نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲، ص. ۴۵۹-۴۵۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 27, No. 4, Winter 2014, P. 453-459
ISSN: 2008 - 4730

بررسی تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و مس بر عملکرد غلظت عناصر غذایی و نیترات سر کلم بروکلی (*Brassica oleracea*)

فاطمه رخش[1*] - احمد گلچین[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۲/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۶/۵

چکیده

به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و مس بر عملکرد و غلظت عناصر غذایی و نیترات سر کلم بروکلی یک آزمایش فاکتوریل شامل سطوح مختلف نیتروژن (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سولفات آمونیوم) و مس (صفر، ۲/۵ و ۵ کیلوگرم در هکتار از منبع سولفات مس) در سه تکرار در گلخانه دانشگاه زنجان در بهار ۱۳۸۹ به اجرا در آمد. نتایج نشان داد که افزایش مصرف نیتروژن و مس تا حد مشخصی باعث افزایش عملکرد سر کلم بروکلی می‌شوند. بیشترین میزان عملکرد سر کلم بروکلی از مصرف ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن و ۲/۵ کیلوگرم مس در هکتار بدست آمد. بیشترین غلظت نیتروژن سر در تیمار ۴۰۰ کیلوگرم نیتروژن و ۲/۵ کیلوگرم مس در هکتار اندازه‌گیری شد. بیشترین غلظت نیترات سر در تیمار ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن و بدون مصرف مس بدست آمد. افزایش در سطوح مس مصرفی نیز منجر به کاهش غلظت نیترات سر در کلم بروکلی شد. بیشترین غلظت پتاسیم و کلسیم سر کلم بروکلی نیز از مصرف ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن و ۲/۵ کیلوگرم مس در هکتار بدست آمد. نتایج نشان داد که مصرف نیتروژن و مس در حد بهینه عملکرد و غلظت عناصر غذایی سر کلم بروکلی را افزایش می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: کلم بروکلی، عملکرد، عناصر غذایی، مس، نیتروژن

مقدمه

با افزایش روز افزون جمعیت جهان، تقاضا برای مواد غذایی رو به فزونی نهاده و این امر باعث افزایش فشار بر زمین‌های کشاورزی برای تولید مواد غذایی بیشتر شده است. در کشور ما آهکی بودن خاک‌ها، پایین بودن ماده آلی، بالا بودن شوری خاک و وجود یون کربنات و بی‌کربنات در آب آبیاری باعث شده که حاصلخیزی خاک‌ها پایین بوده و کمبود عناصر غذایی مختلف عمومیت داشته باشد (۳). در نتیجه تغذیه گیاهان و تأمین مواد غذایی کافی یکی از عوامل شیمیایی ضروری در رشد و نمو گیاهان است. کودهای شیمیایی مهم‌ترین منابع تأمین مواد غذایی برای گیاهان بوده و استفاده بجا و بهینه از آن‌ها برای افزایش مقدار و کیفیت محصولات کشاورزی و تضمین سلامت جامعه لازم و ضروری می‌باشد (۳). در سال‌های اخیر برای تأمین سلامتی و نیاز غذایی انسان‌ها استفاده از مواد غذایی و سبزی‌های سالم و مغذی رو به افزایش می‌رود؛ بنابراین قرار گرفتن سبزی‌هایی مانند کلم بروکلی در سبد غذایی روزانه مردم می‌تواند در ارتقای سلامت افراد جامعه مفید واقع گردد.

کلم بروکلی (*Brassica oleracea*) یک سبزی مغذی از خانواده کلم[3] بوده و گیاهی دو ساله است. گیاه در سال اول طی رشد رویشی تولید مجموعه‌ای از گلچه‌های خوراکی می‌کند و در سال دوم بذر می‌دهد. اسم کلم بروکلی از واژه لاتین brachium به معنای بازوهای کوچک گرفته شده، که بازتاب شکل درخت مانند آن است. این گیاه دارای طعم و بافت خاصی بوده و اغلب ساقه‌های نرم و گلچه‌های تردد و شکننده دارد. سر کلم بروکلی از صدها گلچه نابالغ که بر روی یک ساقه گوشتی قرار دارند تشکیل شده و هر گلچه شامل یک گل نابالغ است که فاقد کلروفیل می‌باشد. ولی گل‌ها دارای کاسبرگ هستند (۱۹ و ۲۰).

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دکتری و استاد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان
(*- نویسنده مسئول: (Email: f.rakhsh@ymail.com

3 -Cruciferae

عوامل مختلفی بر عملکرد و کیفیت سر کلم بروکلی موثر هستند که از آن جمله می‌توان به تغذیه متعادل گیاه اشاره کرد. رشد گیاه بستگی به فراهم بودن نیتروژن در خاک دارد، زیرا این عنصر در تشکیل آمینواسیدها، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلوئیک، قندها و دیگر ترکیبات سلولی نقش مهمی دارد (۹ و ۱۶). ولی مصرف بیش از اندازه کودهای نیتروژنه در خاک منجر به بر هم خوردن تعادل عناصر غذایی، افت کیفیت محصول به دلیل پوسیدگی سر و ساقه کلم بروکلی می‌شود (۲۸). از طرف دیگر، مصرف بیش از حد کودهای نیتروژنه در تولید سبزی‌ها، سلامتی انسان را به دلیل تجمع نیترات به مخاطره می‌اندازد. تجمع نیترات در گیاهان می‌تواند سرطان‌زا باشد. کارهای تحقیقاتی انوار و همکاران (۵)، سینگ و همکاران (۲۵) و ال‌شیخا و همکاران (۱۲) نیز نشان می‌دهد که میزان عملکرد سر کلم بروکلی متناسب با مقدار کود نیتروژنه بکار رفته است. بابیس و الیکنر (۶) نیز با بررسی پنج سطح نیتروژن (صفر، ۷۵، ۱۵۰، ۲۲۵ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) بر روی کلم بروکلی به این نتیجه رسیدند که افزایش در مصرف نیتروژن از صفر به ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار منجر به افزایش عملکرد سر می‌گردد.

استفاده از کودهای شیمیایی، عمدتاً به کاربرد نیتروژن محدود شده و توجه زیادی به کاربرد عناصر غذایی کم مصرف مانند مس نشده است. وجود pH قلیایی و غلظت زیاد یون کلسیم، در خاک‌های آهکی باعث کمبود عناصر کم مصرف از جمله مس می‌شود. در این خاک‌ها عناصر غذایی که قابلیت جذب آن‌ها توسط pH کنترل می‌شود به صورت ترکیبات نامحلول و غیر قابل استفاده برای گیاه در می‌آیند (۱۳). مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که وجود مس کافی در گیاهان از بروز بیماری‌های قارچی و باکتریایی جلوگیری به عمل می‌آورد. پوکی سر و ساقه کلم بروکلی یک نوع بیماری است، که منجر به سیاه و قهوه‌ای شدن سر و کاهش عملکرد و کیفیت سر کلم بروکلی می‌گردد. تحقیقات مختلف نشان می‌دهد که گونه‌های مختلف *Pseudomonas fluorescens* و *Pseudomonas marginalise* می‌توانند از عوامل ایجاد پوکی سر در کلم بروکلی باشند (۳۰). ولی مقادیر کافی نیتروژن و مس در خاک می تواند از این عارضه جلوگیری و عملکرد و کیفیت محصول را افزایش دهد (۲۸). با توجه به کشت این گیاه در اکثر کشورهای اروپایی تحقیقات بیشتر بر روی تأثیر نیتروژن، بور و یا نیتروژن و مولیبدن بر روی کیفیت کلم بروکلی می‌باشد و کمتر به مس با این سطوح کودی توجه شده است؛ بنابراین با توجه به عدم بررسی تأثیر نیتروژن و مس بر عملکرد، کیفیت و ترکیب شیمیایی کلم بروکلی در کشور هدف این تحقیق، بررسی تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و مس بر عملکرد، غلظت عناصر غذایی و نیترات سر کلم بروکلی رقم ساکورا برای افزایش کیفیت محصول تولیدی در کشور می‌باشد.

مواد و روش‌ها

با انجام آزمون خاک در مناطق مختلف، یک خاک که از نظر نیتروژن و مس دارای کمبود شدیدتری بود، انتخاب گردید و از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری آن یک نمونه مرکب خاک تهیه شد. پس از هوا خشک کردن نمونه خاک و گذراندن آن از الک ۲ میلی‌متری برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن از جمله بافت، pH گل اشباع، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع و درصد کربنات کلسیم معادل آن با روش‌های مرسوم در موسسه تحقیقات خاک و آب تعیین شدند (۱). نیتروژن کل خاک به روش کجلدال، فسفر قابل جذب به روش اولسن، پتاسیم قابل جذب خاک پس از عصاره‌گیری با استات آمونیوم یک نرمال به کمک دستگاه فلیم فتومتر و مقادیر عناصر کم مصرف قابل استخراج با DTPA به کمک دستگاه جذب اتمی مشخص شدند (جدول ۱).

برای بررسی تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و مس بر عملکرد و کیفیت کلم بروکلی یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۵ تیمار، سه تکرار و جمعاً با ۴۵ واحد آزمایشی در گلخانه دانشگاه زنجان در بهار ۱۳۸۹ به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایشی ترکیب فاکتوریل پنج سطح نیتروژن (صفر= N_0، ۱۰۰= N_{100}، ۲۰۰ = N_{200}، ۳۰۰ = N_{300} و ۴۰۰ = N_{400} کیلوگرم در هکتار) و سه سطح مس (صفر = Cu_0، ۲/۵ = $Cu_{2.5}$ و ۵ = Cu_5 کیلوگرم در هکتار) بودند که بر روی کلم بروکلی رقم ساکورا اعمال گردیدند. سطح صفر هر تیمار به عنوان شاهد برای آن تیمار در نظر گرفته شد. نیتروژن و مس به ترتیب از منبع سولفات آمونیوم ($(NH_4)_2SO_4$) و سولفات مس ($CuSO_4.5H_2O$) تهیه و به صورت خاکی مصرف گردیدند. نیتروژن در سه نوبت، و برای بار اول ۱۵ روز بعد از کاشت نشاها و برای بار دوم و سوم هر ۱۵ روز یکبار بعد از نوبت قبلی مصرف گردید. تمامی سولفات مس چند روز قبل از کاشت نشاها به صورت خاکی مصرف شد. نشاهای کشت شده از رقم ساکورا بودند که ۴۵ روز از زمان کاشت آن‌ها در کوکوپیت می‌گذشت. نشاهای کلم بروکلی در جعبه‌های چوبی حاوی ۳۰ کیلوگرم خاک کشت شدند و آبیاری به صورت منظم و روزانه تا رسیدن رطوبت خاک به حد ظرفیت مزرعه انجام گردید. هر جعبه چوبی یک واحد آزمایشی در نظر گرفته شد و ۳ نشا داخل هر جعبه کشت گردید. میزان رطوبت خاک در نقطه ظرفیت مزرعه به کمک دستگاه صفحات فشار اندازه‌گیری شد و مقدار آب آبیاری مورد نیاز هر جعبه با توزین آن جعبه و کسر جرم بدست آمده از جرم نهایی جعبه (جرم جعبه و خاک در حالت ظرفیت مزرعه) محاسبه گردید. در طول دوره رشد گیاه، علاوه بر عملیات داشت شامل آبیاری و دفع علف‌های هرز، محلول پاشی با عناصر کم مصرف (به جز مس) برای جلوگیری از کمبود آن‌ها انجام شد. محلول عناصر کم مصرف در حجم یکسان و غلظت مشخصی به هر جعبه اسپری

گردید. کودهای حاوی عناصر کم مصرف با غلظت ۵ در هزار یا ۵ گرم در لیتر محلول پاشی شدند. برداشت سر کلم بروکلی ۴ ماه پس از کاشت نشاها و زمانی که گلچه‌ها هنوز باز نشده و سرها کاملاً متراکم بودند انجام شد. در زمان برداشت، میانگین وزن تر سر کلم بروکلی در محل گلخانه اندازه‌گیری گردید. سپس این قسمت‌ها ابتدا با آب معمولی و سپس با آب مقطر شسته شدند و در دمای ۵۵ تا ۶۰ درجه سلسیوس و به مدت ۷۲ ساعت خشک گردید (۲).

برای تعیین غلظت عناصر غذایی در نمونه‌های خشک شده، نمونه‌ها ابتدا آسیاب و سپس از الک ۰/۵ میلی‌متری عبور داده شدند. مقدار ۰/۳ گرم از هر نمونه توزین و پس از هضم مرطوب با اسید سولفوریک، اسید سالسیلیک و آب اکسیژنه غلظت عناصر غذایی پر مصرف در آن با روش‌های مرسوم موسسه خاک و آب تعیین گردید (۱). اندازه‌گیری نیترات نمونه‌های گیاهی به روش ایجاد رنگ زرد با اسید سولفوسالسیلیک و سود صورت گرفت و نمونه‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شدند و میزان نیترات بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک محاسبه گردید (۲ و ۲۱). پس از بدست آوردن اطلاعات و داده‌های مورد نیاز برای محاسبات آماری و تجزیه واریانس داده‌ها از نرم افزارهای SAS و MSTATC استفاده گردید و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

همان طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود بافت خاک شن لومی، pH خاک خنثی تا کمی قلیایی، شوری خاک کم و خاک آهکی است. مقدار نیتروژن و مس این خاک پایین و بقیه عناصر پر مصرف و کم مصرف به جز آهن و منگنز در حد بهینه و یا نزدیک به حد بهینه هستند (۷). به دلیل پایین بودن میزان نیتروژن و مس قابل استفاده، این خاک برای اعمال تیمارهای آزمایش مناسب بود.

وزن تر سر کلم بروکلی (عملکرد)

اثر اصلی نیتروژن در سطح احتمال یک درصد و اثر اصلی مس در سطح احتمال پنج درصد بر وزن تر سر کلم بروکلی معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش میزان مصرف نیتروژن تا سطح ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار میزان عملکرد سر افزایش ولی در مقادیر بالاتر مصرف آن عملکرد کاهش یافت (جدول ۳). حداکثر عملکرد سر به میزان ۲۹۱/۳۶ گرم در متر مربع از مصرف ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل گردید که در مقایسه با عملکرد تیمار شاهد (۱۸۷/۴۱ گرم در متر مربع) دارای ۵۵/۴۷ درصد افزایش بود (جدول ۳). یولداس و همکاران (۲۹) نیز بیشترین عملکرد کلم بروکلی را از سطح ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بدست آوردند که با عملکرد حاصل از ۴۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشت. کارهای تحقیقاتی انوار و همکاران (۵)، سینگ و همکاران (۲۵) و ال‌شیخا و همکاران (۱۲) نیز نشان داد که میزان عملکرد سر کلم بروکلی متناسب با مقدار کود نیتروژنه بکار رفته است. تحقیقات نشان می‌دهد بیشترین مقدار عملکرد سر کلم بروکلی از مصرف ۳۰۰ تا ۵۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بدست می‌آید (۲۶). همچنین افزایش در سطوح مس مصرفی منجر به افزایش وزن تر سر کلم بروکلی شد ولی با افزایش بیشتر مس وزن تر سر کاهش یافت. مصرف ۲/۵ کیلوگرم مس در هکتار باعث بیشترین عملکرد سر در کلم بروکلی به میزان ۲۵۲/۶۰ گرم در متر مربع گردید که نسبت به عملکرد تیمار شاهد (۲۰۸/۷۴ گرم در متر مربع) ۲۱/۰۱ درصد افزایش داشت (جدول ۳). کلم بروکلی از جمله گیاهان نیازمند به مس می‌باشد و افزایش غلظت این عنصر در محیط ریشه تا جایی که باعث مسمومیت گیاه نشود، رشد و نمو را افزایش می‌دهد ولی در غلظت‌های بالا به دلیل خاصیت فیتوتوکسیسیتی شدید آن و ممانعت از جذب عناصر کم مصرف دیگر مانند آهن و روی باعث کاهش عملکرد و رشد گیاه می‌شود (۱۰). مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که وجود مس کافی در گیاهان از بروز بیماری‌های قارچی و باکتریایی جلوگیری به عمل می‌آورد (۲۸).

جدول ۱- نتایج تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

صفت	واحد	مقدار	صفت	واحد	مقدار
شن	٪	۷۹/۴	pH گل اشباع	–	۷/۳
سیلت	٪	۴/۶	فسفر	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۴۵
رس	٪	۱۶/۰	پتاسیم	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۱۴۰
بافت	–	شن لومی	آهن	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۳/۳
کربنات کلسیم معادل	٪	۲۵/۴	روی	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۰/۹۴
نیتروژن کل	٪	۰/۰۷	مس	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۰/۱۲
هدایت الکتریکی	دسی زیمنس بر متر	۱/۱	منگنز	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۱/۹۶

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر وزن تر سر، غلظت عناصر غذایی پر مصرف و نیترات در سر کلم بروکلی

		میانگین مربعات				
		وزن تر سر	نیتروژن	پتاسیم	کلسیم	نیترات
منابع تغییرات	درجه آزادی	گرم در متر مربع		درصد		میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک
سطوح نیتروژن	۴	۴۱۰۹۲/۶۷۶ **	۸۳/۲۴۱ **	۰/۲۱۰ **	۰/۱۴۶ **	۵۳۳۹۷۴/۹۲۳ **
سطوح مس	۲	۲۵۷۹۳/۵۸۲ *	۱۴/۶۸۳ **	۰/۰۲۰ ns	۰/۰۰۶ ns	۸۳۰۱۱۵/۷۶۳ **
سطوح نیتروژن × مس	۸	۶۸۹۰۵/۵۱۵ **	۲/۵۹۶ **	۰/۲۱۹ **	۰/۰۹۳ **	۳۸۰۲۸/۴۶۲ **
اشتباه	۳۰	۷۶۱۵/۴۷۳	۰/۰۰۴	۰/۰۳۰	۰/۰۲۸	۴۳۳۱/۰۴۶
CV (درصد)	-	۱۲/۱۹	۱/۳۷	۷/۴۶	۱۱/۴۶	۱۱/۹۵

** و *- به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱٪ و ۵٪ و ns اختلاف معنی‌دار نیست

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های اثر اصلی سطوح مختلف نیتروژن و مس بر وزن تر سر، غلظت عناصر غذایی پر مصرف و نیترات در سر کلم بروکلی

		وزن تر سر	نیتروژن	پتاسیم	کلسیم	نیترات
تیمار	سطح	گرم در متر مربع		درصد		میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک
	N_0	۱۸۷/۴۱ c	۲/۳۷e	۲/۲۰c	۰/۶۱c	۲۴۷/۵۳d
	N_{100}	۲۱۷/۵۳ bc	۴/۱۹d	۲/۲۴c	۰/۶۳bc	۴۲۲/۳۰c
نیتروژن	N_{200}	۲۲۵/۹۳ bc	۴/۸۳c	۲/۲۹bc	۰/۶۵bc	۵۳۸/۹۹b
	N_{300}	۲۹۱/۳۶ a	۵/۴۱b	۲/۴۱a	۰/۷۹a	۵۹۰/۵۴a
	N_{400}	۲۵۱/۱۱ ab	۷/۱۸a	۲/۳۸ab	۰/۷۲ab	۵۵۹/۸۲ab
	Cu_0	۲۰۸/۷۴ b	۴/۱۶ c	۲/۳۳a	۰/۶۸ a	۶۱۶/۷۳a
مس	$Cu_{2.5}$	۲۵۲/۶۰ a	۵/۲۵ a	۲/۳۰a	۰/۶۹ a	۴۵۱/۳۵b
	Cu_5	۲۴۲/۷۰ab	۴/۹۷ b	۲/۱۳a	۰/۶۷ a	۳۴۷/۴۲c

در هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل یک حرف لاتین مشترک دارند، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با هم ندارند

جدول ٤- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سطوح مختلف نیتروژن و مس بر وزن تر سر، غلظت عناصر غذایی پر مصرف و نیترات در سر کلم بروکلی

		وزن تر سر	نیتروژن	پتاسیم	کلسیم	نیترات
تیمار	سطح	گرم در متر مربع		درصد		میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک
اثر متقابل سطوح مختلف نیتروژن× مس	N_0Cu_0	۱۲۰/۷۴f	۰/۸۱ o	۲/۲۵bcd	۰/۵۰d	۳۰۳/۴۳fg
	$N_0Cu_{2.5}$	۲۴۰/۷۴ bcde	۳/۳۶m	۲/۲۳bcd	۰/۶۳bcd	۲۲۰/۸۴h
	N_0Cu_5	۱۶۷/۴۰ef	۲/۹۴n	۲/۱۳cd	۰/۶۹bc	۲۱۸/۳۱h
	$N_{100}Cu_0$	۱۷۷/۷۸ ef	۳/۸۵l	۲/۲۸ bcd	۰/۵۷cd	۵۷۶/۷۰c
	$N_{100}Cu_{2.5}$	۲۸۵/۲۰ bcd	۴/۴۷j	۲/۲۲ bcd	۰/۶۹bc	۴۲۹/۱۰e
	$N_{100}Cu_5$	۱۸۹/۶۳ef	۴/۲۵k	۲/۲۱ bcd	۰/۶۵bcd	۲۶۱/۲۰gh
	$N_{200}Cu_0$	۲۰۸/۱۵def	۴/۶۴i	۲/۲۶ bcd	۰/۶۴bcd	۶۹۸/۸۴b
	$N_{200}Cu_{2.5}$	۲۴۰/۰۰ bcde	۴/۹۸ g	۲/۳۴bcd	۰/۷۱bc	۵۱۸/۹۵cd
	$N_{200}Cu_5$	۲۲۹/۶۳ cde	۴/۸۷h	۲/۱۱d	۰/۶۱bcd	۳۳۲/۴۰f
	$N_{300}Cu_0$	۱۵۶/۳۰ef	۵/۲۷f	۲/۵۸a	۰/۷۸b	۷۶۵/۶۴a
	$N_{300}Cu_{2.5}$	۳۸۶/۶۷a	۵/۵۵d	۲/۵۸a	۰/۹۴a	۵۶۸/۹۱c
	$N_{300}Cu_5$	۳۱۱/۱۱ab	۵/۴۰e	۲/۳۳b	۰/۶۵bcd	۴۶۳/۶۴de
	$N_{400}Cu_0$	۱۵۴/۱۰ ef	۶/۲۱c	۲/۳۱bc	۰/۶۴bcd	۷۳۹/۱۰ab
	$N_{400}Cu_{2.5}$	۳۲۸/۸۹ab	۷/۹۲a	۲/۵۰a	۰/۷۷b	۵۱۸/۹۸cd
	$N_{400}Cu_5$	۳۰۳/۷۰abc	۷/۴۲b	۲/۳۳b	۰/۷۴bc	۴۶۱/۶۳de

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل یک حرف لاتین مشترک دارند، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با هم ندارند

پوکی سر و ساقه کلم بروکلی یک نوع بیماری باکتریایی است که منجر به سیاه و قهوه‌ای شدن سر و در نتیجه کاهش عملکرد می‌گردد.

تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که گونه‌های مختلف *Pseudomonas fluorescens* و *Pseudomonas marginalise* می‌توانند از عوامل ایجاد پوکی سر در کلم بروکلی باشند که وجود مس کافی در خاک از بروز بیماری پوسیدگی سر و ساقه جلوگیری می‌کند و در نتیجه عملکرد سر کلم بروکلی افزایش می‌یابد (۱۸ و ۲۸).

اثر متقابل نیتروژن و مس بر وزن تر سر کلم بروکلی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). بررسی مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد سر در کلم بروکلی از سطح ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن با اضافه ۲/۵ کیلوگرم مس در هکتار ($N_{300}Cu_{2.5}$) به مقدار ۳۸۶/۶۷ گرم در متر مربع و کمترین وزن تر سر از تیمار شاهد (N_0Cu_0) به میزان ۱۲۰/۷۴ گرم در متر مربع بدست آمد (جدول ۴).

غلظت عناصر غذایی نیتروژن، پتاسیم و کلسیم سر کلم بروکلی

نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح مختلف نیتروژن مصرفی بر غلظت نیتروژن، پتاسیم و کلسیم در سر کلم بروکلی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها مصرف نیتروژن باعث افزایش معنی‌دار غلظت نیتروژن در سر کلم بروکلی از ۲/۳۷ به ۷/۱۸ درصد شد (جدول ۳). این امر می‌تواند به دلیل افزایش میزان پروتئین و کلروفیل در سر کلم بروکلی با افزایش مصرف نیتروژن باشد و حاکی از نیاز بالای این گیاه به نیتروژن است (۱۹). نتایج تحقیقات یولداس و همکاران (۲۹) و نیز شولت و همکاران (۲۲) نیز نشان داد با افزایش میزان مصرف نیتروژن، غلظت نیتروژن در سر کلم بروکلی افزایش می‌یابد. آنان بیشترین غلظت نیتروژن در سر کلم بروکلی را از مصرف ۴۰۰ و ۴۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بدست آوردند که با نتایج بدست آمده در این آزمایش هماهنگی دارد. نتایج تحقیقات مختلف نشان می‌دهد که با افزایش مصرف کودهای نیتروژنه در خاک، غلظت نیتروژن در سر کلم بروکلی و در سبزی‌های برگی افزایش می‌یابد و در سر کلم بروکلی به سطح ۷/۵ درصد می‌رسد (۴، ۹ و ۱۶). غلظت پتاسیم و کلسیم سر کلم بروکلی با افزایش مقدار مصرف نیتروژن تا سطح ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، به طور معنی‌داری افزایش یافت ولی افزایش بیشتر نیتروژن مصرفی غلظت پتاسیم و کلسیم سر کلم بروکلی را کاهش داد (جدول ۳). بیشترین غلظت پتاسیم و کلسیم سر به ترتیب ۲/۴۱ و ۰/۷۹ درصد و کمترین غلظت این دو عنصر به ترتیب ۲/۲۰ و ۰/۶۱ درصد می‌باشد (جدول ۳). نتایج تحقیقات یولداس و همکاران (۲۹) و همچنین سیلوا و اوچیلدا (۲۳) نیز نشان می‌دهد با افزایش مصرف نیتروژن تا سطح ۳۱۰ کیلوگرم در هکتار، غلظت پتاسیم سر کلم بروکلی افزایش می‌یابد. مصرف کودهای نیتروژنه در سبزی‌هایی مانند کاهو و کلم‌ها باعث گسترده‌تر شدن برگ‌ها شده و فتوسنتز افزایش می‌یابد. در نتیجه نیاز به مواد غذایی مانند پتاسیم و کلسیم افزایش یافته و جذب آن‌ها رونق می‌گیرد (۸). افزایش غلظت عناصری مانند پتاسیم و کلسیم در کلم بروکلی با افزایش مصرف نیتروژن توسط کاستلانوس و همکاران (۱۱) نیز گزارش شده است. با توجه به تغییر و تحولات نیتروژن در خاک و جذب آن به صورت نیترات و افزایش بار منفی در سلول‌های ریشه، گیاه برای ایجاد تعادل بار اقدام به جذب کاتیون‌ها می‌کند و در نتیجه جذب کاتیون‌هایی مانند کلسیم و پتاسیم افزایش می‌یابد.

نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح مختلف مس مصرفی بر غلظت نیتروژن سر کلم بروکلی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و سطوح مختلف مس مصرفی تأثیر معنی‌داری بر غلظت پتاسیم و کلسیم سر کلم بروکلی نداشت (جدول ۲). با افزایش سطوح مس تا ۲/۵ کیلوگرم در هکتار غلظت نیتروژن سر افزایش یافت ولی مصرف بیشتر مس غلظت نیتروژن سر را کاهش داد (جدول ۳). وجود مس کافی در خاک و محلول غذایی منجر به افزایش رشد گیاه می‌شود. افزایش رشد گیاه توأم با جذب نیتروژن بیشتر و افزایش غلظت این عنصر در بافت‌های گیاه می‌باشد. در اکثر گیاهان به خصوص سبزی‌ها یک رابطه خطی بین مس و نیتروژن در جذب وجود دارد و افزایش جذب یکی منجر به افزایش جذب عنصر دیگر می‌شود (۱۴ و ۱۷).

اثر متقابل نیتروژن و مس بر غلظت‌های نیتروژن، پتاسیم و کلسیم در سر کلم بروکلی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). بیشترین غلظت نیتروژن سر کلم بروکلی از تیمار ۴۰۰ کیلوگرم نیتروژن و ۲/۵ کیلوگرم مس در هکتار به میزان ۷/۹۲ درصد، بیشترین غلظت پتاسیم سر از تیمارهای $N_{300}Cu_0$ و $N_{300}Cu_{2.5}$ هر دو به میزان ۲/۵۸ درصد و بیشترین غلظت کلسیم سر از تیمار ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن و ۲/۵ کیلوگرم مس در هکتار به میزان ۰/۹۴ درصد بدست آمدند (جدول ۴). در سطوح یکسان مس، غلظت نیتروژن در سر کلم بروکلی با افزایش مصرف نیتروژن، افزایش یافت ولی در سطوح یکسان نیتروژن، مصرف مس فقط تا سطح ۲/۵ کیلوگرم مس در هکتار باعث افزایش غلظت نیتروژن در سر کلم بروکلی شد و مصرف بیشتر مس از غلظت نیتروژن در سر کلم بروکلی کاست (جدول ۴).

غلظت نیترات سر کلم بروکلی

اثرات اصلی نیتروژن و مس مصرفی و اثر متقابل آن‌ها بر غلظت نیترات در سر کلم بروکلی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند (جدول ۲). با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار غلظت نیترات در بافت سر افزایش ولی با افزایش بیشتر نیتروژن، غلظت نیترات سر کاهش یافت. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که مصرف ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار منجر به ایجاد بیشترین غلظت نیترات در سر به میزان ۵۹۰/۵۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک شده است. ولی این مقدار از ماکزیمم میزان حد مجاز نیترات (۱۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک گیاه) کمتر بود (۲۴). کمترین غلظت نیترات به میزان ۲۴۷/۵۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک از تیمار شاهد بدست آمد (جدول ۳). نتایج تحقیقات واجسیوسکا و همکاران (۲۷) نشان می‌دهد افزایش در سطوح مصرفی نیتروژن ابتدا منجر به افزایش غلظت نیترات در سر کلم بروکلی و سپس منجر به کاهش این ماده سمی در این گیاه می‌شود. بررسی آن‌ها نشان می‌دهد وجود مواد قندی محلول و اسید آسکوربیک در بافت سر کلم بروکلی منجر به کاهش غلظت نیترات در سطوح بالای نیتروژن می‌گردد. افزایش سطح نیتروژن مصرفی منجر به بالا رفتن میزان قندهای محلول و اسید آسکوربیک در سر کلم بروکلی می‌شود. در این حالت نیترات در سر کلم بروکلی توسط این مواد احیا شده و غلظت ماده سمی نیترات در بافت سر کاهش می‌یابد. نتایج مشابهی در کاهو نیز توسط کوالسکا (۱۵) گزارش شده است. همچنین نتایج نشان داد که افزایش در سطوح مس مصرفی منجر به کاهش غلظت نیترات سر کلم بروکلی شد. بیشترین غلظت نیترات سر کلم بروکلی از تیمار شاهد به میزان ۶۱۶/۷۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک سر بدست آمد. در نتیجه می‌توان با مصرف مس کافی در خاک از افزایش بی‌رویه و مسموم کننده نیترات در گیاهانی مانند کلم بروکلی جلوگیری کرد (جدول ۳). با توجه به نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل داده‌ها بیشترین غلظت نیترات سر کلم بروکلی از تأثیر تیمار ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و بدون مصرف مس به میزان ۷۶۵/۶۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک و کمترین غلظت نیترات از تیمار ۵ کیلوگرم مس در هکتار بدون مصرف نیتروژن به میزان ۲۱۸/۳۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک بدست آمد که با تیمار ۲/۵ کیلوگرم مس در هکتار بدون مصرف نیتروژن اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۴).

نتیجه‌گیری

نتایج بدست آمده از این پژوهش نشان داد که تغذیه متعادل گیاه و مدیریت کوددهی می‌تواند عملکرد و کیفیت سر کلم بروکلی را افزایش دهد. نتایج نشان داد که مصرف ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن و ۲/۵ کیلوگرم مس در هکتار منجر به تولید بیشترین عملکرد سر در کلم بروکلی شد. بیشترین غلظت نیتروژن سر کلم بروکلی در تیمار حاوی ۴۰۰ کیلوگرم نیتروژن و ۲/۵ کیلوگرم مس در هکتار بدست آمد. مصرف نیتروژن تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار منجر به افزایش غلظت نیترات شد. همچنین افزایش در سطوح مس مصرفی نیز منجر به کاهش غلظت نیترات سر در کلم بروکلی گردید. در نتیجه می‌توان با مصرف مس کافی در خاک از افزایش بی‌رویه نیترات در کلم بروکلی جلوگیری کرد. بیشترین غلظت پتاسیم و کلسیم سر از مصرف ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن و ۲/۵ کیلوگرم مس در هکتار بدست آمدند. نتایج نشان داد که مصرف نیتروژن و مس در حد بهینه عملکرد و غلظت عناصر غذایی سر کلم بروکلی را افزایش می‌دهد و بر کیفیت محصول تولیدی موثر است.

منابع

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

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

۳- خادم ا.، مشهدی جعفرلو ا.، خصوصی م. و گلچین ا. ۱۳۹۰. حاصلخیزی خاک. نشر نقش بیان. تهران.

4- Abdelrazzag A. 2002. Effect of chicken manure, sheep manure and inorganic fertilizers on yield and nutrient uptake by onion. Pakistan Journal of Biology Science, 5:266-268.

5- Anwar M.N., Huq M.S., Nandy S.K. and Islam M.S. 2000. Growth, yield component and curd yield of broccoli as influenced by N, P, K, S, and Mo in grey terrace soil. Bangladesh Journal of Agricultural Research, 25(4): 685-691.

6- Babic I. and Elkner K. 2002. The effect of nitrogen fertilization and irrigation on yield and quality of broccoli. p. 571. Workshop Towards and Ecologically Sound Fertilization in Field Vegetable Production ISHS, Acta Horticulture.

7- Barker A.V. and Pilbeam D.J. 2007. Handbook of plant nutrition, Taylor and Francis Group, LLC Press, New York.

8- Barraclough P.B. and Leigh R.A. 1993. Critical plant K concentrations for growth and problems in the diagnosis of nutrient deficiencies by plant analysis. Plant and Soil, 156:219-222.

9- Belec C., Villeneuve S., Coulombe J. and Tremblay N. 2001. Influence of nitrogen fertilization on yield, hollow stem disease and sap nitrate concentration in broccoli Canadian Journal of Plant Science, 81:765-772.
10- Brennan R.F. and Bolland M.D.A. 2003. Comparing copper requirements for faba bean, chickpea, and lentil with spring wheat. Journal of Plant Nutrition, 26:883-899.
11- Castellanos J.Z., Lazcano I., Sosa Baldibia A., Badillo V. and Villalobos S. 1999. Nitrogen fertilization and plant nutrient status monitoring the basis for high yields and quality of broccoli in potassium rich Vertisols of central Mexico. Better Crops International, 13(2):25-27
12- El Shikha D.M., Waller P., Hunsaker D., Clarke T. and Barnes E. 2007. Ground based remote sensing for assessing water and nitrogen status of broccoli, Agricultural Water Management, 92:183-193.
13- Hejazi A. and Kafashi Sedghi M. 1998. Plant growth substances: Principles and application. Tehran University Press, Tehran.
14- Kabata Pendias A. and Pendias H. 2001. Trace elements in soils and plants. CRC Press, New York. pp. 260-267.
15- Kowalska I. 1997. Effects of urea, ammonium, and nitrate nitrogen on the yield and quality of greenhouse lettuce grown on different media. Folia Horticulture, 9(2):31-40.
16- Magnusson M. 2002. Mineral fertilizers and green mulch in Chinese cabbage (*Brassica Pekinensis Rupr*): effect on nutrient uptake, yield and internal tip burn. Soil and Plant Science, 52:25-35.
17- Mills H.A. and Jones Jr J.B. 1996. Plant Analysis Handbook II, Micro and Macro, Publishing Incorporate Athens, GA.
18- Nelson P., Whipker B., Dole J., Pitchy D., Gibson J., Rhodesand A. and Cleveland B. 2006. Diagnosing bedding plant nutrient deficiencies. Crop Cultivation, GPN Press.
19- Page T., Griffiths G. and Wollasto V.B. 2001. Molecular and biochemical characterization of postharvest senescence in broccoli. Journal of Plant Physiology, 125:718-727.
20- Rajan S.S. 2002. Plant morphology, Anmol Publications, New Delhi.
21- Rodrigo M.C., Ginestar, J. and Ramos, C. 2004. Evaluation of Rapid Methods for Nitrate Sap Analysis in Artichoke, Proceedings ISHS Symposium towards Ecologically Sound fertilization Strategies for Field Vegetable Production, 7-10 June 2004. Perugia, Italy.
22- Schulte A.M., Early G., Dewi E.R., Nikus O. and Horst W.J. 2010. Genotypic differences in nitrogen efficiency of white cabbage (*Brassica oleracea L.*). Plant and Soil, 328:313-325.
23- Silva J.A. and Uchida R. 2000. Essential nutrients for plant growth: nutrient functions and deficiency symptoms. Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii at Manoa, 20:63-90.
24- Smith T.E., Grattan S.R., Grieve C.M., Poss J.A. and Suarez D.L. 2010. Salinity's influence on boron toxicity in broccoli: II. Impacts on boron uptake, uptake mechanisms and tissue ion relations. Agricultural Water Management, 97(6):783-791.
25- Singh A.K., Akhilesh S. and Singh A. 2000. Influence of nitrogen and potassium on growth and head yield of broccoli (*Brassica oleracea l. var. Italica*) under low hills subtropical condition of H.P. International Journal of Vegetable Science, 27(1):99-100.
26- Thompson T.L., Doerge A.T. and Godin R.E. 2002. Subsurface drip irrigation and fertilizer of broccoli. I. yield, quality and nitrogen uptake. Soil Science Society American Journal, 60:163-168.
27- Wojciechowska R., Stanislaw R. and Agata R. 2005. Broccoli yield and its quality in spring growing cycle as dependent on nitrogen fertilization. Folia Horticulture, 54:31-425.
28- Wright P. 2007.Controlling head rot in broccoli. Crop and Food Research, 30:1321-1331.
29- Yoldas F., Ceylan S., Yagmur B. and Mordogan N. 2008. Effects of nitrogen fertilizer on yield quality and nutrient content in broccoli. Journal of Plant Nutrition, 31:1333-1343.
30- Zhang F.S., Romheld V. and Marschner H. 1991. Diurnal rhythm of release of phytosiderophores and uptake rate of zinc in iron deficient wheat. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 37:671-678.