت خاصی برخوردارند. علاوه بر نیتروژن، فسفر و پتاسیم، عناصر غذایی کم‌مصرف همانند بور نیز مورد نیاز گیاهان می‌باشند. بور در فرآیندهای اصلی تقسیم و طویل‌شدن سلول و نیز در سوخت‌وساز سلول‌ها نقش دارد، لذا حضور مقادیر مناسبی از این عنصر نیز در محیط ریشه برای رشد و نیز تولید ضروری است (Marschener, 1995).

نیتروژن جزو اصلی پروتئین و نیز در ساختار ترکیباتی همانند کلروفیل نیز شرکت دارد. درنتیجه حضور مقدار مناسبی از این عنصر در محیط ریشه سبب افزایش میزان کلروفیل، میزان فتوسنتز و نیز افزایش سطح برگ در گیاهان می‌شود (Feijuan &

(Cheng, 2012; Ng'etich *et al*., 2013). در این آزمایش مشخص شد استفاده از کود نیتروژن باعث افزایش عملکرد میوه، تعداد میوه در بوته و نیز وزن هزاردانه در گیاه دارویی کارلا شد (جدول ۲). به‌طوری‌که بیشترین عملکرد میوه و وزن هزار دانه در اثر مصرف ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و محلول‌پاشی ۲ گرم در لیتر اسید بوریک حاصل شد. بور دارای اثرات مستقیم و غیر مستقیمی بر باروری است. مصرف کافی بور سبب بهبود تقسیم سلولی، کمک به سنتز اسیدهای نوکلئوئیک و نیز بهبود جوانه‌زنی دانه گرده می‌شود. گزارش شده میزان بور موردنیاز برای تولید دانه و بذر معمولاً بیشتر از میزانی است که تنها برای رشد رویشی موردنیاز است (Herrera-Rodríguez *et al*., 2010).

غلظت‌های بالای بور به دلیل تشدید تنفس سلولی، کاهش فعالیت آنزیمی در سلول و نیز گاها صدمه به پروتوپلاسم تا حدی اثرات سمی داشته و موجب کاهش عملکرد می‌گردد (Ruiz *et al*., 1998; Herrera-Rodríguez *et al*., 2010). در این آزمایش مشخص شد در طی بالا رفتن غلظت بور از گرم در لیتر به ۳ گرم در لیتر، از میزان عملکرد میوه کارلا کاسته شد. حد کفایت و حد مسمومیت بور به هم نزدیک بوده و کمبود آن به‌سرعت باعث کاهش و توقف رشد می‌شود. در همان حال غلظت بالای آن نیز می‌تواند سبب مسمومیت و کاهش رشد شود (Herrera-Rodríguez *et al*., 2010).

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد تیمار کودی نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر تعداد بذرهای سالم و پر و همچنین تعداد میوه در بوته داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین تعداد بذرهای سالم در میوه (۳۱/۸ بذر) مربوط به تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بود و پس‌ازآن به ترتیب تیمارهای ۷۵ (۲۹/۸ بذر) و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (۲۷/۳ بذر) در یک گروه آماری قرار گرفتند. دراین‌بین بیشترین تعداد میوه به میزان ۱۲/۲ عدد در بوته مربوط به تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بود که نسبت به تیمار ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از افزایشی معادل ۳۲/۴ درصد برخوردار بود (جدول ۳).

یکی از دلایل آن می‌تواند بزرگ‌تر شدن میوه‌ها در تیمار کودی نیتروژن باشد. نیتروژن باعث افزایش سطح سبز گیاه، فتوسنتز و همچنین افزایش ذخیره مواد فتوسنتزی در بذر شده و دانه‌ها سنگین‌تری تولید می‌کند (Ng'etich *et al*. 2013).

تیمار بور بر تعداد بذرهای سالمو پرو نیز تعداد میوه در بوته تأثیرمعنی‌داری داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین تعداد دانه سالم و نیز تعداد میوه در بوته مربوط به تیمار ۲ گرم در لیتر که نسبت به تیمار شاهد به ترتیب از افزایشی معادل ۳۴/۷ و ۳۴/۴ درصد به ترتیب برای تعداد دانه سالم و تعداد میوه در بوته برخوردار بودند (جدول ۳).

مصرف بور در رشد زایشی و تشکیل بذر در گیاهان مؤثر است. گزارش‌شده است که کمبود آن موجب کاهش تعداد بذر در غلاف‌های گیاه سویا شد (Liu *et al*., 2005). بور با انتقال قندها به دانه‌های در حال رشد می‌تواند کاربرد نیتروژن را برای پر کردن دانه‌ها افزایش دهد که درنهایت منجر به افزایش عملکرد بذر شود (Fatemi Naghdeh & Sorooshzadeh, 2002).

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد اثر متقابل نیتروژن و بور بر وزن هزاردانه میوه کارلا معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثر متقابل نیتروژن و بور نشان داد بیشترین وزن هزار دانه به میزان ۱۹۵/۸ گرم از تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و محلول‌پاشی دو گرم در لیتر بورحاصل شد. کمترین آن مربوط به تیمار ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و بدون کاربرد بور با میانگین ۱۵۵/۳ گرم بود (شکل ۲).

گزارش‌شده بور تأثیر مثبتی در جذب نیتروژن در گیاه خردل داشت و سببا فزایش وزن دانه آن شد (Hossain *et al*., 2011). کمبود بور همچنین موجب بالا رفتن میزان بذرهای پوک، آسیب به جنین و نیز تشکیل بذرهای ناقص می‌شود (Dell & Huang, 1997). گزارش‌شده کمبود بور سبب کاهش کارایی H^+-ATPase در غشاءهای پلاسمایی سلول می‌شود درنتیجه جذب نیترات توسط ریشه کاهش می‌یابد (Camacho-Cristóbal & González-Fontes, 2007; Marschner & Rimmington, 1996).

عناصر غذایی

فسفر

در بین عناصر معدنی موردمطالعه در این آزمایش، اثر متقابل نیتروژن و بور تنها بر میزان فسفر میوه معنی‌دار بود و در مورد عناصر نیتروژن، پتاسیم و بور معنی‌دار نبود (جدول ۲). براساس نتایج موجود در شکل ۳، کمترین میزان فسفر میوه (۲/۴۸ درصد) مربوط به تیمار ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن بعلاوه محلول‌پاشی دو گرم در لیتر بور و بیشترین میزان آن (۶/۳۵ درصد) مربوط به تیمار ۷۵ کیلوگرم نیتروژن و بدون مصرف بور بود.

نیتروژن

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد نیتروژن تأثیرمعنی‌داری بر درصد نیتروژن بافت میوه داشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد تیمار ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن دارای کمترین میزان نیتروژن در میوه (۶/۵ درصد بافت خشک) و پس‌ازآن تیمارهای ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار بهترتیب به میزان ۹/۹ و ۱۰/۸ درصد در مرتبه بعدی قرار داشتند (جدول ۳). محلول‌پاشی بور نیز تأثیر معنی‌داری بر میزان نیتروژن میوه‌های کارلا داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین سطوح مختلف بور نشان داد تیمارهای ۱، ۲ و ۳ گرم در لیتر بور نسبت به شاهد دارای مقدار بیشتری نیتروژن بودند و تفاوت معنی‌داری با شاهد داشتند. دراین‌بین بیشترین میزان نیتروژن (۱۰/۱۱درصد) از محلول‌پاشی ۲ گرم در لیتر اسید بوریک حاصل شد (جدول ۳).

پتاسیم

براساس نتایج تجزیه آماری داده‌ها، تیمار نیتروژن تأثیرمعنی‌داری بر میزان پتاسیم میوه‌های سبز کارلا داشت، اما اثر محلول‌پاشی بور و اثر متقابل تیمارها معنی‌دار نبودند (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین میزان پتاسیم در بافت میوه از تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و به میزان ۳۵۱/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم حاصل شد. سپس تیمار ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به میزان ۳۳۹/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم در رتبه بعدی و کمترین آن به میزان ۳۳۳/۷۲ میلی‌گرم در کیلوگرم مربوط به تیمار ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بود (جدول ۳).

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات موردمطالعه در کارلا

Table 2. Variance analysis of the studied traits in karela

S. O. V	df	Mean Square (MS)								
		Number of flowers	Number of fruits per plant	Fruit yield	Number of filled seeds in fruit	1000-seed weight	Nitrogen (N)	Phosphorus (P)	Potassium (K)	Born (B)
Replication	2	1399.6**	24.8**	31654.3**	1.61^{ns}	21.77^{ns}	0.21^{ns}	0.08^{ns}	136.47^{ns}	0.017^{ns}
Nitrogen (N)	2	440.07**	52.2**	201464.1**	63.24*	344.06**	62.05**	3.95**	1018.59*	0.002^{ns}
Boron (B)	3	1331.2**	30.3**	352777**	242.7**	336.45**	10.56**	3.82**	246.39^{ns}	7.99**
N × B	6	11.76^{ns}	0.7^{ns}	259249**	11.51^{ns}	151.47*	0.34^{ns}	4.62**	146.98^{ns}	0.001^{ns}
Error	22	36.4	1.8	2464.7	12.64	57.45	1.48	0.42	283.81	0.007
C.V. (%)	-	7.54	13.7	3.99	11.98	4.41	13.4	15.69	4.93	4.46

**، *، ns: به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و نبود تفاوت معنی‌دار.

**, *, ns: Significant at the 1 and 5% of probability levels, and non-significant, respectively.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثرمتقابل نیتروژن و بور بر صفات موردمطالعه کارلا

Table 3. Mean comparison interaction effect of nitrogen and boron on the studied traits in karela

Treatments	Traits					
	Number of flowers	Number of fruits per plant	Number of filled seeds in fruit	Nitrogen (%)	Potassium (mg/kg)	Boron (mg/kg)
			Nitrogen (Kg/ha)			
N_1= 75	74.79 b	8.2b	29.83 ab	6.53 b	333.72 b	1.93a
N_2= 150	86.67 a	12.2a	31.89 a	9.92 a	351.76 a	1.94 a
N_3= 225	78.67 b	9.3b	27.3 b	10.85 a	339.42 ab	1.96a
			Boron (gr/L)			
B_0= 0	67.16 c	8.0c	23.75 c	7.62 b	337.81 a	0.46 d
B_1= 1	77.32 b	9.1b	29.93 b	9.65 a	339.15 a	1.86 c
B_2= 2	96.46 a	12.2a	36.36 a	10.11 a	349.35 a	2.51 b
B_3= 3	79.24 b	10.3b	28.65 b	9.02 a	340.32 a	2.75 a

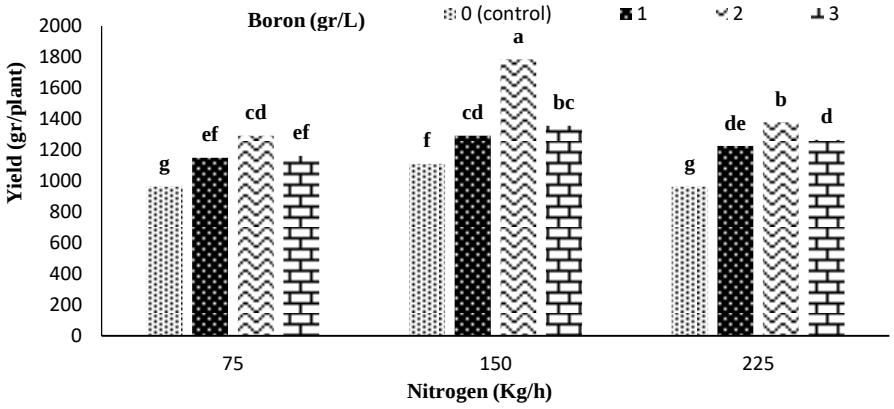
*در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه مطابق با آزمون مقایسه میانگین حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد دارای تفاوت معنی داری با یکدیگر نمی‌باشند.

* In each column, means with the similar letters are not significant different (P< 0.05) using LSD test

بور

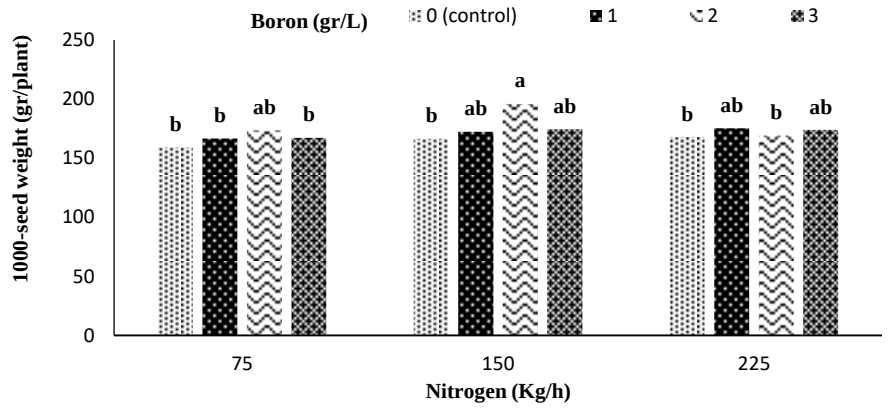
نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان داد نیتروژن تأثیرمعنی‌داری بر تجمع بور در بافت میوه کارلا نداشت، ولی محلول‌پاشی بور تأثیرمعنی‌داری بر آن داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های سطوح مختلف بور نشان داد تیمار سه گرم در لیتر دارای بیشترین میزان تجمع بور در میوه (۲/۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود. پس ازآن به ترتیب تیمارهای ۲ گرم در لیتر به مقدار ۲/۵۱ میلی‌گرم در کیلوگرم، یک گرم در لیتر بور به میزان ۱/۸۶ میلی‌گرم در کیلوگرم و شاهد به مقدار ۰/۴۶ میلی‌گرم در کیلوگرم قرار داشتند (جدول۳).

در زمینه روابط بین عنصر بور با سایر عناصر نتایج متفاوتی ارائه‌شده است. آزمایش‌های انجام‌شده بر روی گیاه یونجه (Baker & Cook, 1959) و گوجه‌فرنگی (Aduayi, 1978) نشان داد با افزایش غلظت بور در طی استفاده از کود نیتروژن، میزان فسفر کاهش و مقدار پتاسیم افزایش یافت. در این آزمایش مشخص شد که تیمار کودی بور، به‌جز پتاسیم، تأثیرمعنی‌داری بر میزان نیتروژن، فسفر و بور در میوه گیاه کارلا داشت. در این بین بیشترین میزان بور از تیمار ۳ در هزار و نیتروژن از تیمار ۲ در هزار اسید بوریک حاصل شد. نتایج نشان داد غلظت‌های مختلف نیتروژن تأثیری بر غلظت بور میوه نداشت. با این‌حال با افزایش میزان محلول‌پاشی‌اسید بوریک، غلظت بور در بافت میوه نیز افزایش یافت که با نتایج ارائه‌شده توسط سایر محققان در مورد گیاهان دیگر همخوانی داشت (Papadakis *et al*., 2003; Shelp, 1988).



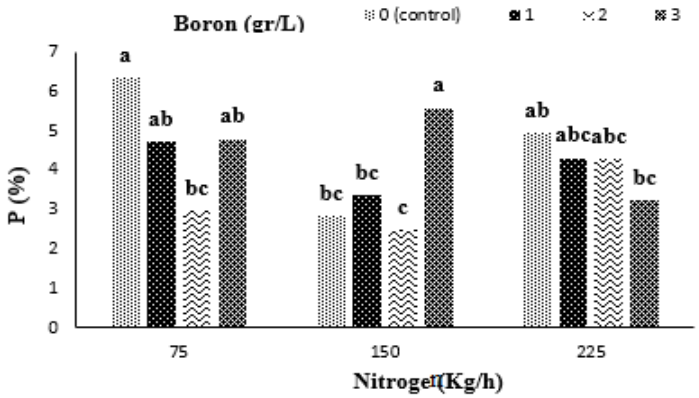
شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل نیتروژن و بور بر عملکرد میوه سبز کارلا

Figure 1. Mean comparison interaction effect of nitrogen and boron on green fruit yield of karela



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل نیتروژن و بور بر وزن هزار دانه کارلا

Figure 2. Mean comparison interaction effect of nitrogen and boron on 1000-seed weightof karela



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل نیتروژن و بور بر غلظت فسفر در میوه کارلا

Figure 3. Mean comparison interaction effect of nitrogen and boron on phosphorus content in karela fruit

نتیجه‌گیری کلی

در این آزمایش استفاده از کود نیتروژن تنها تا سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار توانست منجر به افزایش عملکرد میوه، وزن هزار دانه، تعداد بذر در میوه و همچنین مقادیر عناصر نیتروژن و پتاسیم در گیاه کارلا شود. افزایش بیشتر، تغییری در افزایش عملکرد میوه این گیاه نشان نداد. حضور عنصر بور در طی استفاده از نیتروژن توانست تغییرات مثبتی در رشد، عملکرد و نیز جذب عناصر غذایی این گیاه ایجاد نماید، به‌طوری‌که محلول‌پاشی ۲ گرم در لیتر اسید بوریک در طی استفاده از ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار سبب تولید بالاترین عملکرد میوه و وزن هزار دانه شد. همچنین محلول‌پاشی اسید بوریک تا سطح ۲ گرم در لیتر سبب افزایش تعداد گل و غلظت عنصر نیتروژن در میوه کارلا شد. ازاین‌رومی‌توان نتیجه‌گیری کرد بهترین تیمار کود نیتروژن و اسید بوریک برای این گیاه تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و محلول‌پاشی ۲ گرم در لیتر اسید بوریک است.

REFERENCES

1. Abou-Aly, H. E., Mady, M. A. & Moussa, S. A. M. (2006). Interaction effect between phosphate dissolving microorganisms and boron on squash (*Cucurbita pepo* L.) growth, endogenous phytohormones and fruit yield. *Environmental Sciences*, 1, 751-774.
2. Aduayi, E. A. (1978). Role of boron on growth components and elemental composition of the plum tomato. *Communications in Soil Science and Plant Analysis Journal*, 9, 1-11.
3. Ali, N., Rahman, M. & Hussain, S. A. (1995). Response of *Momordica charantia* L. (Bitter gourd) cultivars to nitrogen levels. *Sarhad Journal of Agriculture*, 11, 585-589.
4. Akter, P. & Rahman, M. (2013). Effect of foliar application of IAA and GA on sex expression, yield attributes and yield of bitter gourd (*Momordica charantia* L.). *Chittagong University Journal of Biological Sciences*, 5, 55-62.
5. Baker, A. S. & Cook, R. L. (1959). Greenhouse studies on alfalfa with soil type, soil reaction and borax fertilization as variables. *Agronomy Journal*, 51, 1-4.
6. Beigi, S., Golchin, A. & Shafiei, S. (2011). The effects of different levels of nitrogen and molybdenum in nutrient solution on quantitative and qualitative traits and nitrate concentration of cucumber in hydroponic culture. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 6, 37-49. (In Farsi)
7. Camacho-Cristóbal, J. J. & González-Fontes, A. (2007). Boron deficiency decreases plasmalemma H+-ATPase expression and nitrate uptake, and promotes ammonium assimilation into asparagine in tobacco roots. *Planta*, 226, 443-451.
8. Davis, J. M., Sanders, D. C., Nelson, P. V., Lengnick, L. & Sperry, W. J. (2003). Boron improves growth, yield, quality, and nutrient content of tomato. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 128, 441-446.
9. Dell, B. & Huang, L. (1997). Physiological response of plants to low boron. *Plant and Soil*, 193, 103-120.
10. Fatemi Naghdeh, H. & Sorooshzadeh, A. (2002). Effects of planting date and sprayed nitrogen and boron reproductive stage on soybean yield and yield components. In: Proceedings of *The Seventh Set of Crop Science Congress of Iran*, Karaj, pp. 233. (in Farsi)

11. Feijuan, W. & Cheng, Z. (2012). Effects of nitrogen and light intensity on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) production under soil water control. *African Journal of Agricultural Research*, 7, 4408-4415.
12. Goldberg, S. (1997). Reactions of boron with soils. *Plant and Soil*, 193, 35-48.
13. Hamid Moghaddam, A. (2006). *Effect of elemental spraying on fruit formation and some quantitative and qualitative traits of medical gum*. M. Sc. Thesis in Horticulture. University of Tehran. (In Farsi)
14. Heidari, M. & Mobasri Moghadam, M. (2014). Effects of amount and timing of nitrogen application on yield production and quantitative charcteristics of karela (*Momordica charantia* L.). *Iranian Journal of Medical and Aromatic Plants*, 66 (4), 591-599. (in Farsi)
15. Herrera-Rodríguez, M. B., González-Fontes, A., Rexach, J., Camacho-Cristóbal, J. J., Maldonado, J. M. & Navarro-Gochicoa, M. T. (2010). Role of boron in vascular plants and response mechanisms to boron stresses. *Plant Stress*, 4, 115-122.
16. Hossain, M., Jahiruddin, M. & Khatun, F. (2011). Effect of boron on yield and mineral nutrition of mustard (*Brassica napus*). *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 36, 63-73.
17. Islam, S., Jalaluddin, M. & Hettiarachchy, N. S. (2011). Bio-active compounds of bitter melon genotypes (*Momordica charantia* L.) in relation to their physiological functions. *Functional Foods in Health and Disease*, 1, 61-74.
18. Khalid, K. A. (2013). Effect of nitrogen fertilization on morphological and biochemical traits of some apiaceae crops under arid region conditions in Egypt. *BioScience*, 5, 15-21.
19. Liu, P., Yang, Y., Xu, G., Fang, Y., Yang, Y. & Kalin, R. (2005). The effect of molybdenum and boron in soil on the growth and photosynthesis of three soybean varieties. *Plant Soil Environment*, 51, 197-205
20. .Marschner, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plants* 2nd edition. Academic, Great Britain.
21. Marschner, H. & Rimmington, G. (1996). *Mineral nutrition of higher plants*. Wiley Online Library.
22. Ng'etich, O. K., Niyokuri, A. N., Rono, J. J., Fashaho, A. & Ogweno, J. O. (2013). Effect of different rates of nitrogen fertilizer on the growth and yield of zucchini (*Cucurbita pepo* cv. Diamant L.) hybrid F1 in Rwandan high altitude zone. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5, 54-62.
23. Papadakis, I., Dimassi, K. & Therios, I. (2003). Response of two citrus genotypes to six boron concentrations: concentration and distribution of nutrients, total absorption, and nutrient use efficiency. *Crop and Pasture Science*, 54, 571-580.
24. Ruiz, J. M., Baghour, M., Bretones, G., Belakir, A. & Romero, L. (1998). Nitrogen metabolism in tobacco plants (*Nicotianatabacum* L.): Role of boron as a possible regulatory factor. *International Journal of Plant Sciences*, 159, 121-126.
25. Shelp, B. (1988). Boron mobility and nutrition in broccoli (*Brassica oleracea* var. italic). *Annals of Botany*, 61, 83-91.
26. Shi, M. & Cheng, R. (2004). Effects of zinc and boron nutrition on balsam pear (*Momordica charantia* L.) yield and quality, and polyamines, hormone, and senescence of its leaves. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 15(1), 77-80.
27. Warington, K. (1923). The effect of boric acid and borax on the broad bean and certain other plants. *Annals of Botany*, 37, 629-672.
28. Will, S., Eichert, T., Fernández, V., Möhring, J., Müller, T. & Römheld, V. (2011). Absorption and mobility of foliar-applied boron in soybean as affected by plant boron status and application as a polyol complex. *Plant and Soil*, 344, 283-293.
29. Yoldas, F., Ceylan, S., Yagmur, B. & Mordogan, N. (2008). Effects of nitrogen fertilizer on yield quality and nutrient content in broccoli. *Journal of Plant Nutrition*, 31, 1333-1343.
30. Zasoski, R., & Burau, R. (1977). A rapid nitric-perchloricacid digestion methodfor multi-element tissueanalysis. *Communicationsin Soil Science and Plant Analysis*, 8(5), 425-436.