تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و مولیبدن محلول غذایی بر صفات کمی و کیفی و غلظت نیترات در خیار سبز در محیط آبکشت

سمیه بیگی *، احمد گلچین و سعید شفیعی [۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۳/۱۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۵/۴)

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و مولیبدن بر صفات کمی و کیفی و تجمع نیترات در خیار سبز رقم "سلطان" یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی شامل سطوح مختلف نیتروژن (۲۳۸ و ۳۱۰ میلی‌گرم در لیتر) و مولیبدن (۰/۰۱، ۰/۱۰ و ۱ میلی‌گرم در لیتر) در سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان در سال ۱۳۸۸ به‌صورت آبکشت به اجرا درآمد. نتایج نشان داد که اثر سطوح مختلف نیتروژن و مولیبدن بر عملکرد و شاخص‌های رشد گیاه شامل میانگین وزن، طول و قطر تک میوه و کلروفیل برگ در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار است. با افزایش میزان نیتروژن محلول غذایی، میزان کلروفیل برگ افزایش ولی عملکرد میوه و میانگین طول، وزن و قطر تک میوه کاهش یافت. افزایش سطح مولیبدن محلول غذایی باعث کاهش شاخص‌های رشد و عملکرد خیار سبز شد. به طوری که بیشترین عملکرد میوه از تیمار حاوی ۰/۰۱ میلی‌گرم مولیبدن در لیتر محلول غذایی به‌دست آمد که با تیمار ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر تفاوت معنی‌داری نداشت. ولی در تیمار حاوی ۱ میلی‌گرم مولیبدن در لیتر، عملکرد به مقدار زیادی کاهش یافت. اثر سطوح مختلف نیتروژن و مولیبدن محلول غذایی بر غلظت نیترات میوه در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. افزایش سطح نیتروژن محلول غذایی، غلظت نیترات را از ۱۳۵۶ به ۲۱۲۲ میلی‌گرم در کیلوگرم بافت خشک میوه خیار سبز افزایش داد که از حد مجاز آن (۱۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بافت خشک میوه) بیشتر بود. افزایش سطح مولیبدن محلول غذایی از ۰/۰۱ به ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر بدون تأثیر بر عملکرد، غلظت نیترات را از ۱۹۶۱ به ۱۷۰۳ میلی‌گرم در کیلوگرم بافت خشک میوه کاهش داد. افزایش غلظت نیتروژن محلول غذایی باعث افزایش معنی‌دار غلظت نیتروژن، پتاسیم و کلسیم و کاهش غلظت فسفر، منیزیم و مولیبدن میوه شد. هم‌چنین با افزایش غلظت مولیبدن محلول غذایی، غلظت آهن، منگنز و مولیبدن در میوه افزایش، ولی غلظت مس کاهش یافت. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که افزایش غلظت مولیبدن در محلول غذایی در محیط کشت آبکشت بدون کاهش عملکرد باعث کاهش غلظت نیترات در میوه خیار سبزمی‌شود

واژه‌های کلیدی: عناصر غذایی، تجمع نیترات، شاخص‌های رشد، خیار گلخانه‌ای

مقدمه

خیار سبز یکی از مهمترین محصولات گلخانه‌ای است که توسعه روش‌های نوین پرورش آن می‌تواند نقش مهمی در افزایش بهره‌وری و تولید این محصول داشته باشد (۲۵). بعد از گوجه‌فرنگی، کلم و پیاز، میزان تولید جهانی خیار سبز در مقام چهارم قرار دارد و ایران بعد از چین و ترکیه سومین تولید کننده خیار سبز در جهان است (۱۱). طبق آخرین آمارنامه منتشره در سال ۱۳۸۳، سطح زیر کشت خیار سبز گلخانه‌ای ۲۲۰۰ هکتار

۱. به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد و دانشجوی دکتری گروه خاک‌شناسی، دانشگاه زنجان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: s.beige1362@yahoo.com

با متوسط عملکرد ۱۵ کیلوگرم در متر مربع بوده است. ولی در سال‌های اخیر با تولید ۱۴ میلیون تن خیار گلخانه‌ای حدود ۳/۳ درصد از تولید خیار سبز ایران در گلخانه صورت گرفته است که سطحی معادل ۸۰۰۰۰ هکتار را شامل می‌شود (۴ و ۱۱). عوامل مختلفی در عملکرد خیار سبز نقش دارند که از آن جمله می‌توان به تغذیه متعادل گیاه اشاره کرد. رشد گیاه بستگی به فراهم بودن نیتروژن در محیط‌کشت دارد، زیرا این عنصر در تشکیل آمینواسیدها، پروتئین‌ها، اسیدهای‌نوکلئیک و دیگر ترکیبات سلولی نقش مهمی دارد (۸ و ۱۶). ولی مصرف بیش از اندازه کودهای شیمیایی نیتروژنه در محلول‌های غذایی و خاک باعث برهم خوردن تعادل عناصر غذایی، آلودگی محیط‌زیست، افت کیفی محصول و هدر رفتن بخش عظیمی از سرمایه‌های ملی می‌شود. از طرف دیگر، مصرف بیش از حد کودهای نیتروژنه برای تولید محصولات کشاورزی سلامت انسان را به مخاطره می‌اندازد، زیرا گیاه مقدار زیادی از نیتروژن را به‌صورت نیترات جذب می‌کند که می‌تواند سرطان‌زا باشد (۶).

زمانی که گیاه تحت تنش قرار می‌گیرد، یا دچار کمبود مولیبدن می‌شود، تبدیل نیترات به پروتئین کاهش یافته و نیترات در بافت‌های گیاه تجمع می‌یابد (۲۵). مولیبدن یکی از عناصر تشکیل‌دهنده آنزیم نیترات ردوکتاز بوده و در آسمیلاسیون نیترات نقش مهمی بازی می‌کند. به‌همین دلیل مقادیر جزئی آن تأثیر مثبت و معنی‌داری بر میزان پروتئین گیاه، افزایش رشد و کاهش ترکیبات نیتروژنه محلول از جمله نیترات دارد (۱۰). هنگامی‌که نیترات بدون مولیبدن مصرف می‌شود، رشد گیاهان ضعیف، غلظت کلروفیل آنها اندک و نشانه‌های آشکار کمبود نیتروژن در برگ‌ها نمایان می‌شود (۱۹). رابی و همکاران (۲۲) در بررسی تأثیر سطوح مختلف نیتروژن (صفر، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) و مولیبدن (صفر، ۰/۴ و ۰/۸ کیلوگرم در هکتار) بر رشد و عملکرد نخودفرنگی مشاهده کردند که بیشترین مقدار عملکرد و شاخص‌های رشد از مصرف ۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد. هم‌چنین مصرف مولیبدن به مقدار ۰/۴ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش عملکرد و شاخص‌های رشد گیاه شد ولی با افزایش سطح آن به ۰/۸ کیلوگرم در هکتار، عملکرد کاهش یافت. کاشکی و غیور باغبانی (۶) در بررسی تأثیر سطوح مختلف نیتروژن (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) بر عملکرد و تجمع نیترات در گیاه خیار سبز مشاهده کردند که میزان نیترات میوه با افزایش مصرف نیتروژن افزایش یافت و در تیمار ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به بالاترین حد خود رسید. کاتسیراس و همکاران (۱۷) با بررسی تأثیر سطوح مختلف نیتروژن محلول غذایی (۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بر عملکرد و کیفیت خیار سبز نشان دادند که بیشترین عملکرد از سطوح ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر محلول غذایی به‌دست آمد و با افزایش سطوح نیتروژن به بیشتر از ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر عملکرد، تعداد میوه و میانگین طول، قطر و وزن تک میوه کاهش یافت. بنابراین مصرف زیاد نیتروژن در محلول غذایی نه تنها عملکرد را کاهش می‌دهد، بلکه کیفیت محصولات کشاورزی مخصوصاً سبزی‌های گلخانه‌ای را کاهش می‌دهد، چون باعث تجمع نیترات در بافت‌های گیاه می‌شود. در مقابل، مصرف کافی مولیبدن در محلول‌های غذایی می‌تواند در احیاء نیترات و تبدیل آن به اسیدهای آمینه و نهایتاً پروتئین مؤثر واقع شده و از غلظت زیاد نیترات در بافت‌های گیاه بکاهد. ولی میزانی از نیتروژن که باعث تجمع غیر مجاز نیترات در خیار سبز می‌شود و یا سطحی از مولیبدن که بدون کاهش عملکرد باعث کاهش غلظت نیترات در میوه می‌شود مشخص نبوده و به‌همین دلیل این تحقیق با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و مولیبدن بر عملکرد و غلظت نیترات در میوه و بافت‌های خیار سبز اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و مولیبدن بر

جدول۱. ترکیب شیمیایی محلول‌غذایی هوگلند

محلول‌های غذایی حاوی عناصر پرمصرف و کم‌مصرف (محلول ذخیره)	ترکیب	غلظت محلول ذخیره (گرم در لیتر)	حجم محلول ذخیره در لیتر محلول نهایی (میلی‌لیتر)
I	KCl	۷۴/۵	۶
	$Ca(NO_3)_2.4H_2O$	۲۳۶/۱۶	۲
	KNO_3	۱۰۱/۰۱	۱
	KH_2PO_4	۱۳۶/۰۹	۱
	$MgSO_4.7H_2O$	۲۴۶/۵	۱
II	H_3BO_3	۰/۶۱۸۴	۱
	$ZnSO_4.7H_2O$	۰/۱۴۴	
	$MnSO_4.H_2O$	۰/۰۸۵	
	$CL_2Ni.6H_2O$	۰/۰۲۸۵۲	
	$CuSO_4.5H_2O$	۰/۰۴۹۹	
III	Fe-EDTA	۶/۹۶۲	۱
IV	NO_3NH_4	۸۰/۰۴	۱ و ۵
V	$H_{24}MO_7N_6O_{24}.4H_2O$	۰/۰۱۸۴	۱
		۰/۱۸۴	۱
		۱/۸۴	۱

صفات کمی و کیفی و تجمع نیترات در خیار سبز یک آزمایش گلدانی در گلخانه گروه خاک‌شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان در سال ۱۳۸۸ به اجرا درآمد. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با شش تیمار و در سه تکرار انجام شد. رقم خیار سبز مورد استفاده "سلطان" بود که از شرکت فلات ایران تهیه گردید. ابتدا بذرهای این رقم به مدت ۳ روز در داخل یک پارچه تمیز خیسانده شدند تا جوانه بزنند. سپس بذرهای جوانه‌دار به گلدان‌های حاوی ۴۵۰ گرم پرلیت انتقال داده شدند و گلدان‌ها تا رسیدن به رطوبت گنجایش زراعی با محلول غذایی آبیاری گردیدند. درصد وزنی رطوبت پرلیت در نقطه گنجایش زراعی به کمک دستگاه صفحات فشاری در مکش ۰/۳ بار اندازه‌گیری شد. زمان برای کاشت بذرها، عصر در نظر گرفته شد تا گیاهک‌ها تمام شب را قبل از این که گرمای خورشید در صبح روز بعد به آنها برسد، برای استقرار در محیط جدیدشان فرصت داشته باشند. محلول غذایی مورد استفاده در این آزمایش هوگلند بود که برای تهیه آن ابتدا محلول‌های I، II و III به‌طور جداگانه تحت عنوان محلول‌های غذایی ذخیره و با غلظت‌های ذکر شده در جدول ۱ تهیه شدند. از محلول‌های غذایی ذخیره به اندازه ذکر شده در جدول ۱ برداشته و با هم مخلوط و در نهایت حجم آنها به یک لیتر رسانیده شد تا محلول غذایی هوگلند پایه ساخته شود. با افزودن مقادیر مختلف نیترات آمونیوم و مولیبدات آمونیوم از محلول‌های **IV** و **V** به محلول غذایی هوگلند پایه، محلول‌های باسطوح مختلف نیتروژن و مولیبدن به عنوان تیمارهای آزمایش ساخته شدند. سطوح نیتروژن محلول‌های غذایی عبارت بودند از ۲۳۸ و ۳۱۰ میلی‌گرم در لیتر و میزان مولیبدن آنها در مقادیر ۰/۰۱، ۰/۱ و ۱ میلی‌گرم در لیتر تنظیم گردید. متوسط EC محلول‌های غذایی ۲ میلی‌موس بر

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و مولیبدن بر عملکرد و شاخص‌های رشد خیار سبز

منابع تغییرات	قرائت کلروفیل	سطح برگ (سانتی‌متر مربع در بوته)	طول میوه (سانتی‌متر)	قطر میوه (سانتی‌متر)	وزن میوه (گرم)	عملکرد (گرم در بوته)
سطوح نیتروژن (N)	۴۰۴/۸۹**	۱۵۹۸/۰۰**	۰/۰۷**	۱۱/۶۸**	۳۲۹۸/۸۸**	۳۰۲۰۵۴۲**
سطوح مولیبدن (Mo)	۹۱/۴۵**	۳۲/۲۴^{ns}	۰/۲۵**	۷/۵**	۱۵۲/۳۸^{ns}	۲۱۱۵۳۵۹**
Mo×N	۶۶/۳۱**	۷۴۷۱/۱۸**	۰/۰۳**	۲/۱۹^{ns}	۴۵۱/۲۱**	۲۲۱۷۲^{ns}
خطا	۹/۷۶	۵۹/۸۴	۰/۰۰۶	۰/۹۳	۱۵۰/۰۴	۱۴۶۱۷/۳
CV (٪)	۵/۳۹	۴/۹۶	۵/۹۹	۸/۳۳	۱۸/۴	۷/۵

** و* به ترتیب دارای اختلاف معنی‌دار در سطوح ۱٪ و ۵٪ و ns بدون اختلاف معنی‌دار

سانتی‌متر و متوسط pH آنها ۵/۸ بود. در طول دوره رشد، گیاهان با محلول‌های غذایی حاوی سطوح مختلف نیتروژن و مولیبدن آبیاری شدند و در نور طبیعی، به مدت ۷۵ روز رشد کردند. در طول دوره داشت، میزان عملکرد هر بوته در مراحل مختلف برداشت با ترازوی دیجیتالی توزین و از مجموع توزین‌ها عملکرد نهایی هر بوته محاسبه گردید. شاخص‌های رشد گیاه شامل: شاخص کلروفیل برگ به کمک کلروفیل‌سنج دستی مدل MINOLTA SPAD-520، سطح برگ با استفاده از دستگاه Leaf area meter و بر حسب سانتی‌متر مربع در بوته، میانگین طول و قطر تک میوه به ترتیب با استفاده از خط‌کش و کولیس و میانگین وزن تر تک میوه با استفاده از ترازوی دیجیتالی و از مجموع اندازه‌گیری‌های مختلف محاسبه گردید. اندازه‌گیری نیترات به روش هامفریز و همکاران (۱۷) و با استفاده از ۰/۵ گرم ماده خشک میوه انجام گرفت. نیترات با فنل‌دی‌سولفونیک اسید تولید رنگ زرد می‌کند که شدت رنگ حاصل از طریق رنگ‌سنجی با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل CECIEL Serie2 در طول موج ۴۰۸ نانومتر اندازه‌گیری شد و سپس میزان نیترات بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک محاسبه گردید. در نهایت، غلظت عناصر پرمصرف و کم‌مصرف توسط روش‌های رایج آزمایشگاهی توصیه شده توسط مؤسسه تحقیقات خاک و آب، در ماده خشک میوه اندازه‌گیری شد (۱ و ۲). پس از به‌دست آوردن داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز، برای محاسبات آماری و تجزیه واریانس داده‌ها از نرم‌افزار آماری MSTATC استفاده شد. هم‌چنین از آزمون چند دامنه دانکن برای مقایسه میانگین‌ها و از نرم افزار Excel جهت مرتب کردن داده‌ها استفاده گردید.

نتایج و بحث

عملکرد و شاخص‌های رشد گیاه خیار سبز

عملکرد: نتایج به‌دست‌آمده از جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان می‌دهد که سطوح مختلف نیتروژن و مولیبدن تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ بر میزان عملکرد خیار سبز دارد. افزایش مصرف نیتروژن باعث کاهش عملکرد میوه از ۱۸۰۴ به ۱۳۹۴ گرم در بوته شد (جدول ۳) که با نتایج کاتسیراس و همکارن (۲۱) مطابقت دارد. افزایش سطح نیتروژن محلول غذایی هم‌چنین باعث ضخیم شدن ساقه‌ها و ایجاد رنگ سبز تیره در برگ‌ها، افزایش تعداد پیچک‌ها و کاهش تعداد گل‌ها در بوته‌ها گردید. نقش نیتروژن بیشتر مشارکت در ساخت اندام‌های رویشی مثل برگ‌ها و شاخسارها است. به همین دلیل مصرف زیاد آن باعث تحریک رشد رویشی، افزایش سبزینگی برگ‌ها و به تعویق افتادن تشکیل گل و میوه می‌شود (۳). بنابراین یکی از دلایل کاهش عملکرد خیار سبز با افزایش سطح نیتروژن محلول غذایی را می‌توان کاهش تعداد گل و در نتیجه تعداد میوه در بوته نسبت داد. افزایش سطح مولیبدن محلول غذایی نیز باعث کاهش عملکرد خیار شد. بیشترین عملکرد میوه از تیمار حاوی ۰/۰۱ میلی‌گرم مولیبدن در لیتر

جدول ۳. مقایسه میانگین‌های اثر سطوح مختلف نیتروژن و مولیبدن بر عملکرد و شاخص‌های رشد خیار سبز

تیمار	سطح	قرائت کلروفیل	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)	طول میوه (سانتی‌متر)	قطر میوه (سانتی‌متر)	وزن میوه (گرم)	عملکرد (گرم در بوته)
نیتروژن	N_{238}	۵۵/۵۶ b	۱۵۱/۲۲ b	۱۲/۰۹ a	۱/۳۰ a	۷۳/۳۵ b	۱۸۰۴a
	N_{310}	۶۰/۳۱ a	۱۶۰/۶۴ a	۱۱/۲۱ b	۱/۲۳ b	۵۹/۸۱ a	۱۳۹۴b
مولیبدن	$Mo_{0.01}$	۵۹/۵۸a	۱۵۷/۱ a	۱۲/۴۲a	۱/۳۷ a	۶۷/۳۵a	۱۶۷۸a
	$Mo_{0.1}$	۵۸/۴۶a	۱۵۵/۳ a	۱۱/۲۴b	۱/۲۶ b	۶۸/۶۴a	۱۶۲۵a
	Mo_1	۵۵/۷۸b	۱۵۵/۰ a	۱۱/۱۹c	۱/۱۶ c	۶۳/۷۷a	۱۴۹۴b
	LSD	۲/۴۲	۵/۹۹	۰/۷۵	۰/۰۶	۱۵/۴۹	۹/۳۶
اثر متقابل نیتروژن×مولیبدن	$Mo_{0.01}\times N_{238}$	۵۹/۰۱ab	۱۳۲/۶ c	۱۱/۸۲ a	۱/۴۴ a	۷۸/۲۴a	۱۶۶۵a
	$Mo_{0.1}\times N_{238}$	۵۵/۷۶ b	۱۴۹/۵ b	۱۱/۹۴ a	۱/۲۹ b	۷۵/۸۱a	۱۶۵۱a
	$Mo_{1}\times N_{238}$	۵۱/۹۴ c	۱۷۰/۸ a	۱۱/۲۹ a	۱/۱۶ d	۶۶/۰۲ab	۱۶۵۰a
	$Mo_{0.01}\times N_{310}$	۶۰/۱۵ a	۱۶۶/۷ a	۱۱/۰۲ a	۱/۳۰ b	۵۶/۴۶b	۱۶۴۲a
	$Mo_{0.1}\times N_{310}$	۶۱/۱۶ a	۱۵۱/۵ b	۱۱/۵۶ a	۱/۲۳ c	۶۱/۴۶b	۱۶۴۹a
	$Mo_{1}\times N_{310}$	۵۹/۶۳ a	۱۳۳/۷ c	۱۱/۰۰ a	۱/۱۲ d	۶۱/۵۳b	۱۶۳۲a
	LSD	۳/۴۲	۸/۴۷	۰/۷۹	۰/۰۸	۱۰/۰۶	۱/۳۲

میانگین‌هایی که در هر ستون یک حرف مشترک دارند، با هم اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ ندارند.

محلول غذایی به دست آمد که با تیمار۰/۱ میلی‌گرم در لیتر تفاوت معنی‌داری نداشت. مولیبدن به مقدار خیلی کم برای گیاهان لازم می‌باشد و این عنصر با افزایش سریع فعالیت آنزیم نیترات‌ردوکتاز باعث متابولیسم نیترات و افزایش عملکرد محصول می‌شود. ولی مصرف بیش از حد کفایت آن تأثیری در افزایش عملکرد ندارد (۵). در غلظت ۱ میلی‌گرم مولیبدن در لیتر محلول غذایی، عملکرد به مقدار زیادی کاهش یافت (جدول ۳) که احتمالاً به دلیل ایجاد سمیت در بافت‌های گیاه باشد. اگر چه اثرات سمی مولیبدن در بخش هوایی گیاه مشاهده نشد، با این حال به نظر می‌رسد برخی اختلالات متابولیک در گیاه باعث کاهش عملکرد شده باشد. کاهش عملکرد هم‌چنین می‌تواند ناشی از اثرات منفی مولیبدن برشاخص کلروفیل برگ باشد (۳). اثر متقابل نیتروژن و مولیبدن بر عملکرد خیارسبز معنی‌دار نشد (جدول ۲)، ولی بیشترین عملکرد میوه به میزان ۱۶۶۵ گرم در بوته در تیمار حاوی ۲۳۸ میلی‌گرم نیتروژن و ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر مولیبدن در محلول غذایی اندازه‌گیری شد. کمترین عملکرد میوه به میزان ۱۶۳۲ گرم در بوته در تیمار حاوی ۳۱۰ میلی‌گرم در لیتر نیتروژن و ۱ میلی‌گرم در لیتر مولیبدن محلول غذایی اندازه‌گیری شد (جدول ۳).

شاخص کلروفیل برگ: نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان می‌دهد که سطوح مختلف نیتروژن و مولیبدن تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ بر شاخص کلروفیل برگ دارد. افزایش مصرف نیتروژن باعث افزایش شاخص کلروفیل برگ شد (جدول ۳). نیتروژن در ساختمان کلروفیل به کار رفته است، به طوری که هر مولکول کلروفیل دارای چهار اتم نیتروژن می‌باشد. بنابراین با افزایش مصرف نیتروژن، میزان کلروفیل در گیاه نیز افزایش می‌یابد. گالر و همکاران (۱۲) در تحقیق خود روی گیاه خیار سبز، نتایج مشابهی اعلام کردند. افزایش سطوح مولیبدن محلول غذایی باعث کاهش شاخص کلروفیل برگ از ۵۹/۵۸ به ۵۵/۷۸ شد (جدول ۳). آگاروالا و

همکاران (۹) در گیاه ذرت و هویت و همکاران (۱۳) در گیاه برنج نتایج مشابهی را گزارش کردند. اثر متقابل نیتروژن و مولیبدن بر میزان کلروفیل برگ در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین شاخص کلروفیل برگ به مقدار ۶۱/۱۵ در تیمار حاوی ۳۱۰ میلی‌گرم در لیتر نیتروژن و ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر مولیبدن محلول غذایی اندازه‌گیری شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار حاوی ۳۱۰ میلی‌گرم در لیتر نیتروژن و ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر مولیبدن محلول غذایی نداشت. کمترین مقدار شاخص کلروفیل برگ به مقدار ۵۱/۹۴ در تیمار حاوی ۲۳۸ میلی‌گرم در لیتر نیتروژن و ۱ میلی‌گرم در لیتر مولیبدن محلول غذایی اندازه‌گیری شد (جدول ۳). مولیبدن در ساختار آنزیم‌های گیاهی، از جمله نیترات‌ردوکتاز، نقش دارد و کمبود آن به علت جلوگیری از احیاء نیترات و تشکیل پروتئین باعث بروز کمبود کلروفیل در گیاه می‌شود که خود نوعی پروتئین است. مولیبدن در غلظت‌های سمی نیز به دلیل ایجاد اختلالات متابولیک در گیاه و بر هم زدن تعادل عناصر غذایی باعث کاهش میزان کلروفیل برگ می‌شود (۲۲).

سطح برگ: نتایج ارائه شده در جدول ۲ نشان می‌دهند که سطوح مختلف نیتروژن تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ بر میزان سطح برگ دارد و افزایش مصرف نیتروژن سبب افزایش سطح برگ در بوته شد. در سطوح بالای نیتروژن، به علت تولید بیشتر کلروفیل و افزایش میزان فتوسنتز، سطح برگ افزایش می‌یابد (۵). نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) و نیز مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳) نشان می‌دهد که سطوح مختلف مولیبدن تأثیر معنی‌داری بر میزان سطح برگ در بوته ندارد. اثر متقابل نیتروژن و مولیبدن بر سطح برگ در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۲) و بیشترین مقدار سطح برگ (۱۷۰/۸۰ سانتی‌متر مربع در بوته) از تیمار حاوی ۲۳۸ میلی‌گرم نیتروژن و۱ میلی‌گرم مولیبدن در لیتر محلول غذایی و کمترین مقدار سطح برگ (۱۳۳/۷ سانتی‌متر مربع در بوته) از تیمار حاوی ۳۱۰ میلی‌گرم نیتروژن و ۱ میلی‌گرم مولیبدن در لیتر محلول غذایی به‌دست آمد (جدول ۳).

میانگین طول، قطر و وزن تک میوه: نتایج به‌دست آمده از جدول ۲ نشان می‌دهد که تأثیرسطوح مختلف نیتروژن و مولیبدن بر میانگین طول، قطر و وزن تک میوه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار است. افزایش غلظت نیتروژن محلول غذایی باعث کاهش میانگین طول، قطر و وزن تک میوه شد (جدول ۳) که احتمالاً به دلیل تحریک رشد رویشی و اختصاص مواد فتوسنتزی بیشتر به برگ‌ها و شاخساره‌ها و مقدار کمتری به میوه است. کاتسیراس و همکاران (۲۱) با بررسی اثر نیتروژن بر عملکرد و کیفیت خیار سبز نتایج مشابهی را گزارش کردند. افزایش غلظت مولیبدن در محلول غذایی نیز میانگین طول، قطر و وزن تک میوه را کاهش داد (جدول ۳). اثر متقابل نیتروژن و مولیبدن بر میانگین قطر تک میوه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد، ولی بر میانگین طول تک میوه معنی‌دار نبود (جدول ۲). بیشترین میانگین طول میوه (۱۱/۹۴ سانتی‌متر) مربوط به تیمار حاوی ۲۳۸ میلی‌گرم نیتروژن و ۰/۰۱ میلی‌گرم مولیبدن در لیتر محلول غذایی و کمترین میانگین طول تک میوه (۱۱ سانتی‌متر) مربوط به تیمار حاوی ۳۱۰ میلی‌گرم نیتروژن و ۱ میلی‌گرم مولیبدن در لیتر محلول غذایی بود که با تیمارهای دیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۲). بیشترین میانگین قطر تک میوه به میزان ۱/۴۴ سانتی‌متر مربوط به تیمار حاوی ۲۳۸ میلی‌گرم نیتروژن و ۰/۰۱ میلی‌گرم مولیبدن در لیتر محلول غذایی و کمترین میانگین قطر تک میوه به میزان ۱/۱۲ سانتی‌متراز تیمار حاوی ۳۱۰ میلی‌گرم نیتروژن و۱ میلی‌گرم مولیبدن در لیتر محلول غذایی به دست آمد (جدول ۳). اثر متقابل نیتروژن و مولیبدن بر میانگین وزن تک میوه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین میانگین وزن تک میوه (۷۸/۲۴ گرم) مربوط به تیمار حاوی ۳۱۰ میلی‌گرم نیتروژن و ۰/۰۱ میلی‌گرم مولیبدن در لیتر محلول غذایی و کمترین میانگین وزن تک میوه (۵۶/۴۶ گرم) مربوط به تیمار حاوی ۲۳۸ میلی‌گرم نیتروژن و ۰/۰۱ میلی‌گرم مولیبدن در لیتر محلول غذایی بود (جدول ۳). مولیبدن به مقدار خیلی کم و به میزان ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر تأثیر مثبتی بر رشد و شاخص‌های رشد گیاه داشت و بیشترین

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس سطوح مختلف نیتروژن و مولیبدن بر غلظت نیترات میوه خیارسبز (میلی‌گرم‌در کیلوگرم بافت خشک)

منابع تغییرات	نیترات میوه
سطوح نیتروژن (N)	۱۰۵۴۸۱۸۴/۷۳**
سطوح مولیبدن (Mo)	۱۰۱۰۴۱۵/۱۸**
Mo×N	۴۴۶۵۶/۸۹**
خطا	۳۷/۹۹
CV (٪)	۰/۳۵

** دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪

میانگین طول، قطر و وزن تک میوه از این سطح مولیبدن حاصل شد. با ثابت نگه‌داشتن میزان نیتروژن محلول غذایی در سطح ۲۳۸ میلی‌گرم در لیتر و افزایش سطح مولیبدن آن به ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر محلول غذایی، تغییر چندانی در شاخص‌های رشد گیاه به‌وجود نیامد. ولی زمانی‌که میزان نیتروژن و مولیبدن محلول غذایی هم‌زمان به بالاترین سطوح خود (N_{310}×Mo_1) افزایش یافتند آثار منفی و سمیت آنها تشدید گردید و کاهش شدیدی در عملکرد و شاخص‌های رشد خیار سبز مشاهده شد (۱۰ و ۲۲).

غلظت نیترات میوه خیار سبز

نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که اثر سطوح نیتروژن و مولیبدن بر غلظت نیترات میوه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار است (جدول ۴). افزایش میزان نیتروژن مصرفی سبب افزایش غلظت نیترات میوه از ۱۳۵۶ به ۲۱۲۲ میلی‌گرم در کیلوگرم بافت خشک شد. از آنجا که حداکثر غلظت مجاز نیترات ۱۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بافت خشک میوه می‌باشد (۲۶)، بنابراین کاربرد ۳۱۰ میلی‌گرم نیتروژن در لیتر محلول غذایی باعث تجمع زیانبار نیترات در میوه خیار رقم سلطان می‌گردد. کاتسیراس و همکاران (۲۰) و کاشکی و غیور باغبانی (۱۳۸۳) نتایج مشابهی را در میوه خیار سبز و آنبوسلوی و همکاران (۱۰) در گیاه آزولا گزارش نموده‌اند. اثرات متقابل سطوح نیتروژن و مولیبدن بر غلظت نیترات میوه خیارسبز در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۴). حداکثر غلظت نیترات میوه به میزان ۲۳۹۳ میلی‌گرم در کیلوگرم بافت خشک در تیمار حاوی ۳۱۰ میلی‌گرم نیتروژن و ۰/۰۱ میلی‌گرم مولیبدن در لیتر محلول غذایی اندازه‌گیری شد و حداقل غلظت نیترات میوه به میزان ۱۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بافت خشک میوه از تیمار حاوی ۲۳۸ میلی‌گرم نیتروژن و ۱ میلی‌گرم مولیبدن در لیتر محلول غذایی به‌دست آمد (جدول ۵). تجمع نیترات در گیاهان یک پدیده طبیعی بوده و هنگامی رخ می‌دهد که سرعت جذب نیترات در گیاه بیشتر از سرعت احیاء و متابولیسم آن باشد. متابولیسم نیترات در گیاهان تحت تأثیر فعالیت آنزیم نیترات‌ردوکتاز بوده و فعالیت این آنزیم نیز تحت تأثیر مواد معدنی و به ویژه مولیبدن است. وقتی کمبود مولیبدن وجود داشته باشد، تبدیل نیترات به اسیدهای آمینه و پروتئین نقصان یافته و نیترات و نیتریت در بافت‌های گیاه تجمع می‌یابند (۱۰).

غلظت عناصر غذایی در میوه خیار سبز

نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که اثر سطوح نیتروژن بر غلظت عناصر پرمصرف میوه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار است (جدول ۶). افزایش سطح نیتروژن

جدول ۵. مقایسه میانگین‌های تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و مولیبدن بر غلظت نیترات میوه خیار سبز (میلی‌گرم در کیلوگرم بافت خشک)

تیمار	سطح	نیترات میوه
نیتروژن	N_{238}	۱۳۵۶b
	N_{310}	۲۱۲۲a
مولیبدن	$Mo_{0.01}$	۱۹۶۱a
	$Mo_{0.1}$	۱۷۰۳b
	Mo_{1}	۱۵۵۶c
	LSD	۴/۷۶
اثر متقابل مولیبدن×نیتروژن	$Mo_{0.01}\times N_{238}$	۱۵۲۸d
	$Mo_{0.1}\times N_{238}$	۱۳۴۲e
	$Mo_{1}\times N_{238}$	۱۲۰۰f
	$Mo_{0.01}\times N_{310}$	۲۳۹۳a
	$Mo_{0.1}\times N_{310}$	۲۰۶۳b
	$Mo_{1}\times N_{310}$	۱۹۱۱c
	LSD	۴/۷۴

میانگین‌هایی که در هر ستون یک حرف مشترک دارند، با هم اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ ندارند.

جدول ۶. نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف نیتروژن و مولیبدن بر غلظت عناصر پرمصرف در میوه خیار سبز

	میانگین مربعات				
منابع تغییرات	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم
	درصد				
سطوح نیتروژن (N)	۵/۹۹۰**	۰/۰۰۴**	۱/۴۵۰**	۰/۰۱۱**	۰/۰۶۵**
سطوح مولیبدن (Mo)	۶/۸۱۶**	۰/۰۰۲**	۱/۶۲۰*	۰/۰۱۴**	۰/۰۲۴**
Mo×N	۰/۰۶۱**	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۳۸^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۱**
خطا	۰/۰۱۱	۰/۰۰۰۱	۰/۴۳۹	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۴
CV (٪)	۱/۹۴	۲/۸۲	۱۳/۱۳	۵/۷۰	۵/۷۷

** و* به ترتیب دارای اختلاف معنی‌دار در سطوح ۱٪ و ۵٪ و ns بدون اختلاف معنی‌دار

محلول غذایی باعث افزایش معنی‌دار غلظت نیتروژن بافت خشک میوه از ۵/۱۴ به ۵/۷۱ درصد شد. غلظت پتاسیم میوه نیز با افزایش غلظت نیتروژن محلول غذایی افزایش یافت، ولی غلظت‌های کلسیم، منیزیم و فسفر میوه کاهش یافتند (جدول ۷). کاهش غلظت کلسیم و منیزیم میوه می‌تواند حاکی از وجود رابطه آنتاگونیستی بین این یون‌ها و یون آمونیوم از یک طرف و یون پتاسیم از طرف دیگر باشد که توسط خوزه و ویلوکس (۱۸) نیز گزارش شده است. کاتیون پتاسیم به عنوان یون مقابل آنیون نیترات و برای ایجاد تعادل بار در گیاه توسط ریشه جذب می‌گردد. به‌دلیل رابطه آنتاگونیستی بین یون‌های

جدول ۷. مقایسه میانگین‌های سطوح مختلف نیتروژن و مولیبدن بر غلظت عناصر پرمصرف در میوه خیار سبز

تیمارها		نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم
		درصد				
نیتروژن	N_{238}	۵/۱۴ b	۰/۱۶ a	۴/۹۰ b	۰/۲۱ a	۰/۳۸ a
	N_{310}	۵/۷۱ a	۰/۱۵ b	۵/۱۸ a	۰/۱۸ b	۰/۳۱ b
مولیبدن	$Mo_{0.01}$	۴/۸۹ c	۰/۱۷ a	۴/۷۹ b	۰/۲۲ a	۰/۳۸ a
	$Mo_{0.1}$	۵/۴۴ b	۰/۱۶ b	۵/۰۲ ab	۰/۱۹ b	۰/۳۳ b
	Mo_1	۵/۹۵ a	۰/۱۵ c	۵/۳۱ a	۰/۱۷ c	۰/۳۱ c
	LSD	۰/۱۳	۰/۰۱	۰/۸۳	۰/۰۰۹	۰/۰۱
اثرمتقابل نیتروژن و مولیبدن	$Mo_{0.01}\times N_{238}$	۴/۶۳d	۰/۱۸a	۴/۶۹b	۰/۲۱ a	۰/۴۱a
	$Mo_{0.1}\times N_{238}$	۵/۱۰c	۰/۱۷a	۴/۸۸b	۰/۱۸ a	۰/۳۶b
	$Mo_{1}\times N_{238}$	۵/۶۹b	۰/۱۶a	۵/۱۳ab	۰/۱۵ a	۰/۳۵b
	$Mo_{0.01}\times N_{310}$	۵/۱۴c	۰/۱۶a	۴/۸۹b	۰/۲۳a	۰/۳۵b
	$Mo_{0.1}\times N_{310}$	۵/۷۹b	۰/۱۵a	۵/۱۶ab	۰/۲۰a	۰/۳۱c
	$Mo_{1}\times N_{310}$	۶/۲۱a	۰/۱۴a	۵/۴۹a	۰/۱۹a	۰/۲۸d
	LSD	۰/۱۱	۰/۰۱	۰/۵۴	۰/۰۱	۰/۰۰۹

میانگین‌هایی که در هر ستون یک حرف مشترک دارند، با هم اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ ندارند.

پتاسیم، کلسیم و منیزیم در جذب، با افزایش جذب پتاسیم توسط گیاه، جذب کلسیم و منیزیم کاهش می‌یابد. کاهش غلظت فسفر میوه با افزایش غلظت نیتروژن در محلول غذایی نیز می‌تواند به‌دلیل رقابت آنیون‌های فسفات و نیترات در جذب، و یا مسمومیت گیاه با نیتروزن زیاد و کاهش جذب فسفر توسط آن باشد. نتایج به دست آمده از جدول ۸ نشان می‌دهد که اثر سطوح نیتروژن بر غلظت مولیبدن، مس و روی میوه در سطح احتمال ۱٪ و بر غلظت منگنز و آهن میوه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار است. با افزایش غلظت نیتروژن محلول غذایی، غلظت‌های مس و مولیبدن میوه به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند (جدول ۹) ولی غلظت‌های بقیه عناصر کم‌مصرف شامل آهن، روی و منگنز تحت تأثیر قرار نگرفتند (جدول ۷). این نتایج با نتایج کاتسیراس و همکاران (۲۱)، خوزه و ویلوکس (۱۸) و هویت و تاتام (۱۴) مطابقت دارد.

نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که اثر سطوح مولیبدن محلول غذایی بر غلظت عناصر پرمصرف میوه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار است (جدول ۶). با افزایش غلظت مولیبدن محلول غذایی، غلظت نیتروژن و منیزیم میوه افزایش ولی غلظت فسفر، پتاسیم و کلسیم آن کاهش یافت (جدول ۷). افزایش غلظت نیتروژن میوه با افزایش غلظت مولیبدن محلول غذایی احتمالاً به‌دلیل متابولیسم بهتر نیتروژن در گیاه و احیاء نیترات و مشارکت آن در ساخت پروتئین باشد. ولی بالا رفتن غلظت آنیون مولیبدات در محلول غذایی می‌تواند جذب فسفات را به‌دلیل رقابت یونی کاهش دهد. کاهش غلظت کلسیم و پتاسیم میوه، با افزایش غلظت نیتروژن محلول غذایی، می‌تواند به‌دلیل افزایش غلظت منیزیم میوه و رقابت این یون‌ها در جذب باشد. اثر مولیبدن بر غلظت مولیبدن، مس، آهن و روی میوه در سطح احتمال ۱٪ و بر غلظت منگنز در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد (جدول ۸). با افزایش غلظت مولیبدن غلظت عناصر مولیبدن، مس، آهن و منگنز میوه افزایش ولی

جدول ۸. نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف نیتروژن و مولیبدن بر غلظت عناصر کم‌مصرف در میوه خیار سبز

	میانگین مربعات				
منابع تغییرات	مولیبدن	مس	آهن	روی	منگنز
	میلی‌گرم بر کیلوگرم				
سطوح نیتروژن (N)	۵۳۵۲۲/۵**	۱۷/۶۰**	۱/۸۸^{ns}	۹/۵۹^{ns}	۲۶۰/۵۶^{ns}
سطوح مولیبدن (Mo)	۶۳۹۴/۸۵**	۹/۳۲**	۳۴۱۲/۱۹*	۵۹/۲۰**	۷/۰۷**
Mo ×N	۳۵۲/۸۵**	۰/۳۷**	۲۹/۹۸**	۱۶۵۳/۹۱^{ns}	۰/۱۱**
خطا	۴/۸۲	۰/۰۴	۵/۰۶	۹/۶۲	۰/۰۲
CV (٪)	۹/۹۳	۵/۶۳	۱/۴۸	۴/۹۴	۰/۷۲

** دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ و ns بدون اختلاف معنی‌دار

جدول ۹. مقایسه میانگین‌های اثر سطوح مختلف نیتروژن و مولیبدن بر غلظت عناصر کم‌مصرف در میوه خیار سبز

تیمار		مولیبدن	مس	آهن	روی	منگنز
		میلی‌گرم بر کیلوگرم				
نیتروژن	N_{238}	۴۰/۶۳ a	۱۹/۴۸a	۱۵۲/۱۸a	۶۲/۴۳ a	۱۷/۷۰a
	N_{310}	۲۸/۰۹ b	۱۷/۶۴b	۱۵۱/۸۶a	۶۳/۱۶ a	۲۱/۵۱a
مولیبدن	$Mo_{0.01}$	۹۲/۸۱c	۱۷/۱۷b	۱۴۱/۹۰c	۶۴/۵۰ a	۱۹/۰۶c
	$Mo_{0.1}$	۱۱۴/۰b	۱۸/۶۹ab	۱۴۹/۱۰b	۶۲/۵۰ ab	۱۹/۶۱b
	Mo_{1}	۱۲۴/۱a	۱۹/۷۸a	۱۶۵/۱۰a	۶۱/۴۰ c	۲۰/۱۵a
	LSD	۸/۴۹	۰/۴۸	۱/۴۷	۲/۴	۰/۱۱
اثر متقابل مولیبدن و نیتروژن	$Mo_{0.01}\times N_{238}$	۱۱۵/۶b	۲۱/۰۳b	۱۴۰/۰d	۶۲/۸۸a	۱۷/۱۰f
	$Mo_{0.1}\times N_{238}$	۱۴۳/۵a	۱۹/۰۵a	۱۵۰/۳b	۶۴/۶۱a	۱۷/۶۹e
	$Mo_{1}\times N_{238}$	۱۵۴/۳a	۲۱/۳۷ab	۱۶۴/۲a	۶۵/۸۲a	۱۸/۳۲d
	$Mo_{0.01}\times N_{310}$	۶۹/۹۷d	۱۷/۳۹c	۱۴۱/۷d	۶۶/۱۲a	۲۱/۰۳c
	$Mo_{0.1}\times N_{310}$	۸۴/۴۱c	۱۸/۳۴ab	۱۴۷/۸c	۶۳/۳۹a	۲۱/۵۲b
	$Mo_{1}\times N_{310}$	۹۵/۵۲c	۱۷/۱۹d	۱۶۶/۱a	۶۲/۹۸a	۲۱/۹۸a
	LSD	۱۲/۰۲	۰/۵۱	۲/۴۶	۳/۳۹	۰/۱۵

میانگین‌هایی که در هرستون یک حرف مشترک دارند، با هم اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ ندارند.

غلظت روی کاهش یافت (جدول ۹). مطالعات مختلف نشان می‌دهد که مولیبدن با مس و منگنز اثر متقابل منفی دارند و باعث کاهش غلظت آنها در گیاه می‌شود (۵)، ولی نتایج این آزمایش عکس این مطلب را نشان می‌دهد. افزایش غلظت عناصر مس و منگنز میوه شاید به‌دلیل رقابت یونی و در پاسخ به کاهش غلظت عناصر روی، کلسیم و پتاسیم میوه باشد که با افزایش مولیبدن محلول غذایی حادث شده‌است. اثر متقابل سطوح مختلف مولیبدن و نیتروژن محلول غذایی بر غلظت عناصر نیتروژن و منیزیم میوه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار است (جدول ۶). بیشترین غلظت نیتروژن میوه در تیمار حاوی ۳۱۰ میلی‌گرم

نیتروژن و ۱ میلی‌گرم مولیبدن در لیتر محلول غذایی اندازه‌گیری شد و بیشترین غلظت منیزیم از تیمار حاوی ۲۳۸ میلی‌گرم نیتروژن و ۰/۰۱ میلی‌گرم مولیبدن در لیتر محلول غذایی به‌دست آمد (جدول ۷). اثر متقابل مولیبدن و نیتروژن بر غلظت عناصر فسفر، پتاسیم و کلسیم میوه معنی‌دار نشد (جدول ۶). اثر متقابل مولیبدن و نیتروژن بر غلظت عناصر مس و آهن میوه در سطح احتمال ۱٪ و بر غلظت منگنز در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد (جدول ۸). بیشترین غلظت مس و آهن میوه در تیمار حاوی ۲۳۸ میلی‌گرم نیتروژن و ۰/۱ میلی‌گرم مولیبدن در لیتر محلول غذایی اندازه‌گیری شد. ولی بیشترین غلظت منگنز از تیمار حاوی ۳۱۰ میلی‌گرم نیتروژن و ۱ میلی‌گرم مولیبدن در لیتر محلول غذایی به‌دست آمد (جدول ۹). اثر متقابل مولیبدن و نیتروژن بر غلظت مولیبدن و روی در میوه معنی‌دار نشد (جدول ۷).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این آزمایش نشان می‌هد که افزایش سطح نیتروژن محلول غذایی از ۲۳۸ به ۳۱۰ میلی‌گرم در لیتر نه تنها باعث افزایش عملکرد خیار سبز در محیط آبکشت نشد، بلکه باعث افزایش غلظت نیترات در میوه‌ها شد که می‌تواند سلامت مصرف کننده را به مخاطره اندازد. نتایج هم‌چنین نشان می‌دهد که افزایش سطح مولیبدن محلول غذایی از ۰/۰۱ به ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر تأثیر معنی‌داری بر عملکرد گیاه نداشت، ولی در غلظت‌های بیشتر (۱ میلی‌گرم در لیتر)، عملکرد خیار سبز به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. افزایش غلظت مولیبدن محلول غذایی باعث کاهش غلظت نیترات در میوه خیار سبز شد. به نظر می‌رسد که می‌توان با افزایش غلظت مولیبدن محلول غذایی تا سطح ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر، بدون کاهش عملکرد، باعث کاهش غلظت نیترات در میوه خیار سبز شد. با توجه به این که غلظت‌های بالای مولیبدن در محلول غذایی باعث کاهش معنی‌دار رشد و عملکرد خیار سبز می‌شود باید در استفاده از آن برای کاهش غلظت نیترات میوه دقت لازم به عمل آید.

منابع مورد استفاده

۱. احیایی م. و ع. ا. بهبهانی‌زاده. ۱۳۷۲. شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک. نشریه فنی شماره ۸۹۳. مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهران.

۲. امامی ع. ۱۳۷۵. شرح روش‌های تجزیه گیاه، جلد اول، نشریه فنی شماره ۹۸۲، مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهران.

۳. بصیرت، م. ۱۳۹۰. آشنایی با ناهنجاری‌های تغذیه‌ای سبزیجات گلخانه‌ای (خیار، گوجه‌فرنگی و فلفل). مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران.

۴. بی‌نام، ۱۳۸۳. آمارنامه محصولات زراعی و باغبانی سال ۱۳۸۲-۱۳۸۳. دفتر فناوری و آمار وزارت جهاد کشاورزی، تهران.

۵. خلدبرین، ب. و ط. اسلام‌زاده. ۱۳۸۰. تغذیه معدنی گیاهان عالی (ترجمه). انتشارات دانشگاه شیراز.

۶. کاشکی، ع. و س. م. غیور باغبانی. ۱۳۸۳. بررسی اثر نیتروژن بر رشد، عملکرد و تجمع نیترات در خیار. پایگاه اطلاعات علمی ایران ۲۴(۴): ۲۱۲-۲۰۳.

۷. کافی، م. ۱۳۷۹. فیزیولوژی گیاهی. جلد دوم (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی.

۸. ملکوتی، م. ج. و م. همایی. ۱۳۸۳. حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک "مشکلات و راه‌حل‌ها". چاپ دوم با بازنگری کامل، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

9. Agarwala, S. C., C. P. Sharma, S. Farooq and C. Chatterjee. 1978. Effect of molybdenum deficiency on the growth and metabolism of corn plants raised in sand culture. Canadian J. Bot. 56: 1905-1909.

10. Anbuselvi S., M. Sathish Kumar, M. Vikram and P. Debi Prasad. 2011. Effect of molybdenum on nitrogen fixing

enzymes of blackgram using Anabaena Azollae Sp treated coir waste manure under drought stress. Aust. J. Basic and Appl. Sci. 5(4): 252-256.
11. FAOSTAT data. 2005. Agricultural production. Last updated February 2004, FAO, Rome, Italy.
12. Guler, S., H. Hayriye Ibrikci and G. Buyuk. 2006. Effects of different nitrogen rates on yield and leaf nutrient contents of drip-fertigated and greenhouse-grown cucumber. Asian J. Plant Sci. 5(4): 657-662.
13. Hewitt, E. J. and E. W. Bolle-Jones. 1952. Molybdenum as a plant nutrient. I. The influence of molybdenum on growth of some Brassica crops in sand culture. Hort. Sci. 27: 245-256.
14. Hewitt, E. J. and P. Tatham. 1960. Interaction of mineral deficiency and nitrogen source on acid phosphatase activity in leaf extracts. Exper. Bot. 11(3): 367-376.
15. Hewitt, E. J. and C. S. Gundry. 1970. The molybdenum requirement of plants in relation to nitrogen supply. J. Hort. Sci. Biotechnol. 45(4): 351-358.
16. Hillel, D., G. L. Hatfield, D. S. Powelson, C. Rosenzeweig, K. M. Scow, M. J. Singer and D. Sparks. 2005. Encyclopeidia of Soils in the Environment. Elsevier Academic Press, Oxford, UK, 2200 p.
17. Humphries, E. C., K. Peach and M. V. Tracy. 1956. Mineral components and ash analysis. PP 468-502. *In:* K. Peach and M. V. Tracey (Eds.), Modern Methods of Plant Analysis, Springer Verlag, Berlin.
18. Jose, R. M. and G. E. Wilox. 1984. Growth, free amino acid, and mineral composition of tomato plant in relation to nitrogen form and growing media. Amer. Soc. Hort. Sci. 109(3): 406-411.
19. Kaiser, B. N., K. Gridley, J. N. Brady, T. Philips and S. D. Tyerman. 2005. The role of molybdenum in agricultural plant production. Annals of Bot. 96: 745-754.
20. Kotsiras, A., C. M. Olympios, J. Drosopoulos and H. C. Passam. 2002. Effects of nitrogen form and concentration on the distribution of ions within cucumber fruits. Sci. Hort. 95: 175-183.
21. Kotsiras, A., C. M. Olympios and H. C. Passam. 2005. Effects of nitrogen form and concentration on yield and quality of cucumbers grown on rockwool during spring and winter in southern Greece. Plant Nutr. 28: 2027-2035.
22. Rabbi, A. K. M. Z., A. K. Paul and J. R. Sarker. 2011. Effect of nitrogen and molybdenum on the growth and yield of garden pea (*Pisumsativum* L.). Plant Resour. Manage. 2(2): 230-235.
23. Ruiz, J. M. and L. Romero. 1999. Cucumber yield and nitrogen metabolism in response to nitrogen supply. Sci. Hort. 82: 309-316.
24. Santamaria, P. 2006. Nitrate in vegetables: Toxicity, content, intake and EC regulation. J. Sci. Food Agric. 86: 10-17.
25. Tüzel, I. H., Y. Tüze, A. Gül, M. K. Meriç, Ö. Yavu and R. Z. Eltez. 2001. Comparison of open and closed systems on yield, water and nutrient consumption and their environmental impact. Acta Hort. 554: 221-228.
26. WHO. 1978. Nitrates, Nitrites and N-nitrozo Compounds. International Programme on Chemical Safety, Environmental Health Criteria 5. Available at: http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc005.htm.