تأثیر نیتروژن و بور بر عملکرد و غلظت عناصر غذایی پرمصرف در سر کلم بروکلی در یک خاک آهکی

فاطمه رخش* و احمد گلچین [۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۸/۱۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۲/۴)

چکیده

تغذیه مطلوب گیاه تأثیر چشم‌گیری بر مقدار و کیفیت عملکرد گیاه دارد. برای بهینه ساختن تغذیه کلم بروکلی در خاک‌های آهکی و فقیر از مواد آلی، یک آزمایش گلدانی در گلخانه دانشگاه زنجان در بهار ۱۳۸۹ به اجرا در آمد. با توجه به کمبود عناصر غذایی نیتروژن و بور در خاک‌های آهکی کشور و نقش زیاد این عناصر در افزایش عملکرد و حفظ کیفیت کلم بروکلی، تأثیر سطوح مختلف این عناصر بر مقدار و کیفیت عملکرد سر کلم بروکلی مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۵ تیمار و سه تکرار به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایشی شامل ترکیب فاکتوریل سطوح مختلف نیتروژن (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سولفات آمونیوم) و بور (صفر، ۱/۷ و ۳/۵ کیلوگرم در هکتار از منبع اسید بوریک) بودند که روی کلم بروکلی رقم ساکورا اعمال گردیدند. نتایج نشان داد که افزایش مصرف نیتروژن و بور تا حد مشخصی باعث افزایش عملکرد و غلظت عناصر غذایی پرمصرف در سر کلم بروکلی می‌شود. بیشترین میزان عملکرد سر کلم بروکلی از مصرف ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن و ۱/۷ کیلوگرم بور در هکتار به دست آمد و مصرف بیشتر نیتروژن به دلیل افزایش پوسیدگی سر و مصرف بیشتر بور به دلیل ایجاد مسمومیت در گیاه، عملکرد سر را کاهش داد. بیشترین غلظت عناصر غذایی نیتروژن، پتاسیم و منیزیم سر در تیمار ۴۰۰ کیلوگرم نیتروژن و ۱/۷ کیلوگرم بور در هکتار اندازه‌گیری گردید.

واژه‌های کلیدی: آمونیوم سولفات، اسید بوریک، خاک آهکی، کیفیت

مقدمه

کلم بروکلی یکی از سبزی‌های با ارزش و سرشار از مواد مغذی می‌باشد که فواید بی‌شماری برای ارتقای سلامتی انسان دارد. کلم بروکلی دارای ماده‌ای به نام سولفورفان است که تعداد، اندازه و تکثیر تومورهای سرطانی را به نحو چشم‌گیری کاهش می‌دهد. در نتیجه از ابتلا انسان به سرطان، بخصوص سرطان‌های سینه، معده، روده بزرگ و ریه جلوگیری می‌کند (۳۱). این سبزی هم‌چنین دارای مقدار زیادی فیبر، کاروتنوئید، ویتامین A، ویتامین C و ویتامین K است که برای جلوگیری از افزایش فشار خون و ابتلا به سرطان دستگاه گوارش مفید است (۱۰). بروکلی یک آنتی اکسیدان قوی است و کلسیم موجود در آن به اندازه کلسیم موجود در شیر است (۳). به همین دلیل مصرف آن برای افرادی که دچار پوکی استخوان یا کمبود کلسیم هستند، بسیار مفید است. بنابراین قرار

۱. گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: f.rakhsh@ymail.com

گرفتن این سبزی در سبد غذایی مردم می‌تواند در ارتقای سلامت جامعه مفید واقع گردد.

آگاهی از غلظت عناصر غذایی در اندام‌های مختلف کلم بروکلی جهت کنترل کیفیت محصول و بهبود مدیریت کوددهی بسیار مفید است. ولی تاکنون مطالعات محدودی در این زمینه انجام شده است و اطلاعات کافی در دسترس نمی‌باشد. نیتروژن از جمله عناصری است که تأثیر زیادی بر رشد و نمو گیاهان دارد و برای تولید اقتصادی سبزی‌ها مهم به حساب می‌آید. کلم بروکلی سرشار از کلروفیل و پروتئین بوده و چون نیتروژن جزء سازنده این مواد است، نیاز کلم بروکلی به نیتروژن زیاد می‌باشد. هم‌چنین با افزایش مصرف نیتروژن، وزن تر بخش هوایی و میزان شاخه و برگ افزایش می‌یابد (۱۷). ولی مصرف بیش از حد کودهای نیتروژنه باعث پوکی ساقه و سر در کلم بروکلی می‌شود (۱۷). لذا لازم است برای حفظ کیفیت محصول تولیدی از مصرف بیش از حد این کودها خودداری شود. وجود پ- هاش قلیایی در خاک‌های آهکی باعث کمبود عناصر کم مصرف از جمله بور می‌شود که از بین رفتن سلول‌ها و بافت‌های پارانشیمی گیاه را به دنبال دارد و تغییر رنگ و فساد سلول‌ها در اثر کمبود بور علائمی مانند آبکی شدن، قهوه‌ای و چوب پنبه‌ای شدن و پوسیده و سیاه شدن بافت‌ها را باعث می‌شود که از کیفیت محصول تولیدی می‌کاهد (۴). مطالعات انجام شده هم‌چنین نشان می‌دهد که کمبود بور می‌تواند باعث ایجاد پوکی سر و ساقه در کلم بروکلی شود که میزان و کیفیت عملکرد سر را کاهش می‌دهد (۳۰). منیرالزمان و همکاران (۱۷) افزایش عملکرد و کاهش پوسیدگی سر کلم بروکلی را با مصرف ۲ کیلوگرم بور در خاک مشاهده کردند. یولداس و همکاران (۳۰) نیز نشان دادند که با افزایش مصرف نیتروژن در حد بهینه، عملکرد و غلظت عناصر غذایی پرمصرف در سر کلم بروکلی افزایش می‌یابد. بنابراین مصرف بهینه نیتروژن و بور برای دستیابی به عملکرد و کیفیت مطلوب در کلم بروکلی لازم می‌باشد. از آنجایی که حد کفایت و مسمومیت عنصر بور به هم نزدیک می‌باشد، تعیین مقدار دقیق بور مورد نیاز این گیاه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به همین دلیل، هدف این آزمایش تعیین میزان نیتروژن و بور مورد نیاز برای دست‌یابی به عملکرد بالا و کیفیت مطلوب در کلم بروکلی در یک خاک آهکی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

با بررسی خاک‌های تحت کشت محصولات مختلف، یک خاک که از نظر نیتروژن و بور دارای کمبود شدیدتری بود، انتخاب گردید و از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری آن یک نمونه مرکب تهیه شد. پس از هواخشک کردن نمونه خاک و گذراندن آن از الک ۲ میلی‌متری، برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن از جمله بافت، پ- هاش گل اشباع، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع و درصد کربنات کلسیم معادل آن به روش‌های مرسوم تعیین شدند (۱). نیتروژن کل خاک به روش کجلدال، فسفر قابل جذب به روش اولسن و پتاسیم قابل جذب خاک پس از عصاره‌گیری با استات آمونیوم یک نرمال به کمک دستگاه فلیم فتومتر تعیین گردید. مقدار بور قابل جذب خاک به روش رنگ سنجی با آزومتین H و مقادیر عناصر کم‌مصرف قابل استخراج با DTPA به کمک دستگاه جذب اتمی مشخص شدند (جدول۱).

برای بررسی تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و بور 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، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) و سه سطح بور (صفر، ۱/۷ و ۳/۵ کیلوگرم در هکتار) بودند که روی کلم بروکلی رقم ساکورا اعمال گردیدند. سطح صفر هر تیمار به عنوان شاهد برای آن تیمار در نظر گرفته شد. نیتروژن از منبع سولفات آمونیوم و بور از منبع اسید بوریک تهیه و به صورت خاکی مصرف گردیدند. نیتروژن در سه نوبت، برای بار اول ۱۵ روز بعد از کاشت نشاها و برای بار دوم و سوم هر ۱۵ روز

جدول ۱. نتایج ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

صفت	واحد	مقدار	صفت	واحد	مقدار
شن	٪	۷۹/۴	فسفر	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۴۵
سیلت	٪	۴/۶	پتاسیم	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۱۴۰
رس	٪	۱۶	آهن	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۳/۳
بافت	–	شن لومی	روی	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۰/۹۴
کربنات کلسیم معادل	٪	۲۵/۴	مس	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۰/۱۲
نیتروژن کل	٪	۰/۰۷	منگنز	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۱/۹۶
هدایت الکتریکی	دسی‌زیمنس بر متر	۱/۱	بور	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۰/۴۸
پ- هاش گل اشباع	–	۷/۳			

یک‌بار بعد از نوبت قبلی مصرف گردید. تمامی اسید بوریک چند روز قبل از کاشت نشاها به صورت خاکی مصرف گردید. 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 زراعی انجام گردید. میزان رطوبت خاک مورد استفاده در آزمایش در نقطه ظرفیت زراعی به کمک دستگاه صفحات فشار اندازه‌گیری شد و مقدار آب آبیاری مورد نیاز هر جعبه با توزین آن جعبه و کسر جرم به دست آمده از جرم نهایی جعبه محاسبه گردید.

در طول دوره رشد گیاه، علاوه بر عملیات داشت شامل آبیاری و دفع علف‌های هرز، محلول‌پاشی با عناصر کم مصرف (بجز بور) برای جلوگیری از کمبود آنها انجام شد. محلول عناصر کم‌مصرف در حجم یکسان و غلظت مشخصی به هر جعبه پاشیده شد. کودهای حاوی عناصر کم‌مصرف با غلظت ۵ در هزار یا ۵ گرم در لیتر محلول‌پاشی شدند. برداشت سر کلم بروکلی چهار ماه پس از کاشت نشاها و زمانی که گلچه‌ها هنوز باز نشده و سرها کاملاً متراکم بودند انجام شد. در زمان برداشت، وزن تر سر کلم بروکلی، وزن تر بخش هوایی (شامل وزن تر سر، برگ‌ها و ساقه) و وزن تر ریشه اندازه‌گیری گردیدند. 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 شدند (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 سالیسیلیک و آب اکسیژنه، غلظت عناصر غذایی پرمصرف در آنها تعیین گردید (۱). در پایان، داده‌های آزمایش با نرم‌افزارهای SAS و MSTATC مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

همان طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، بافت خاک شن لومی، پ- هاش خاک قلیایی، شوری خاک کم و خاک آهکی است. مقدار نیتروژن و بور این خاک کم و بقیه عناصر پرمصرف و کم‌مصرف بجز مس، آهن و منگنز در حد بهینه و یا نزدیک به حد بهینه هستند (۳ و ۴). به دلیل کم بودن میزان نیتروژن و بور قابل استفاده، این خاک برای اعمال تیمارهای آزمایش مناسب است.

تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و بور بر وزن تر سر کلم بروکلی

اثر اصلی نیتروژن و بور در سطح احتمال ۱٪ و برهمکنش آنها در سطح احتمال ۵٪ بر وزن تر سر کلم

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر وزن تر اندام‌های مختلف کلم بروکلی رقم ساکورا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		وزن تر سر	وزن تر بخش هوایی	وزن تر ریشه
		گرم در متر مربع		
نیتروژن	۴	۴۱۰۹۲/۶۷۶ **	۲۴۶۶۶۳۵/۰۹۳ **	۶۷۸/۰۲۳ **
بور	۲	۲۵۰۹۳۶/۲۹۲ **	۴۰۱۸۰۰۴/۰۹۶ **	۱۴۵/۷۴۹ ns
نیتروژن × بور	۸	۲۰۹۶۳/۰۴۵ *	۷۴۷۶۲۵/۲۰۰ *	۱۰۹/۹۰۳ ns
اشتباه	۳۰	۷۶۱۵/۴۷۳	۲۸۲۰۷۶/۶۶۶	۱۲۴/۶۶۹
CV (٪)	–	۱۲/۱۹	۱۴/۱۳	۱۳/۸۳

**، * و ns به ترتیب نشان دهنده معنی‌داری در سطوح ۱٪ و ۵٪ و عدم وجود تفاوت معنی‌دار

جدول۳. مقایسه میانگین‌های اثر اصلی نیتروژن و بور بر وزن تر اندام‌های مختلف کلم بروکلی رقم ساکورا

تیمار	سطح	وزن تر سر	وزن تر بخش هوایی	وزن تر ریشه
			(گرم در متر مربع)	
نیتروژن	N_0	۱۸۷/۴۱ c	۱۰۸۱/۸۳ c	۲۳/۹۵ b
	N_{100}	۲۱۷/۵۳ bc	۱۴۹۵/۵۲b	۳۶/۸۹ a
	N_{200}	۲۲۵/۹۳ bc	۱۶۳۵/۷۳ ab	۳۰/۵۵ ab
	N_{300}	۲۹۱/۳۶ a	۱۶۶۸/۳۶ ab	۲۸/۸۵ b
	N_{400}	۲۵۱/۱۱ ab	۱۸۹۹/۴۴a	۲۶/۶۰ b
بور	B_0	۱۶۵/۱۸ c	۱۳۸۲/۹۱ b	۳۰/۲۹ a
	$B_{1.7}$	۳۱۳/۶۳ a	۱۹۰۱/۲۲ a	۳۰/۴۳ a
	$B_{3.5}$	۲۲۵/۱۸ b	۱۳۸۴/۴۱b	۳۰/۳۸ a

در هر ستون و برای هر پارامتر، میانگین‌هایی که حداقل یک حرف لاتین مشترک دارند، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند

بروکلی معنی‌دار است (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که با افزایش میزان مصرف نیتروژن تا سطح ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار میزان عملکرد سر افزایش ولی در مقادیر بیشتر مصرف آن عملکرد کاهش می‌یابد (جدول ۳). حداکثر عملکرد سر (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). هم‌چنین مصرف ۱/۷ کیلوگرم بور در هکتار باعث تولید حداکثر عملکرد سر در کلم بروکلی (۳۱۳/۶۳ گرم در متر مربع) گردید که نسبت به عملکرد تیمار شاهد (۱۶۵/۱۸ گرم در متر مربع) به میزان ۸۹/۸۷ درصد افزایش داشت. ولی مصرف بیشتر بور عملکرد سر را به طور معنی‌داری کاهش داد (جدول ۳).

مقایسه میانگین‌های برهمکنش نیتروژن و بور نشان داد که بیشترین عملکرد سر در کلم بروکلی از مصرف ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن به اضافه ۱/۷ کیلوگرم بور در هکتار ($N_{300}B_{1.7}$) به مقدار ۳۷۸/۵۲ گرم در متر مربع به دست آمد و کمترین وزن تر سر نیز به تیمار شاهد (N_0B_0) تعلق داشت که ۱۱۶/۳۰ گرم در متر مربع بود (جدول ۴).

یولداس و همکاران (۳۰) نیز بیشترین عملکرد سر کلم

جدول۴. مقایسه میانگین‌های برهمکنش نیتروژن و بور بر وزن تر سر و بخش هوایی کلم بروکلی رقم ساکورا

تیمار	وزن تر سر	وزن تر بخش هوایی
	گرم در متر مربع	
N_0B_0	۱۱۶/۳۰ f	۱۰۲۴/۰۰ d
$N_0B_{1.7}$	۲۲۸/۸۹cde	۱۱۷۳/۶۳ cd
$N_0B_{3.5}$	۱۹۱/۱۱def	۱۰۴۸/۸۶ d
$N_{100}B_0$	۱۴۲/۲۲ef	۱۳۱۲/۷۸ cd
$N_{100}B_{1.7}$	۲۸۹/۶۳ bc	۱۶۶۹/۴۸ bc
$N_{100}B_{3.5}$	۲۴۶/۶۷ cd	۱۵۰۴/۳۱ bcd
$N_{200}B_0$	۱۵۰/۳۷ ef	۱۳۱۹/۸۷ cd
$N_{200}B_{1.7}$	۲۹۸/۵۲abc	۱۹۲۴/۶۷ ab
$N_{200}B_{3.5}$	۲۲۸/۸۹cde	۱۶۶۲/۶۷ bc
$N_{300}B_0$	۲۲۸/۸۹cde	۱۳۲۸/۵۰cd
$N_{300}B_{1.7}$	۳۷۸/۵۲ a	۲۳۰۴/۶۸ a
$N_{300}B_{3.5}$	۲۷۲/۵۹ cd	۱۳۷۱/۹۱ bcd
$N_{400}B_0$	۱۴۴/۴۴ ef	۱۳۵۹/۱۴ bcd
$N_{400}B_{1.7}$	۳۷۲/۵۹ab	۲۴۳۴/۶۲ a
$N_{400}B_{3.5}$	۲۳۰/۳۷cde	۱۹۰۴/۵۶ ab

در هر ستون و برای هر پارامتر، میانگین‌هایی که حداقل یک حرف لاتین مشترک دارند، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند.

بروکلی را از مصرف ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آوردند که با عملکرد حاصل از مصرف ۴۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشت. انور و همکاران (۶) و ال‌شیخا و همکاران (۱۱) نیز نشان دادند که میزان عملکرد سر در کلم بروکلی متناسب با مقدار کود نیتروژنه مصرف شده بود. اردم و همکاران (۱۲) مشاهده کردند که عملکرد کلم بروکلی در تیمار شاهد (بدون نیتروژن) به طور متوسط ۳۰ تا ۴۰ درصد کمتر از تیمارهای حاوی نیتروژن بود.

منیرالزمان و همکاران (۱۷) با مصرف ۲ کیلوگرم بور در هکتار بیشترین عملکرد سر در کلم بروکلی را به دست آوردند. نور و همکاران (۱۸) نیز بیشترین عملکرد گل کلم را از کاربرد ۱/۵ کیلوگرم بور در هکتار به دست آوردند که با نتایج به دست آمده در این آزمایش مطابقت دارد. نتایج تحقیقات مختلف نشان می‌دهد که بعضی از گیاهان مانند گندم، جو، ذرت، شبدر و یونجه نیاز کمی به بور دارند. در صورتی‌که گیاهانی مانند گل کلم و کلم بروکلی از جمله گیاهان پرنیاز به بور می‌باشند و وجود بور در خاک، عملکرد این گیاهان را بالا می‌برد (۱۵ و ۲۴).

تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و بور بر وزن تر بخش هوایی کلم بروکلی

اثر اصلی نیتروژن و بور بر وزن تر بخش هوایی کلم بروکلی در سطح احتمال ۱٪ و برهمکنش آنها در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار است (جدول ۲). حداکثر وزن تر بخش هوایی (۱۸۹۹/۴۴ گرم در متر مربع) از مصرف ۴۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل گردید که در مقایسه با وزن تر بخش هوایی تیمار شاهد (۱۰۸۱/۸۳ گرم در متر مربع) ۷۵/۵۸ درصد افزایش داشت (جدول ۳). هم‌چنین مصرف ۱/۷ کیلوگرم بور در هکتار باعث تولید حداکثر وزن تر بخش هوایی کلم بروکلی به میزان ۱۹۰۱/۲۲ گرم در متر مربع گردید که نسبت به تیمار شاهد (۱۳۸۲/۹۱ گرم در متر مربع) ۳۷/۴۸ درصد افزایش داشت (جدول ۳).

مقایسه میانگین‌های برهمکنش نیتروژن و بور نشان داد که حداکثر وزن تر بخش هوایی (۲۴۳۴/۶۲ گرم در متر مربع) از مصرف ۴۰۰ کیلوگرم نیتروژن به اضافه ۱/۷ کیلوگرم بور در هکتار ($N_{400}B_{1.7}$) حاصل گردید که در مقایسه با تیمار۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن به اضافه ۱/۷ کیلوگرم بور در هکتار

جدول ۵. نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر غلظت عناصر غذایی پرمصرف در سر کلم بروکلی رقم ساکورا

منابع تغییرات	درجه‌آزادی	میانگین مربعات				
		نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم
		درصد				
نیتروژن	۴	۸۳/۲۴۱ **	۰/۲۶۱ **	۰/۲۱۰ **	۰/۱۴۶ **	۰/۰۲۳ *
بور	۲	۱/۱۷۳ **	۰/۰۲۴ ns	۰/۲۶۲ **	۰/۰۳۲ ns	۰/۰۳۸ **
نیتروژن × بور	۸	۰/۰۷۵ **	۰/۰۲۲ ns	۰/۰۸۰*	۰/۰۲۱ ns	۰/۰۲۳ **
اشتباه	۳۰	۰/۰۰۴	۰/۰۲۱	۰/۰۳۰	۰/۰۲۸	۰/۰۰۷
CV (٪)	–	۱/۳۷	۱۱/۲۸	۷/۴۶	۱۱/۴۶	۱۱/۱۵

**، * و ns به ترتیب نشان دهنده معنی‌داری در سطوح ۱٪ و ۵٪ و عدم وجود تفاوت معنی‌دار

($N_{300}B_{1.7}$) با عملکرد ۲۳۰۴/۶۸ گرم در متر مربع اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین میزان وزن تر بخش هوایی کلم بروکلی به تیمار شاهد (N_0B_0) تعلق داشت که با تیمار $N_0B_{3.5}$ در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۴).

مطالعات مختلف نشان می‌دهد که با افزایش مصرف نیتروژن، وزن تر بخش هوایی، ارتفاع گیاه، گستردگی برگ‌ها و میزان شاخه و برگ افزایش می‌یابد (۱۷). هم‌چنین نتایج تحقیقات شلپ (۲۳) نشان داد که کمبود بور باعث ایجاد حالت چوب پنبه‌ای در رگبرگ‌ها و ساقه شده و مغز ساقه شکننده و پوک می‌گردد. این عوامل منجر به کاهش وزن تر اندام‌های هوایی، بخصوص برگ‌ها و ساقه‌ها، می‌شود. در مقابل، اسمیت و همکاران (۲۶) مشاهده کردند که مصرف زیاد بور در خاک باعث تجمع زیاد آن در ساقه کلم بروکلی شد که مسموم کننده بود و سرعت تجمع مواد در ساقه را کاهش داد و منجر به کاهش وزن تر بخش هوایی گیاه گردید.

تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و بور بر وزن تر ریشه کلم بروکلی

اثر اصلی نیتروژن بر وزن تر ریشه کلم بروکلی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار است. ولی اثر اصلی بور و برهمکنش نیتروژن و بور بر وزن تر ریشه‌ها معنی‌دار نگردید (جدول ۲). حداکثر وزن تر ریشه (۳۶/۸۹ گرم در متر مربع) از مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد که در مقایسه با تیمار شاهد (۲۳/۹۵ گرم در متر مربع) به طور معنی‌داری بیشتر بود (جدول ۳). اورارتز (۱۳) و تروپ کریستنسن (۲۷) نشان دادند که رشد و توسعه ریشه در خانواده کلم‌ها در سطوح کم نیتروژن خاک صورت می‌گیرد و سطوح بالای نیتروژن از توسعه ریشه می‌کاهد. در شرایط کمبود نیتروژن، رنگ ریشه‌ها سفید مایل به زرد بود و مقدار رشد آنها در مقایسه با رشد شاخه‌ها افزایش یافت (۴).

تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و بور بر غلظت نیتروژن در سر کلم بروکلی

اثرهای اصلی و متقابل نیتروژن و بور بر غلظت نیتروژن سر کلم بروکلی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار است (جدول ۵). نتایج نشان می‌دهد که مصرف نیتروژن باعث افزایش معنی‌دار غلظت نیتروژن در سر کلم بروکلی می‌شود. این امر می‌تواند به دلیل افزایش میزان پروتئین و کلروفیل در سر کلم بروکلی با افزایش مصرف نیتروژن باشد که حاکی از نیاز زیاد این گیاه به نیتروژن است (۱۹). مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که با افزایش مصرف نیتروژن تا سطح ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار، غلظت نیتروژن سر افزایش می‌یابد. بیشترین غلظت نیتروژن سر (۷/۱۸ درصد) از مصرف ۴۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کمترین مقدار آن (۲/۳۷ درصد) در تیمار شاهد اندازه‌گیری گردید (جدول ۶). هم‌چنین نتایج نشان داد که مصرف ۱/۷ کیلوگرم بور در هکتار منجر به ایجاد بیشترین غلظت نیتروژن در سر کلم بروکلی شد. ولی مصرف مقادیر بیشتر بور، غلظت نیتروژن سر را کاهش داد. بیشترین غلظت نیتروژن سر (۴/۹۶ درصد) از

جدول ۶. مقایسه میانگین‌های اثر اصلی نیتروژن و بور بر غلظت عناصر غذایی پرمصرف در سر کلم بروکلی رقم ساکورا

تیمار	سطح	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم
		(٪)				
نیتروژن	N_0	۲/۳۷e	۰/۵۳c	۲/۲۰c	۰/۶۱c	۰/۰۵۶b
	N_{100}	۴/۱۹d	۰/۶۸b	۲/۲۴c	۰/۶۳bc	۰/۰۵۹ab
	N_{200}	۴/۸۳c	۰/۶۹b	۲/۲۹bc	۰/۶۵bc	۰/۰۶۰ab
	N_{300}	۵/۴۱b	۰/۷۸a	۲/۴۱a	۰/۷۹a	۰/۰۶۴a
	N_{400}	۷/۱۸a	۰/۷۵ab	۲/۳۸ab	۰/۷۲ab	۰/۰۶۲a
بور	B_0	۴/۶۴ c	۰/۷۱ a	۲/۲۲b	۰/۷۱ a	۰/۰۵۶b
	$B_{1.7}$	۴/۹۶ a	۰/۶۸ a	۲/۳۵a	۰/۶۸ a	۰/۰۶۳a
	$B_{3.5}$	۴/۷۸ b	۰/۶۷ a	۲/۳۴a	۰/۶۶ a	۰/۰۶۲a

در هر ستون و برای هر پارامتر، میانگین‌هایی که حداقل یک حرف لاتین مشترک دارند، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند.

مصرف ۱/۷ کیلوگرم بور در هکتار به دست آمد و کمترین مقدار آن (۴/۶۴ درصد) به تیمار شاهد تعلق داشت (جدول ۶).

نتایج تحقیقات یولداس و همکاران (۳۱) و نیز شولت و همکاران (۲۲) نیز نشان داد که 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 به دست آوردند که با نتایج به دست آمده در این آزمایش هماهنگی دارد. نتایج تحقیقات مختلف نشان داده که با افزایش مصرف کودهای نیتروژنه در خاک، غلظت نیتروژن در سر کلم بروکلی و در سبزی‌های برگی افزایش یافته و در سر کلم بروکلی به سطح ۷/۵ درصد می‌رسد (۵، ۸ و ۱۶).

راژکووسکا و همکاران (۲۱) نشان دادند که مصرف بور منجر به کاهش غلظت نیتروژن و افزایش مصرف نیتروژن منجر به کاهش علائم مسمومیت بور در اکثر گیاهان، بخصوص سبزی‌ها، می‌شود. تحقیقات نشان می‌دهد که با افزایش بور در خاک به مقدار بیش از ۲ کیلوگرم در هکتار، به دلیل تجمع در گیاه و ایجاد مسمومیت، جذب نیتروژن در برگ‌ها کاهش می‌یابد (۲۹).

مقایسه میانگین‌های برهمکنش نیتروژن و بور نشان داد که بیشترین غلظت نیتروژن در سر کلم بروکلی (۷/۴۳ درصد) از مصرف ۴۰۰ کیلوگرم نیتروژن به اضافه ۱/۷ کیلوگرم بور در هکتار ($N_{400}B_{1.7}$) به دست آمد و کمترین مقدار آن (۲/۱۱ درصد) متعلق به تیمار شاهد بود (جدول ۷). در سطوح یکسان بور، غلظت نیتروژن در سر کلم بروکلی با افزایش مصرف نیتروژن، افزایش یافت. ولی در سطوح یکسان نیتروژن، مصرف بور فقط تا سطح ۱/۷ کیلوگرم بور در هکتار باعث افزایش غلظت نیتروژن در سر کلم بروکلی شد و مصرف بیشتر بور از غلظت نیتروژن در سر کلم بروکلی کاست.

تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و بور بر غلظت فسفر در سر کلم بروکلی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که تنها اثر اصلی نیتروژن بر غلظت فسفر در سر کلم بروکلی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار است (جدول ۵). با افزایش مصرف نیتروژن تا سطح ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، غلظت فسفر در سر کلم بروکلی افزایش یافت. با مصرف نیتروژن بیشتر از غلظت فسفر سر کاسته شد، ولی این کاهش معنی‌دار نبود. حداکثر غلظت فسفر در سر کلم بروکلی ۰/۷۸ درصد اندازه‌گیری شد که اختلاف معنی‌داری با غلظت تیمار شاهد (۰/۵۳ درصد) داشت (جدول ۶).

جدول ۷. مقایسه میانگین‌های برهمکنش نیتروژن و بور بر غلظت عناصر غذایی پرمصرف در سر کلم بروکلی رقم ساکورا

تیمار	سطح	نیتروژن	پتاسیم	منیزیم
		(٪)		
	N_0B_0	۲/۱۱ o	۲/۲۳cde	۰/۰۵۰e
	$N_0B_{1.7}$	۲/۶۵ m	۲/۲۰cde	۰/۰۵۹bcd
	$N_0B_{3.5}$	۲/۳۴ n	۲/۱۸de	۰/۰۶۱bcd
	$N_{100}B_0$	۴/۰۸ l	۲/۱۹de	۰/۰۴۹e
	$N_{100}B_{1.7}$	۴/۳۰ j	۲/۲۴cde	۰/۰۶۴abc
	$N_{100}B_{3.5}$	۴/۱۹ k	۲/۲۸bcd	۰/۰۵۶cde
	$N_{200}B_0$	۴/۷۵ i	۲/۰۹e	۰/۰۶۱bcd
برهمکنش نیتروژن × بور	$N_{200}B_{1.7}$	۴/۹۲ g	۲/۳۳abcd	۰/۰۵۷bcde
	$N_{200}B_{3.5}$	۴/۸۲ h	۲/۴۵ab	۰/۰۶۲bcd
	$N_{300}B_0$	۵/۳۲ f	۲/۳۴abcd	۰/۰۶۳abcd
	$N_{300}B_{1.7}$	۵/۵۱ d	۲/۴۹a	۰/۰۶۱bcd
	$N_{300}B_{3.5}$	۵/۳۹ e	۲/۳۹abc	۰/۰۶۶ab
	$N_{400}B_0$	۶/۹۴ c	۲/۲۳cde	۰/۰۵۵de
	$N_{400}B_{1.7}$	۷/۴۳ a	۲/۴۸a	۰/۰۷۲a
	$N_{400}B_{3.5}$	۷/۱۷ b	۲/۴۳ab	۰/۰۶۶ab

در هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل یک حرف لاتین مشترک دارند، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند.

تحقیقات یولداس و همکاران (۳۰) نیز نشان داد که با افزایش مصرف نیتروژن، غلظت فسفر در کلم بروکلی افزایش یافت. افزایش غلظت نیتروژن مصرفی در خاک و در نتیجه افزایش رشد رویشی گیاه، نیاز به سایر عناصر غذایی را به دنبال خواهد داشت و در نتیجه این عمل بر میزان جذب عناصر غذایی توسط گیاه افزوده می‌شود (۲۰).

تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و بور بر غلظت پتاسیم در سر کلم بروکلی

نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که اثرهای اصلی نیتروژن و بور در سطح احتمال ۱٪ و برهمکنش آنها در سطح احتمال ۵٪ بر غلظت پتاسیم سر کلم بروکلی معنی‌دار است (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که با افزایش مصرف نیتروژن تا سطح ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار مقدار پتاسیم سر افزایش می‌یابد. در مقادیر بیشتر مصرف نیتروژن، مقدار آن کاهش می‌یابد، ولی این کاهش معنی‌دار نمی‌باشد (جدول ۶). حداکثر غلظت پتاسیم سر (۲/۴۱ درصد) از مصرف ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کمترین مقدار آن (۲/۲۰ درصد) از تیمار شاهد حاصل گردید که با تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در یک گروه آماری قرار داشت (جدول ۶).

نتایج تحقیقات یولداس و همکاران (۳۰) و هم‌چنین سیلوا و اوچیدا (۲۵) نیز نشان می‌دهد که با افزایش مصرف نیتروژن، غلظت پتاسیم سر کلم بروکلی افزایش می‌یابد. مصرف کودهای نیتروژنه در سبزی‌هایی مانند کاهو و کلم باعث گسترده‌تر شدن برگ‌ها شده و فتوسنتز افزایش می‌یابد. در نتیجه نیاز به مواد غذایی مانند فسفر، پتاسیم و کلسیم افزایش یافته و جذب آنها

رونق می‌گیرد (۷). به‌علاوه، تغییر و تحولات نیتروژن در خاک و جذب آن به صورت نیترات باعث افزایش بار منفی در سلول‌های ریشه می‌شود و گیاه برای ایجاد تعادل بار اقدام به جذب کاتیون‌ها می‌کند و در نتیجه جذب کاتیون‌هایی مثل کلسیم و پتاسیم افزایش می‌یابد (۳۰).

نتایج به دست آمده هم‌چنین نشان می‌دهد که با افزایش مصرف بور تا سطح ۱/۷ کیلوگرم در هکتار، غلظت پتاسیم در سر کلم بروکلی افزایش می‌یابد و حداکثر غلظت پتاسیم سر به میزان ۲/۳۵ درصد از این سطح مصرف به دست آمد و تیمارهای ۱/۷ و ۳/۵ کیلوگرم بور در هکتار اختلاف معنی‌داری از این لحاظ با هم ندارند. کمترین غلظت پتاسیم سر در تیمار شاهد به میزان ۲/۲۲ درصد اندازه‌گیری گردید (جدول ۶).

مقایسه میانگین‌های برهمکنش نیتروژن و بور نشان می‌دهد که بیشترین غلظت پتاسیم در سر کلم بروکلی (۲/۴۹ درصد) از مصرف ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن به اضافه ۱/۷ کیلوگرم بور در هکتار ($N_{300}B_{1.7}$) به دست آمد که با تیمار $N_{400}B_{1.7}$ با میزان پتاسیم ۲/۴۸ درصد در یک گروه آماری قرار گرفت. کمترین غلظت پتاسیم سر (۲/۰۹ درصد) از تیمار $N_{200}B_0$ به دست آمد (جدول ۷).

تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و بور بر غلظت کلسیم در سر کلم بروکلی

تنها اثر اصلی نیتروژن بر غلظت کلسیم سر کلم بروکلی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد و اثر اصلی بور و برهمکنش نیتروژن و بور بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۵). با افزایش مقدار مصرف نیتروژن تا سطح ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، غلظت کلسیم سر به طور معنی‌داری افزایش یافت. ولی با افزایش بیشتر میزان مصرف نیتروژن، غلظت کلسیم کاهش یافت (جدول ۶). حداکثر غلظت کلسیم سر ۰/۷۹ درصد بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد (۰/۶۱ درصد) داشت (جدول ۶).

نتایج تحقیقات وجسیوچووسکا و همکاران (۲۸) نشان داد که با افزایش میزان نیتروژن قابل دسترس گیاه به صورت نیترات، غلظت این آنیون در ریشه زیاد می‌شود و گیاه برای ایجاد تعادل بار در ریشه، کاتیون‌هایی مانند پتاسیم و کلسیم را جذب می‌کند که این امر منجر به افزایش غلظت آنها در برگ و میوه می‌گردد. افزایش غلظت عناصری مانند فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در کلم بروکلی با افزایش مصرف نیتروژن توسط کاستلانوس و همکاران (۹) نیز گزارش شده است.

تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و بور بر غلظت منیزیم در سر کلم بروکلی

اثر اصلی نیتروژن در سطح احتمال ۵٪ و اثر اصلی بور و برهمکنش نیتروژن و بور در سطح احتمال ۱٪ بر غلظت منیزیم در سر کلم بروکلی معنی‌دار شد (جدول ۵). نتایج نشان می‌دهد که کاربرد نیتروژن باعث افزایش معنی‌دار غلظت منیزیم در سر کلم بروکلی می‌شود. با افزایش مصرف نیتروژن تا سطح ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، مقدار منیزیم سر افزایش و بعد از آن کاهش می‌یابد. ولی بین تیمارهای ۳۰۰ و ۴۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختلاف معنی‌داری از نظر میزان منیزیم سر کلم بروکلی وجود ندارد. بیشترین و کمترین غلظت منیزیم سر کلم بروکلی به ترتیب مربوط به تیمار ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۰/۰۶۴ درصد) و تیمار شاهد (۰/۰۵۶ درصد) است (جدول ۶). هم‌چنین با افزایش مصرف بور تا سطح ۱/۷ کیلوگرم در هکتار، غلظت منیزیم افزایش یافت و حداکثر مقدار منیزیم (۰/۰۶۳ درصد) از این سطح مصرف به دست آمد که با تیمار ۳/۵ کیلوگرم بور در هکتار (۰/۰۶۲ درصد) اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین غلظت منیزیم سر (۰/۰۵۶ درصد) نیز از تیمار شاهد به دست آمد (جدول ۶).

مقایسه میانگین‌های برهمکنش نیتروژن و بور نشان می‌دهد که بیشترین غلظت منیزیم سر کلم بروکلی (۰/۰۷۲ درصد) از مصرف ۴۰۰ کیلوگرم نیتروژن به اضافه ۱/۷ کیلوگرم بور در هکتار ($N_{400}B_{1.7}$) به دست آمد و بعد از این تیمار، به ترتیب تیمارهای $N_{300}B_{3.5}$ و $N_{400}B_{3.5}$ دارای بیشترین غلظت منیزیم سر بودند. کمترین غلظت منیزیم سر در تیمار $N_{100}B_0$ به میزان

۰/۰۴۹ درصد اندازه‌گیری گردید (جدول ۷).

نتایج تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که افزایش میزان بور قابل جذب خاک منجر به کاهش جذب منیزیم و کلسیم در کلم چینی می‌شود و کاهش غلظت کلسیم، منیزیم و سدیم در انواع کلم‌ها رابطه معنی‌داری با سطوح مصرف بیشتر از ۱/۵ کیلوگرم بور در هکتار داشت (۱۴) که با نتایج به دست آمده در این آزمایش هماهنگی دارد. افزایش غلظت منیزیم در کلم بروکلی با افزایش مصرف نیتروژن، توسط کاستلانوس و همکاران (۹) نیز گزارش شده است. غلظت منیزیم در کلم سفید و کلم بروکلی کمتر از غلظت این عنصر در گیاهان دیگر و در حدود ۲۱۱ تا ۷۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک است (۳۲).

نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان می‌دهد که کاربرد مقدار معینی از کودهای حاوی نیتروژن و بور عملکرد و کیفیت سر کلم بروکلی را افزایش می‌دهد. اما از آنجایی که مصرف بی‌رویه نیتروژن منجر به پوکی سر و ساقه و کاربرد زیاد بور منجر به مسمومیت گیاه می‌شود، مصرف متعادل این عناصر غذایی برای دستیابی به عملکرد بالا و کیفیت مطلوب در کلم بروکلی لازم و ضروری می‌باشد. مصرف ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و ۱/۷ کیلوگرم بور در هکتار منجر به تولید حداکثر عملکرد سر در کلم بروکلی شد. ولی بیشترین غلظت عناصر غذایی نیتروژن، پتاسیم و منیزیم سر در تیمار حاوی ۴۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و ۱/۷ کیلوگرم بور در هکتار اندازه‌گیری گردید. اثر بور بر غلظت عناصر فسفر و کلسیم سر معنی‌دار نبود. ولی بیشترین غلظت این عناصر از مصرف ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد. مصرف بور تا سطح ۱/۷ کیلوگرم در هکتار، عملکرد سر در کلم بروکلی را افزایش داد و باعث افزایش غلظت عناصر غذایی نیتروژن، پتاسیم و منیزیم در سر شد. ولی مصرف بیشتر بور به دلیل ایجاد مسمومیت، غلظت عناصری غذایی و کیفیت سر را کاهش داد.

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. شکری واحد، ح. ۱۳۸۸. بررسی ریزمغذی‌ها، نگاهی به نقش عناصر کم‌مصرف در تولیدات کشاورزی. مجله سنبله ۱۷۸: ۳۶-۳۷.

۴. ملکوتی، م. ج.، ف. مشیری. و ن. غیبی. ۱۳۸۴. حد مطلوب غلظت عناصر غذایی در خاک و برخی از محصولات زارعی و باغی (بخش سوم: محصولات سبزی و صیفی). نشریه فنی شماره ۴۰۷، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، انتشارات سنا، تهران.

5. Abdelrazzag, A. 2002. Effect of chicken manure, sheep manure and inorganic fertilizers on yield and nutrient uptake by onion. Pak. J. Biol. Sci. 5: 266-268.
6. Anwar, M. N., M. S. Huq, S. K. Nandy and M. S. Islam. 2000. Growth, yield component and curd yield of broccoli as influenced by N, P, K, S, and Mo in grey terrace soil. Bang. J. Agri. Res. 25(4): 685-691.
7. Barraclough, P. B. and R. A. Leigh. 1993. Critical plant K concentrations for growth and problems in the diagnosis of nutrient deficiencies by plant analysis. Plant Soil 155: 219-222.
8. Belec, C., S. Villeneuve, J. Coulombe and N. Tremblay. 2001. Influence of nitrogen fertilization on yield, hollow stem disease and sap nitrate concentration in broccoli. Can. J. Plant Sci. 81: 765-772.
9. Castellanos, J. Z., I. Lazcano, A. Sosa Baldibia, V. Badillo and S. Villalobos. 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 Int. 13(2): 25-27.
10. Cohen, J. H., A. R. Kristal and J. L. Stanford. 2000. Fruit and vegetable intakes and prostate cancer risk. J. Natl. Canc. Inst. 92(1): 61-68.
11. El Shikha, D. M., P. Waller, D. Hunsaker, T. Clarke and E. Barnes. 2007. Ground based remote sensing for

assessing water and nitrogen status of broccoli. Agric. Water Manage. 92: 183-193.
12. Erdem, T., L. Arin, Y. Erdem, S. Polat, M. Deveci, H. Okursoy and H. T. Gultas. 2010. Yield and quality response of drip irrigated broccoli (*Brassica oleracea* L. var. Italica) under different irrigation regimes, nitrogen applications and cultivation periods. Agric. Water Manage. 97: 681-688.
13. Everaarts, A. P. 1994. Nitrogen fertilization and head rot in broccoli. Neth. J. Agric. Sci. 42: 195-201.
14. Gupta, U. C. 1991. Boron, molybdenum and selenium status in different plant parts in forage legumes and vegetable crops. J. Plant. Nutr. 14: 613-621.
15. Gupta, U. C. and J. A. MacLeod. 1977. Influence of calcium and magnesium sources on boron uptake and yield of alfalfa and rutabagas as related to soil pH. Soil Sci. 124: 279-284.
16. Magnusson, M. 2002. Mineral fertilizers and green mulch in Chinese cabbage (*Brassica Pekinensis* Rupr): Effect on nutrient uptake, yield and internal tip burn. J. Acta Agric. Scand., Sect. B, Soil and Plant Sci.52: 25-35.
17. Moniruzzaman, M., S. M. L. Rahman, M. Kibria, M. A. Grahman and M. M. Hossain. 2007. Effect of boron and nitrogen on yield and hollow stem of broccoli. J. Soil Nature 1(3): 24-29.
18. Noor, S., M. Rahman, N. C. Shil, S. K. Nandy and M. N. Anwar. 2000. Effects of boron and molybdenum on the yield and yield components of cauliflower. Bang. Hort. 24(1): 123-127.
19. Page, T., G. Griffiths and V. B. Wollasto. 2001. Molecular and biochemical characterization of postharvest senescence in broccoli. Plant Physiol. 125: 718-727.
20. Ritchie, S. W. and J. J. Hanway. 1984. How a corn plant develops. Special Report No. 48, Iowa State University Cooperative Extension Service, Ames, Iowa.
21. Ruszkowska, M., Z. Rebowska, M. Kusio, S. Sykut and A. K. Wojcikowska. 1994. Balance of boron and molybdenum. Pamietnik Pulawski 105: 63-77.
22. Schulte, A. M., G. Early, E. R. Dewi, O. Nikus and W. J. Horst. 2010. Genotypic differences in nitrogen efficiency of white cabbage (*Brassica oleracea* L.). Plant Soil 328: 313-325.
23. Shelp, B. J. 1988. Boron mobility and nutrition in broccoli (*Brassica oleracea* var. Italica). Ann. Bot. 61(1): 83-91.
24. Shelp, B. J. 1989. Mineral nutrient distribution: Significance in the nutrition of vegetable crops. Highlights Agric. Res. Ontario. 12: 21-24.
25. Silva, J. A. and R. Uchida. 2000. Essential nutrients for plant growth: Nutrient functions and deficiency symptoms. Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii at Manoa 20: 63-90.
26. Smith, T. E., S. R. Grattan, C. M. Grieve, J. A. Poss and D. L. Suarez. 2010. Salinity's influence on boron toxicity in broccoli. II. Impacts on boron uptake, uptake mechanisms and tissue ion relations. Agric. Water Manage. 97(6): 783-791.
27. Thorup Kristensen, K. 1993. Root development of nitrogen catch crops and of a succeeding crop of broccoli. Acta Agric. Scand. Sec. B, Soil Plant Sci. 43: 58-64.
28. Wojciechowska, R., S. Rozek and A. Rydz. 2005. Broccoli yield and its quality in spring growing cycle as dependent on nitrogen fertilization. Folia Hort. 17(2): 141-152.
29. Wojcik, P. 2000. Behavior of soil boron and boron uptake by M.26 apple rootstock as affected by application of different forms of nitrogen rates. J. Plant Nutr. 23: 1227-1239.
30. Yoldas, F., S. Ceylan, B. Yagmur and N. Mordogan. 2008. Effects of nitrogen fertilizer on yield quality and nutrient content in broccoli. J. Plant Nutr. 31: 1333-1343.
31. Yoldas, F. and D. Esiyok. 2004. Effects of temperature plant spacing sowing/planting date on generative growth and yield components of broccoli. 39th Croatian Symposium on Agriculture with International Participation. February 17-20, 2004 Opatija, Croatia.
32. Zahradník, A. and K. Petříková. 2007. Effect of alternative organic fertilizers on the nutritional value and yield of broccoli and head cabbage. Horti. Sci. 34(2): 65-71.