

اثر مصرف روی، بُر و گوگرد بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه سیر (*Allium sativum* L.)

سیده سپیده زارع پاک ضیابری^۱ و مجید مجیدیان^{۲*}

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، گرایش آگروتکنولوژی، اکولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۲- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

پست الکترونیک: ma_majidian@guilan.ac.ir

تاریخ پذیرش: شهریور ۱۴۰۱

تاریخ اصلاح نهایی: شهریور ۱۴۰۱

تاریخ دریافت: خرداد ۱۴۰۱

چکیده

به منظور مطالعه تأثیر عناصر روی، بُر و گوگرد بر خصوصیات کمی و میزان جذب عناصر و آلیسین گیاه سیر (*Allium sativum* L.) محلی ضیابر، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار و سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۸-۹۹ اجرا شد. تیمارها شامل ۱- شاهد (بدون مصرف کود)، ۲- روی، ۳- بُر، ۴- گوگرد، ۵- روی + گوگرد، ۶- روی + بُر، ۷- بُر + گوگرد و ۸- گوگرد + بُر + روی بودند. کودهای گوگرد، روی و بُر به ترتیب به صورت ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، سولفات روی (۲۰ کیلوگرم در هکتار) و اسید بوریک (۵ کیلوگرم در هکتار) در دو مرحله رویشی و پر شدن سوخ به خاک اضافه شدند. نتایج نشان داد که تیمار گوگرد + روی + بُر نسبت به سایر تیمارها در همه صفات مورد مطالعه برتری معنی‌دار داشت. بین تیمارهای کودی تکی، با کاربرد بُر بیشترین عملکرد اقتصادی و میزان جذب بُر مشاهده شد. جذب گوگرد با کاربرد گوگرد بیشترین مقدار را نشان داد. جذب روی و مقدار آلیسین هم در تیمار کاربرد روی بیشترین مقدار شد. بین تیمارهای دوگانه، در تیمار گوگرد + بُر بیشترین عملکرد اقتصادی و میزان جذب گوگرد و بُر مشاهده شد. تیمار روی + بُر بیشترین جذب روی را نشان داد. بیشترین مقدار آلیسین (۲۹٪) در تیمار گوگرد + روی + بُر مشاهده شد. بیشترین عملکرد اقتصادی سیر (۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) و بهترین کیفیت از نظر مقدار آلیسین (۲۹٪)، جذب گوگرد (۰/۷۳ کیلوگرم در هکتار)، جذب روی (۳۹/۶ کیلوگرم در هکتار) و جذب بر (۱۲/۹۶ کیلوگرم در هکتار) از ترکیب کودی گوگرد + روی + بُر حاصل شد. با توجه به نتایج این آزمایش مصرف کودهای روی، بُر و گوگرد همراه با کودهای پایه برای افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاه سیر پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: سیر (*Allium sativum* L.)، آلیسین، اسید بوریک، سولفات روی، گوگرد، عملکرد سوخ.

مقدمه

روش‌های کارآمد گامی مؤثر در پیشبرد اهداف پزشکی در زمینه تولید داروهای غیرشیمیایی برداشت. منطقه ضیابر در استان گیلان یکی از مناطق مهم کشت این گیاه دارویی محسوب می‌شود.

سیر با نام علمی *Allium sativum* یکی از گیاهان دارویی است که دارای خواص زیادی در طب مدرن و سنتی است که با توجه به شرایط اقلیمی ایران و پراکنش گسترده آن می‌توان با شناخت گونه‌های مناسب و تولید ارقام برتر با

روی می‌تواند نیاز سیر به این عنصر را تأمین کند. اسید پیروویک از ترکیب‌های مهم در عطر و طعم سیر هستند و افزایش این فاکتور نشان می‌دهد که روی می‌تواند نقش مهمی در بهبود کیفیت سیر داشته باشد. Razaq و همکاران (۲۰۱۹) در تحقیق خود تأثیر روی و بُر را بر عملکرد سیر اینگونه بیان کردند که مصرف روی بهترین نتیجه را در تعداد برگ، وزن خشک برگ‌ها، pH عصاره، آسکوربیک اسید، محتوای کلروفیل و مصرف بُر روی تعداد برگ، وزن خشک، اسیدیته، وزن سوخ، محتوای کلروفیل، آسکوربیک اسید و عملکرد در هکتار نشان داده است. براساس یافته‌های یادشده می‌توان نتیجه گرفت که مصرف روی و بُر با دوز مصرفی ذکر شده بهترین تولید را در سیر داشته است.

گوگرد یکی از عناصر حیاتی برای تغذیه گیاهان است که نقش آن در گیاهان، به‌طور عمده ساخت پروتئین، روغن و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی است. همچنین در پایین آوردن اسیدیته موضعی خاک و افزایش قابلیت دسترسی عناصر کم مصرف مهم می‌باشد (Marschner, 1995). Yang و همکاران (۲۰۰۴) با مطالعه تأثیر عنصر گوگرد بر خواص بیوشیمیایی و فیزیولوژیک گیاه سیر و همچنین کیفیت غذایی آن بیان کردند که تأثیر وجود مقادیر مختلف عنصر گوگرد در خاک بر میزان آلپسین، آمینواسیدها و قندهای موجود در سیر نشان داده شد و افزایش درصد گوگرد به افزایش میزان آلپسین و قندهای محلول منجر می‌شود. در تحقیقات Amin و همکاران (۲۰۱۸) نشان داده شد که کاربرد گوگرد منجر به افزایش وزن خشک برگ در مقایسه با تیمارهای بدون گوگرد شده است.

با توجه به اهمیت موضوع و موارد مطرح شده و اینکه ضیابر یکی از مناطق مهم کشت سیر در استان گیلان است، این آزمایش با هدف ارزیابی عملکرد کمی و کیفی گیاه سیر با مصرف عناصر بُر، روی و گوگرد به‌صورت تیمارهای انفرادی، دوگانه و سه‌گانه واقع در ضیابر، از توابع شهرستان صومعه‌سرا در استان گیلان اجرا شد.

بُر و روی دو عنصر ضروری ریزمغذی هستند که برای رشد و نمو گیاهان عالی مورد نیاز می‌باشند (Marschner, 1995). بُر، نقش بسیار مهمی در سنتز و ساختمان دیواره سلولی و احتمالاً در پایداری غشاء سلولی دارد (Brown *et al.*, 2002). کمبود بُر باعث نمو غیرطبیعی اندام‌های زایشی (Huang *et al.*, 2000) و کاهش عملکرد گیاه می‌شود (Nabi *et al.*, 2006). عنصر ضروری روی از اجزاء ساختمانی چندین آنزیم بوده و برای فعالیت این آنزیم‌ها مورد نیاز است، بنابراین، کمبود عنصر روی بر متابولیسم کربوهیدرات اثر می‌گذارد و باعث خسارت به ساختار گرده گیاه و کاهش عملکرد گیاه می‌شود (Fang *et al.*, 2008). عنصر روی نقش مهمی در افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز دارد و باعث جلوگیری از خسارت‌های اکسیداتیو می‌گردد (Bybordi & Mamedov, 2010). همچنین کاهش آنزیم کاتالاز می‌شود. در مورد اثرهای عناصر روی و بُر، بر گیاه سیر نیز مطالعاتی انجام شده است. در پژوهش Nasreen و همکاران (۲۰۰۹) تأثیر عناصر روی و بُر و همچنین کود مرغی بر روی گیاه سیر نشان داده شد، وجود این عناصر در خاک به همراه کود مرغی باعث افزایش طول برگ‌ها، تعداد برگ‌ها، قطر و وزن سوخ می‌شود. توجه‌پذیری اقتصادی افزودن این مواد به خاک نیز از جمله موارد مورد مطالعه در این پژوهش بوده است. باتوجه به اینکه رابطه مثبت و معنی‌داری بین اسید پیروویک موجود در سیر و مقدار آلپسین وجود دارد، افزایش مقدار آلپسین در سیر با مصرف روی، سبب تولید محصولی با کیفیت مناسب می‌شود. Motalebifard و Bayat (۲۰۲۰) گزارش کردند که مدیریت مزرعه و عوامل تغذیه‌ای، مقدار آلپسین تولیدی گیاه را افزایش می‌دهند، به‌طوری که با استفاده از مکمل‌های غذایی، مقدار آلپسین تا ۳۵٪ در طی رشد گیاه افزایش می‌یابد. نتایج نشان داد که مصرف روی می‌تواند نقش مهمی در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصول سیر داشته باشد. مصرف ۲۰ کیلوگرم در هکتار سولفات

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ در مزرعه تحت پوشش سازمان جهاد کشاورزی واقع در ضیابر، از توابع شهرستان صومعه‌سرا (عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۲۲ دقیقه شرقی

ارتفاع سه متر زیر سطح دریا) اجرا شد. قبل از شروع آزمایش از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه برای تعیین برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک نمونه‌برداری گردید (جدول‌های ۱ و ۲).

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش

Table 1. Chemical properties of experimental farm soil

Total nitrogen (%)	Available P (mg kg ⁻¹)	Available K (mg kg ⁻¹)	pH	EC (dS.m ⁻¹)	Organic carbon (%)	Soluble SO ₄ ²⁻ (meq l ⁻¹)	Available Zn (mg kg ⁻¹)	Available B (mg kg ⁻¹)
0.18	23.9	368	6.8	0.44	2	0.71	0.98	0.04

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی خاک مزرعه مورد آزمایش

Table 2. Physical properties of experimental farm soil

Depth (cm)	Texture	Sand (%)	Clay (%)	Silt (%)
0-30	Silty	28	28	44

بوریکی اسید به میزان ۲۰ و ۵ کیلوگرم در هکتار به کرت‌ها اضافه شدند. کود گوگرد قبل از کاشت با ماسه مخلوط و به صورت کاملاً یکنواخت به صورت نواری در کرت‌ها پاشیده و بعد روی آن نیز با لایه‌ای از خاک پوشانده شد. محلول‌پاشی سولفات روی و اسید بوریکی با غلظت پنج در هزار انجام شد (Silspur, 2019). قبل از محلول‌پاشی pH محلول‌ها اندازه‌گیری شد. برای محلول‌پاشی بُر pH ۷/۰۲ و محلول‌پاشی روی pH ۶/۸ بود. محلول‌پاشی ترکیبی به صورت جداگانه انجام شد، بدین گونه که یک محلول در صبح زود و دیگری در عصر انجام گردید. برای محلول‌پاشی عناصر روی و بُر به ترتیب از منابع سولفات روی (حاوی ۲۳٪ روی) و بوریکی اسید (حاوی ۱۷٪ بُر) استفاده شد. محلول‌پاشی در دو مرحله رشد رویشی و پر شدن سوخ‌ها انجام شد.

طول هر کرت ۴ متر و عرض آن ۱/۸ متر انتخاب شد و فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بذرها روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر و برای جلوگیری از تداخل کودی بین کرت‌ها یک متر فاصله و ۱/۵ متر فاصله بین تکرارها از هم در نظر

میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات آمونیوم و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم براساس آزمایش تجزیه خاک برای کوددهی کلیه کرت‌ها در نظر گرفته شد، که کلیه کودها نیمی به همراه شخم (در اواخر پاییز) و نصف دیگر در هنگام تشکیل سوخ (فروردین‌ماه) به صورت یکنواخت به همه کرت‌ها اضافه شد.

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار و سه تکرار روی صفت‌های کمی، میزان جذب عناصر و آلیسین سیر رقم محلی ضیابر بررسی شد. تیمارهای مورد مطالعه شامل ۱- شاهد (بدون مصرف کود)، ۲- روی، ۳- بُر، ۴- گوگرد، ۵- روی + گوگرد، ۶- روی + بُر، ۷- بُر + گوگرد و ۸- گوگرد + بُر + روی بودند. کوددهی طبق آزمون خاک و در نظر گرفتن نیاز گیاه انجام شد (با توجه به حدود بحرانی عناصر در خاک) (Silspur, 2019). کود گوگرد به صورت گُل گوگرد (گوگرد عنصری (S) ۹۹٪، تولید شرکت کیمیا رویش مهر پارس- مشهد)، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و کودهای روی و بُر نیز به صورت سولفات روی و

نمونه خشک گیاه بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم محاسبه شد.

برای اندازه‌گیری آلپسین از دستگاه HPLC با استفاده از استاندارد داخلی بوتیل پاراهیدروکسی بنزوات به روش توصیف شده فارماکوپه بریتانیا در طول موج ۲۵۴ نانومتر قرائت گردید. آزمایش در آزمایشگاه مرکز رشد فناوری دارویی دانشگاه شهید بهشتی تهران انجام شد. برای آماده‌سازی نمونه‌ها از هر کرت به‌طور تصادفی نمونه ۱۰ گرمی سیرچه‌ها پس از خرد کردن به مدت ۴۵ دقیقه به حال خود گذاشته شد. سپس به‌وسیله ۴۰ میلی‌لیتر از فاز متحرک، استخراج به مدت ۳۰ دقیقه انجام شد. پس از آن، عصاره از تفاله جدا شده و عمل استخراج سه مرتبه دیگر هر بار با ۲۰ میلی‌لیتر حلال تکرار شد. عصاره‌های حاصل به حجم رسانده شد و ۵ میلی‌لیتر از آن را به‌وسیله صافی ۲ میکرونی صاف شده و ۲۰ میکرولیتر به HPLC تزریق شد (با توجه به اینکه آلپسین بسیار حساس به گرما می‌باشد فرایند ذکر شده سریع انجام شد).

برای انجام تجزیه واریانس، از طرح بلوک‌های کامل تصادفی استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ (SAS, 1996) استفاده گردید. در صورت معنی‌دار بودن اختلافات در هر صفت، مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون توکی (HSD) انجام شد.

نتایج

اثر مصرف روی، بُر و گوگرد بر عملکرد اقتصادی گیاه دارویی سیر

بین تیمارهای آزمایشی از نظر صفت عملکرد اقتصادی (عملکرد سوخ) تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت (جدول ۳). تیمار (گوگرد+ روی+ بُر)، با میانگین ۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد غده سیر را نشان داد که با تیمارهای کودی (گوگرد+ بُر) و (گوگرد+ روی) تفاوت معنی‌دار نداشت و تیمار شاهد هم با میانگین ۱۶۰۳ کیلوگرم در هکتار کمترین مقدار را نشان داد (جدول ۴).

گرفته شد. پس از آماده‌سازی زمین و پیاده کردن طرح در تاریخ ۲۰ آذرماه، کاشت بذر به‌صورت ردیفی انجام شد. برداشت در تاریخ ۲۰ خردادماه انجام شد و عملیات برداشت هنگام زرد شدن ۶۰٪ برگ‌ها انجام گردید.

صفات مورد ارزیابی در این پژوهش شامل آلپسین، جذب گوگرد، جذب بُر، جذب روی، عملکرد سوخ، وزن غده، وزن سیرچه، تعداد سیرچه، تعداد برگ در بوته و سطح برگ بودند. برای تعیین عملکرد سوخ در هکتار، ابعاد برگ $1/5 \times 1/5$ مترمربع از هر کرت برداشت شد و عملکرد بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری سطح برگ تعداد پنج بوته به‌طور تصادفی انتخاب و برگ‌های هر بوته از ساقه جدا شده و توسط دستگاه سطح برگ‌سنج (Leaf Area Meter) ثبت شد. برای شمارش تعداد برگ‌ها در هر کرت تعداد ۱۰ بوته به‌طور تصادفی در هر کرت انتخاب گردید و تعداد برگ‌ها به دقت شمارش شد. پس از برداشت محصول برای اندازه‌گیری وزن سوخ تعداد ۱۰ عدد سوخ از هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب و توسط ترازوی دقیق با دقت اندازه‌گیری شد. همچنین تعداد ۱۰ عدد سوخ سیر در نظر گرفته شد و سیرچه‌ها با دقت از یکدیگر جدا و شمارش و همراه با لایه‌های سیرچه توسط ترازوی دیجیتال وزن گردید.

برای اندازه‌گیری جذب سه عنصر گوگرد، روی و بُر در سیرچه گیاه، بعد از شستشو، نمونه‌های گیاهی به مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۰ درجه خشک و بعد آسیاب شدند. در آزمایشگاه برای اندازه‌گیری بُر به روش کالریمتری آزومتین H (تهیه عصاره از طریق سوزاندن خشک در مجاورت Cao) و اندازه‌گیری روی از روش جذب اتمی شعله‌ای در عصاره حاصل به روش هضم سوزاندن خشک و برای اندازه‌گیری گوگرد از روش کدورت‌سنجی در مجاورت اسید پرکلریک و آب اکسیژنه استفاده شد (Emami, 1997). میزان جذب عنصر بُر و گوگرد در طول موج ۴۲۰ نانومتر در مدت ۲ دقیقه با دستگاه اسپکتوفتومتر قرائت گردید و میزان جذب عنصر روی در طول موج کوتاه با دستگاه جذب اتمی قرائت شد و در نهایت میزان این سه عنصر در

جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای روی، بُر و گوگرد بر خصوصیات کمی و کیفی سیر

Table 3. ANOVA of zinc, boron, and sulfur treatments effects on quantitative and qualitative characteristics of *Allium sativum*

Sources of variations	d.f.	Mean squares				
		Economical yield	S uptake	B uptake	Zn uptake	Allicin content
Block	2	52842.79 ^{n.s.}	0.00 ^{n.s.}	1.85 ^{n.s.}	2.05 ^{n.s.}	0.00 ^{n.s.}
Treatment	7	810521.69 ^{**}	0.02 ^{**}	25.84 ^{**}	32.97 ^{**}	0.01 ^{**}
Experimental error	14	24198.94	0.00	1.07	1.54	0.00
C.V. (%)		6.81	5.92	12.54	3.66	21.46

n.s. and **: non-significant and significant at 1% probability level, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای روی، بُر و گوگرد بر خصوصیات کمی و کیفی سیر

Table 4. Means comparison of zinc, boron, and sulfur treatments effects on quantitative and qualitative characteristics of *Allium sativum*

Treatment	Economic yield (kg ha ⁻¹)	Increase compared to control (%)	S uptake (kg ha ⁻¹)	Increase compared to control (%)	B uptake (kg ha ⁻¹)	Increase compared to control (%)	Zn uptake (kg ha ⁻¹)	Increase compared to control (%)	Allicin content (%)	Increase compared to control (%)
Control	1603 ^e	0	0.51 ^d	0	4.26 ^f	0	30.35 ^d	0	0.13 ^e	0
B	2170.4 ^{b-d}	25.55	0.57 ^{cd}	10.53	9.63 ^{bc}	55.76	31.28 ^d	2.97	0.18 ^{a-c}	27.78
Zn	1914.1 ^{c-e}	21.08	0.55 ^{cd}	7.27	6.23 ^{d-f}	31.62	33.75 ^{cd}	10.07	0.20 ^{a-c}	35
S	1746.7 ^{de}	10.62	0.60 ^{b-d}	15	5.41 ^{ef}	21.26	31.10 ^d	2.41	0.15 ^e	13.33
B+S	2911.1 ^a	43.68	0.69 ^{ab}	26.09	11.03 ^{ab}	61.38	32.31 ^{cd}	6.07	0.16 ^{ab}	18.75
Zn+S	2561.5 ^{ab}	42.53	0.63 ^{a-c}	19.05	7.83 ^{c-e}	45.59	35.28 ^{bc}	13.97	0.28 ^{ab}	53.57
B+Zn	2361.5 ^{bc}	31.09	0.58 ^{b-d}	12.07	8.76 ^{b-d}	51.37	37.46 ^{ab}	18.98	0.16 ^{bc}	18.75
B+Zn+S	3000 ^a	45.63	0.73 ^a	30.14	12.96 ^a	67.13	39.60 ^a	23.36	0.29 ^a	55.17

In each column, the means with common letters are in the same statistical group at 5% probability level (Tukey test).

اثر مصرف روی، بُر و گوگرد بر میزان جذب عنصر گوگرد گیاه دارویی سیر

بین تیمارهای مورد آزمایش از نظر میزان جذب عنصر گوگرد در غده‌ها تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت (جدول ۳). تیمار (گوگرد+ روی+ بُر) با میانگین ۰/۷۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم بیشترین مقدار را از نظر جذب عنصر گوگرد داشت که با تیمارهای کودی (گوگرد+ بُر) و (گوگرد+ روی) به ترتیب با میانگین ۰/۶۹ و ۰/۶۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم تفاوت معنی‌دار نداشت و شاهد بدون کود هم با میانگین ۰/۵۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم کمترین مقدار را از نظر جذب عنصر بُر داشت که با تیمارهای بر، روی و گوگرد به ترتیب با میانگین ۰/۵۷، ۰/۵۵ و ۰/۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و نیز تیمار (روی+ بُر) با میانگین ۰/۵۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم تفاوت معنی‌دار نداشت. کاربرد عناصر گوگرد، روی و بُر به تنهایی باعث افزایش جذب عنصر گوگرد در غده‌ها به میزان ۱۵، ۲۷/۷ و ۵۳/۱۰ درصد نسبت به تیمار شاهد شد و بیشترین افزایش میزان جذب عنصر گوگرد در غده‌ها نسبت به تیمار شاهد به میزان ۳۰/۱۴٪ در تیمار سه کودی دیده شد. در میزان جذب عنصر گوگرد در غده‌ها، عنصر گوگرد و بُر تأثیر بیشتری نسبت به عنصر روی دارند (جدول ۴).

اثر مصرف روی، بُر و گوگرد بر میزان جذب عنصر بُر گیاه دارویی سیر

بین تیمارهای مورد آزمایش از نظر میزان جذب عنصر بُر در غده‌ها تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت (جدول ۳). تیمار (گوگرد+ روی+ بُر) با میانگین ۱۲/۹۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بیشترین مقدار را از نظر جذب عنصر بُر را داشت که تفاوت معنی‌داری با تیمار (گوگرد+ بُر) با میانگین ۱۱/۰۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم نداشت و تیمار شاهد بدون کود با میانگین ۴/۲۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم کمترین مقدار را از نظر جذب عنصر بُر نشان داد که با تیمارهای عنصر روی با میانگین ۶/۲۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم و گوگرد با میانگین ۵/۴۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم تفاوت

معنی‌دار نداشت. تیمارهایی که عنصر بُر را دریافت کرده بودند، میزان این عنصر در غده‌هایشان نسبت به تیمارهایی که عنصر بُر را دریافت نکرده بودند بیشتر بوده و بالاترین میزان بُر در تیماری بود که هر سه عنصر را دریافت کرده بودند. با توجه به جدول مقایسه میانگین (جدول ۴) کاربرد عناصر بُر، روی و گوگرد به تنهایی باعث افزایش جذب عنصر بُر در غده‌ها به میزان ۵۵/۷۶، ۳۱/۶۲ و ۲۱/۲۶ درصد نسبت به تیمار شاهد شد و بیشترین افزایش میزان جذب عنصر بُر در غده‌ها نسبت به تیمار شاهد به میزان ۶۷/۱۳٪ در تیمار سه کودی دیده شد.

اثر مصرف روی، بُر و گوگرد بر میزان جذب عنصر روی گیاه دارویی سیر

بین تیمارهای مورد آزمایش از نظر میزان جذب عنصر روی در غده‌ها تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت (جدول ۳). تیمار ترکیب کودی (گوگرد+ روی+ بُر) با میانگین ۳۹/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بیشترین مقدار را از نظر جذب عنصر روی در غده‌ها نشان داد که تفاوت معنی‌داری با تیمار (بُر+ روی) با میانگین ۳۷/۴۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم نداشت و کمترین مقدار هم مربوط به تیمار شاهد بدون کود با میانگین ۳۰/۳۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود (جدول ۴). با توجه به نتایج تیمارهایی که عنصر روی را دریافت کردند، میزان این عنصر در غده‌هایشان نسبت به تیمارهایی که عنصر روی را دریافت نکرده بودند بیشتر بود. با توجه به مقایسه میانگین داده‌ها، تیمار (گوگرد+ روی) با میانگین ۳۵/۲۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم و تیمار (روی+ بُر) با میانگین ۳۷/۴۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم نسبت به تیمار (گوگرد+ بُر) با میانگین ۳۲/۳۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم بین تیمارهای دوگانه برتری داشت. کاربرد عناصر گوگرد، روی و بُر به تنهایی باعث افزایش جذب عنصر روی در غده‌ها به میزان ۲/۴۱، ۱۰/۰۷ و ۲/۹۷ درصد نسبت به تیمار شاهد شد و بیشترین افزایش میزان جذب عنصر روی در غده‌ها نسبت به تیمار شاهد به میزان ۲۳/۳۶٪ در تیمار سه کودی (گوگرد+ روی+ بُر) دیده شد.

وزن غده نسبت به شاهد شد و بیشترین افزایش وزن غده نسبت به تیمار شاهد هم به میزان ۴۱/۴۶٪ در تیمار سه کودی (گوگرد+ روی+ بُر) مشاهده شد. در بین تیمارهای دو عنصری تیمار (گوگرد + بُر) نسبت به تیمار (روی+ بُر) و تیمار (گوگرد+ روی) از وزن غده بالاتری برخوردار بود و می‌توان این‌گونه نتیجه‌گیری کرد که عنصر گوگرد نسبت به عنصر بُر و روی در افزایش وزن غده مؤثرتر است (جدول ۶).

اثر مصرف روی، بُر و گوگرد بر میزان وزن سیرچه گیاه دارویی سیر

بین تیمارهای مورد آزمایش از نظر وزن سیرچه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت (جدول ۵). تیمار (گوگرد+ روی+ بُر) با میانگین ۳/۲۳ گرم بیشترین وزن سیرچه را نشان داد که با تیمار کودی (گوگرد+ بُر) با میانگین ۲/۷۶ گرم تفاوت معنی‌داری نداشت و تیمار شاهد با میانگین ۱/۸۰ گرم کمترین وزن سیرچه را نشان داد که با تیمارهای کودی بُر با میانگین ۲/۱۵ گرم، روی با میانگین ۲/۰۴ گرم و گوگرد با میانگین ۱/۹۶ گرم به‌تنهایی و تیمار (روی+ بُر) با میانگین ۲/۳۲ گرم تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول ۶). کاربرد عناصر گوگرد، روی و بُر به‌تنهایی باعث افزایش وزن سیرچه به میزان ۸/۱۶، ۱۱/۷۶ و ۱۶/۲۸ درصد نسبت به تیمار شاهد شد و ترکیب دوگانه کودی (گوگرد+ بُر)، (گوگرد+ روی) و (روی+ بُر) به‌ترتیب ۳۴/۷۸، ۲۹/۶۹ و ۲۲/۴۱ درصد باعث افزایش بیشتر وزن سیرچه نسبت به شاهد شد و بیشترین افزایش وزن سیرچه نسبت به تیمار شاهد هم به میزان ۴۴/۲۷٪ در تیمار سه کودی (گوگرد+ روی+ بُر) مشاهده شد (جدول ۶).

اثر مصرف روی، بُر و گوگرد بر میزان آلپسین گیاه دارویی سیر

بین تیمارهای مورد آزمایش از نظر میزان آلپسین تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت (جدول ۳). تیمار (گوگرد+ روی+ بُر) با میانگین ۰/۲۹٪ بیشترین و تیمار شاهد بدون کود با میانگین ۰/۱۳٪ کمترین مقدار آلپسین را داشتند (جدول ۴). همچنین کاربرد عناصر گوگرد، روی و بُر به‌تنهایی باعث افزایش میزان آلپسین به میزان ۱۳/۳۳، ۳۵ و ۲۷/۸۷ درصد نسبت به تیمار شاهد شد و بیشترین افزایش میزان آلپسین نسبت به تیمار شاهد به میزان ۵۵/۱۷٪ در تیمار سه کودی (گوگرد+ روی+ بُر) مشاهده شد.

اثر مصرف روی، بُر و گوگرد بر میزان وزن غده گیاه دارویی سیر

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین تیمارها از نظر وزن غده تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت (جدول ۵). تیمار (گوگرد+ روی+ بُر) با میانگین ۳۲/۲۲ گرم بیشترین وزن غده سیر را نشان داد که با تیمار کودی بُر، (گوگرد + بُر) و (گوگرد+ روی) به‌ترتیب با میانگین‌های ۲۸/۷۳، ۲۹/۵۶ و ۲۶/۶۳ گرم تفاوت معنی‌داری نداشت و تیمار شاهد با میانگین ۱۸/۸۶ گرم کمترین وزن غده را نشان داد که با تیمارهای کودی روی با میانگین ۲۴/۷۴ گرم و گوگرد با میانگین ۲۲/۶۶ گرم به‌تنهایی تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول ۶). با توجه به جدول مقایسه میانگین (جدول ۵) کاربرد عناصر گوگرد، روی و بُر به‌تنهایی باعث افزایش وزن غده به میزان ۱۶/۷۷، ۲۳/۷۷ و ۳۳/۵۲ درصد نسبت به تیمار شاهد و ترکیب دوگانه کودی (گوگرد + بُر)، (گوگرد+ روی) و (روی+ بُر) به‌ترتیب ۳۶/۲۰، ۲۹/۱۸ و ۲۶/۱۳ درصد باعث افزایش بیشتر

جدول ۵- تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای روی، بُر و گوگرد بر برخی صفات کمی سیر

Table 5. ANOVA of zinc, boron, and sulfur treatments effects on some quantitative traits of *Allium sativum*

Sources of variations	d.f.	Mean squares				
		Bulb weight	Clove weight	Number of cloves	Number of leaves per plant	Leaf area per plant
Block	2	10.45	0.15	1.65	0.63	1631398
Treatment	7	51.94**	0.68**	4.59**	1.90**	29968562**
Experimental error	14	5.01	0.04	0.52	0.46	2673842
C.V. (%)		8.58	8.33	6.97	7.02	7.005

n.s. and **: non-significant and significant at 1% probability level, respectively.

جدول ۶- مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای روی، بُر و گوگرد بر برخی صفات کمی سیر

Table 6. Means comparison of zinc, boron, and sulfur treatments effects on some quantitative traits of *Allium sativum*

Treatment	Bulb weight (g)	Increase compared to control (%)	Clove weight (g)	Increase compared to control (%)	Number of cloves	Increase compared to control (%)	Number of leaves per plant	Increase compared to control (%)	Leaf area per plant (m ²)	Increase compared to control (%)
Control	18.86 ^d	0	1.80 ^d	0	9 ^d	0	8.76 ^b	0	17863 ^d	0
B	28.73 ^{a-c}	33.52	2.15 ^{cd}	16.28	10 ^{b-d}	10	13 ^a	15.20	25120 ^{a-c}	28.89
Zn	24.74 ^{b-d}	23.77	2.04 ^{cd}	11.76	9.26 ^{cd}	2.81	9.33 ^{ab}	6.11	21616 ^{cd}	17.36
S	22.66 ^{cd}	16.77	1.96 ^d	8.16	9.11 ^{cd}	1.21	8.85 ^b	1.02	21696 ^{b-d}	17.67
B+S	29.56 ^{ab}	36.20	2.76 ^{ab}	34.78	11.63 ^{ab}	22.61	9.50 ^{ab}	7.79	26331 ^{ab}	32.16
Zn+S	26.63 ^{a-c}	29.18	2.56 ^{bc}	29.69	11.11 ^{a-c}	18.99	9.9 ^{ab}	11.52	24746 ^{a-c}	27.81
B+Zn	25.53 ^{bc}	26.13	2.32 ^{b-d}	22.41	10.77 ^{a-d}	16.43	9.9 ^{ab}	11.52	21749 ^{b-d}	18.04
B+Zn+S	32.22 ^a	41.46	3.23 ^a	44.27	12.26 ^a	26.59	11.18 ^a	21.65	27556 ^a	35.18

In each column, the means with common letters are in the same statistical group at 5% probability level (Tukey test).

اثر مصرف روی، بُر و گوگرد بر سطح برگ گیاه دارویی سیر

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین تیمارهای آزمایشی از نظر سطح برگ تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود دارد (جدول ۵). با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، تیمار (گوگرد+ روی+ بُر) با میانگین ۲۷۵۵۶ میلی‌متر مربع بیشترین سطح برگ سیر را داشت که با تیمارهای بُر به تنهایی و (گوگرد+ بُر) و (گوگرد+ روی) به ترتیب با میانگین‌های ۲۵۱۲۰، ۲۶۳۳۱ و ۲۴۷۴۶ میلی‌متر مربع تفاوت معنی‌دار نشان نداد. تیمار شاهد هم با میانگین ۱۷۸۶۳ میلی‌متر مربع کمترین سطح برگ سیر را نشان داد البته تفاوت معنی‌داری با تیمارهای کودی روی و گوگرد به تنهایی و (روی+ بُر) به ترتیب با میانگین‌های ۲۱۶۱۶، ۲۱۶۹۶ و ۲۱۷۹۴ میلی‌متر مربع نداشت. همچنین کاربرد عناصر گوگرد، روی و بُر به تنهایی باعث افزایش سطح برگ به میزان ۱۷/۳۶، ۱۷/۶۷ و ۲۸/۸۹ درصد نسبت به تیمار شاهد شد و بیشترین افزایش سطح برگ به میزان ۳۵/۱۸٪ در تیمار سه کودی (گوگرد+ روی+ بُر) مشاهده شد. افزایش تعداد برگ در ترکیب دوتایی (گوگرد + بُر)، (گوگرد+ روی) و (روی+ بُر) به ترتیب ۳۲/۱۶، ۲۷/۸۱ و ۱۸/۰۴ درصد بود (جدول ۶).

بحث

پاسخ عملکرد اقتصادی گیاه دارویی سیر به مصرف روی، بُر و گوگرد

با توجه به نقش مطلوب عنصر روی بر فعالیت‌های فتوسنتزی برگ‌ها، افزایش عملکرد دور از انتظار نیست (Welch, 1995). کاربرد بُر نیز با افزایش محتوای کلروفیل و شدت فتوسنتز در برگ‌ها، باعث افزایش تجمع ماده خشک در گیاه و بهبود انتقال مواد فتوسنتزی از اندام‌های رویشی به اندام‌های زایشی می‌شود. بنابراین باعث افزایش معنی‌داری در عملکرد می‌گردد (Nasef et al., 2006). به نظر می‌رسد گوگرد از طریق تأثیر بر افزایش صفات مؤثر بر عملکرد باعث افزایش عملکرد شده است. کود سولفات روی

اثر مصرف روی، بُر و گوگرد بر تعداد سیرچه گیاه دارویی سیر نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین تیمارهای آزمایشی از نظر تعداد سیرچه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود دارد (جدول ۵). تیمار (گوگرد+ روی+ بُر) با میانگین ۱۲/۲۶ بیشترین تعداد سیرچه را نشان داد که با تیمار ترکیب کودی دوگانه (گوگرد+ بُر)، (گوگرد+ روی) و (روی+ بُر) به ترتیب با میانگین‌های ۱۱/۶۳، ۱۱/۱۱ و ۱۰/۷۷ سیرچه تفاوت معنی‌دار نداشت. تیمار شاهد هم با میانگین ۹ عدد کمترین تعداد سیرچه را نشان داد که با تیمارهای کاربرد عناصر گوگرد، روی و بُر به تنهایی به ترتیب با میانگین‌های ۹/۱۱، ۹/۲۶ و ۱۰ تفاوت معنی‌دار نداشت. همچنین کاربرد عناصر گوگرد، روی و بُر به تنهایی باعث افزایش تعداد سیرچه به میزان ۱/۲۱، ۲/۸۱ و ۱۰ درصد نسبت به تیمار شاهد شد و بیشترین افزایش تعداد سیرچه به میزان ۲۶/۵۹٪ در تیمار سه کودی (گوگرد+ روی+ بُر) مشاهده شد. افزایش تعداد سیرچه در ترکیب دوتایی (گوگرد+ بُر)، (گوگرد+ روی) و (روی+ بُر) به ترتیب با ۲۲/۶۱، ۱۸/۹۹ و ۱۶/۴۳ درصد بود که بیشتر از کاربرد عناصر گوگرد، روی و بُر به تنهایی بود (جدول ۶).

اثر مصرف روی، بُر و گوگرد بر تعداد برگ گیاه دارویی سیر

بین تیمارهای آزمایشی از نظر تعداد برگ تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود دارد (جدول ۵). با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، تیمار (گوگرد+ روی+ بُر) با میانگین ۱۱/۱۸ بیشترین و تیمار شاهد هم با میانگین ۸/۷۶ عدد کمترین تعداد برگ در بوته سیر را نشان داد (جدول ۶). همچنین کاربرد عناصر گوگرد، روی و بُر به تنهایی باعث افزایش تعداد برگ در بوته به میزان ۱/۰۲، ۶/۱۱ و ۱۵/۲۰ درصد نسبت به تیمار شاهد شد و بیشترین افزایش تعداد برگ در بوته به میزان ۲۱/۶۵٪ در تیمار سه کودی (گوگرد+ روی+ بُر) مشاهده شد. افزایش تعداد برگ در ترکیب دوتایی (گوگرد+ بُر)، (گوگرد+ روی) و (روی+ بُر) به ترتیب با ۷/۷۹، ۱۱/۵۲ و ۱۱/۵۲ درصد بود.

با افزایش جزئی در اندام‌های هوایی با نقش فتوسنتزکننده وزن غده و قطر غده سبب افزایش معنی‌دار عملکرد غده سیر گردید. کاربرد عناصر گوگرد، روی و بُر به تنهایی باعث افزایش عملکرد غده به میزان ۱۰/۶۲، ۲۱/۰۸ و ۲۵/۵۵ درصد نسبت به تیمار شاهد شد و ترکیب دوگانه کودی باعث افزایش بیشتر عملکرد غده نسبت به کاربرد تنهایی آنها شد و بیشترین افزایش عملکرد غده به میزان ۴۵/۶۳٪ در تیمار سه کودی (گوگرد+ روی+ بُر) دیده شد. میزان عملکرد غده در تیمار (گوگرد+ بُر) و تیمار (روی+ بُر) به ترتیب ۴۳/۶۸، ۴۲/۵۳ و ۳۱/۰۹ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داشته است. همچنین از مقایسه میانگین داده‌ها می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که بالاترین میزان عملکرد در تیمار سه کودی، سپس در تیمارهای دو کودی و بعد در تیمار تک کودی دیده می‌شود. از بین تیمارهای دو کودی نیز میزان عملکرد در (گوگرد+ بُر) نسبت به (گوگرد+ روی) و (روی+ بُر) بالاتر است و در تیمارهای تک عنصری تیمار بُر نسبت به تیمار روی و گوگرد بهتر جواب داده و از عملکرد بالاتری برخوردار است (جدول ۴). محققان گزارش کردند که بُر اثر مثبت و معنی‌داری بر عملکرد و صفات مؤثر در عملکرد داشت، همچنین اثر ترکیبی گوگرد و بُر در حضور NPK تأثیر مثبتی بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد سیر دارد (Mondal et al., 2004). (al., 2004). Motalebifard و Bayat (۲۰۲۰) با بررسی تأثیر عناصر روی و منگنز بر عملکرد و ویژگی‌های کیفی سیر سفید همدان هم گزارش کردند که سطوح کود روی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد سیر شد. تأثیر روی بر افزایش عملکرد سیر با نتایج تحقیقات محققان دیگر از جمله Gupta و Ganeshe (۲۰۰۰)، Sharangi و همکاران (۲۰۰۳) و Singh و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت داشت. Chandel و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که ارتباط مستقیمی بین گوگرد و عملکرد سوخ وجود دارد، به طوری که استفاده از گوگرد موجب افزایش عملکرد سوخ‌های سیر می‌شود. افزایش عملکرد سیر می‌تواند به دلیل نقشی باشد که گوگرد در افزایش میزان فتوسنتز دارد. Hawkesford و

De-Kok (۲۰۰۶) طی پژوهشی بیان کردند که گوگرد از طریق تأثیر بر آنزیم روبیسکو می‌تواند به طور مستقیم روی عملکرد تأثیرگذار باشد. همچنین گوگرد می‌تواند موجب بهبود در شرایط جذب فسفر شود، در نتیجه به طور غیرمستقیم موجب افزایش عملکرد گردد (Akbarpouret al., 2020).

پاسخ میزان جذب عنصر گوگرد در غده‌های گیاه دارویی سیر به مصرف روی، بُر و گوگرد یکی از مسائل اساسی در پرورش گیاه سیر عدم دستیابی به تولید کمی و کیفی بالقوه است که یقیناً یکی از دلایل آن بحث تغذیه بهینه می‌باشد. در رأس عناصر مهم برای سیر خوراکی عنصر گوگرد است، زیرا تمام گونه‌های خانواده آلیاسه از جمله سیر خوراکی، گوگرد دوست بوده و علاوه بر تجمع این عنصر به میزان زیاد، به تغذیه گوگردی نیز پاسخ می‌دهند (Ghasemi et al., 2021). Davoodi و همکاران (۲۰۱۴) با بررسی تأثیر کود گوگرد و کود بیولوژیک تیوباسیلوس بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام سیر گزارش کردند که با افزایش مصرف کود گوگرد تا ۱۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار درصد گوگرد سیر (۰/۷۸) افزایش یافت. در واقع نسبت به تیمار شاهد ۹/۸۵٪ افزایش نشان داد که بیان کردند این موضوع بیانگر اثر مثبت مصرف گوگرد بر میزان گوگرد سیر می‌باشد. گوگرد می‌تواند از طریق کاهش pH خاک و انحلال عناصر غذایی تثبیت شده در خاک‌های قلیایی، در نهایت موجب افزایش جذب این عناصر توسط گیاه مربوط شود (Rezaei et al., 2013). برخی از پژوهشگران بیان کردند با توجه به اینکه تیمارهای تغذیه گوگرد حتی در غلظت‌های بالا نتوانستند موجب افزایش میزان این عنصر در بخش خوراکی سیر شوند، این موضوع را می‌توان به دلیل سامانه توزیع و بازتوزیع گوگرد در گیاه سیر دانست. بخش زیادی از گوگرد استفاده شده از اپیدرم و کورتکس ریشه از طریق سیم‌پلاستی منتقل می‌شود و مهمترین بخش، جذب ریشه آندودرم می‌باشد که از طریق آن سولفات وارد آوند چوب

پاسخ میزان جذب عنصر روی در سوخ گیاه دارویی سیر به مصرف روی، بُر و گوگرد

افزایش میزان روی سوخ سیر می‌تواند نقش مهمی در غنی‌سازی سوخ سیر و کمک در بهبود سلامت جامعه داشته باشد. تأثیر مصرف کود روی بر افزایش مقدار روی سوخ با نتایج تحقیقات محققان دیگر مطابقت دارد (Eid *et al.*, 1991). Sakarvadia و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند با مصرف ۲۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی، روی برگ و سوخ به ترتیب ۸۷٪ و ۹۴٪ در مقایسه با شرایط عدم مصرف روی افزایش یافته است. Motalebifard و Bayat (۲۰۲۰) طی آزمایشی تأثیر عناصر روی و منگنز بر عملکرد و ویژگی‌های کیفی سیر سفید همدان گزارش کردند که بیشترین غلظت روی سوخ از مصرف ۶۰ کیلوگرم در هکتار و به مقدار ۱/۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم و کمترین آن از مصرف ۲۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و به مقدار ۹/۵۱ میلی‌گرم در کیلوگرم بدست آمد. تفاوت روی در سطوح ۲۰ کیلوگرم در هکتار و عدم مصرف روی در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار نبود. مقدار روی سوخ در تیمار ۶۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی ۱۶٪ بیشتر از تیمار شاهد بود.

پاسخ میزان آلپسین گیاه دارویی سیر به مصرف روی، بُر و گوگرد

براساس فارماکوپه‌های معتبر، حداقل میزان آلپسین برای تضمین کیفیت دارویی و اقتصادی سیر، ۴/۵ میلی‌گرم بر گرم توصیه شده است (Suleria *et al.*, 2015). از سوی دیگر به‌ازای مصرف هر ۱۰ گرم حبه‌های پیاز سیر تقریباً ۵ میلی‌گرم آلپسین رها می‌شود (Slusarenko *et al.*, 2008). مقدار آلپسین موجود در سیر تحت تأثیر فاکتورهای مختلفی است (Schulz *et al.*, 1998). گزارش شده که عوامل اکولوژیکی بر مقدار آلپسین موجود در سیر مؤثر می‌باشد (Ueda *et al.*, 1991). به‌علاوه اینکه عوامل زراعی نیز بر مقدار آن مؤثر تشخیص داده شده‌اند (Mayeux *et al.*, 1998).

شده و از طریق جریان تعرق به سمت بخش‌های هوایی می‌رود. بخش زیادی از احیای سولفات به‌ویژه در گیاهان علفی در قسمت هوایی انجام می‌گردد. گوگرد که در اوایل نمو برگ در ساختمان پروتئین وارد می‌شود دارای تحرک کمی است و معمولاً در زمان پیری برگ باز تحرک دارد (Hawkesford & De-Kok, 2006). بنابراین دلیل کم بودن این عنصر در سوخ به معنای عدم جذب گوگرد نبوده بلکه می‌تواند به دلیل انتقال آن به بخش‌های هوایی گیاه باشد (Akbarpour *et al.*, 2020).

پاسخ میزان جذب عنصر بُر در غده‌های گیاه دارویی سیر به مصرف روی، بُر و گوگرد

در میزان جذب عنصر بُر در غده‌ها، عنصر بُر و روی تأثیر بیشتری نسبت به عنصر گوگرد دارند. بُر از جمله عناصری است که به سهولت نمی‌تواند از یک قسمت گیاه به قسمت‌های دیگر انتقال یابد و به این دلیل علائم کمبود معمولاً ابتدا در ریشه‌ها و برگ‌های جوان ظاهر می‌شود. در مقطع ریشه، کمبود بُر باعث قهوه‌ای شدن مغز ریشه می‌شود (Cylspor, 2020). Rostami و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند که غلظت بُر در همه قسمت‌های گیاه زیتون با افزایش سطوح بُر در محلول غذایی افزایش یافت. درباره اهمیت نسبی جذب فعال و غیرفعال بُر به‌وسیله ریشه‌های گیاه، اختلاف دیدگاه به نسبت زیاد وجود دارد. بُر، با اجزای دیواره سلول، حتی در ریشه‌ها ترکیب‌های پیچیده و مستحکم تشکیل می‌دهد و مقداری که به این شکل وجود دارد، نشان‌دهنده اختلاف‌های ژنوتیپی نیاز گیاهان به بُر است. جابه‌جایی مسافت دور بُر از ریشه‌ها به اندام‌های هوایی، در درون آوند چوبی انجام می‌شود و جذب و جابه‌جایی، نه تنها به میزان حرکت توده‌ای آب به سطح ریشه‌ها بستگی دارد، بلکه به میزان حرکت آب در آوند چوبی نیز وابسته است. تنظیم جذب و جابه‌جایی بُر به‌وسیله گیاهان، در مقایسه با دیگر مواد غذایی گیاهی، تقریباً محدود است (Marschner, 1995).

سیرچه‌ها دارد. تحقیق دیگری نشان داده بیشترین وزن تر سوخ مربوط به تیمار مصرف ۱۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار (۷/۴۴ گرم) و کمترین مقدار این صفت برای تیمار مصرف صفر کیلوگرم کود گوگرد در هکتار (۷۱/۴۱ گرم) بوده است (Sabbagh et al., 2014). نتایج پژوهش در مورد مصرف منابع و مقادیر گوگرد در زراعت سیر نشان داد که عملکرد و مقدار جذب عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و گوگرد در سیرچه‌ها با افزایش مقدار مصرف گوگرد از ۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافته است. از میان منابع گوناگون گوگرد، گچ و سولفات پتاسیم بیشترین تأثیر را در افزایش عملکرد و سایر صفات داشته است (Vinay et al., 1995).

پاسخ تعداد سیرچه گیاه دارویی سیر به مصرف روی، بُر و گوگرد

به نظر می‌رسد افزایش تعداد سیرچه با کاربرد گوگرد نشانگر این موضوع است که با تأمین مقدار گوگرد مورد نیاز گیاه سیر می‌توان باعث بهبود تعداد سیرچه در غده شد. احتمالاً افزودن کود گوگرد به خاک علاوه بر بهبود کیفیت در گیاه سیر با ایجاد شرایط اسیدیته لازم در محیط ریزوسفر ریشه و شکل گرفتن غده منجر به جذب دیگر عناصر غذایی از جمله نیتروژن شده است (Amin et al., 2018). Rohidas و همکاران (۲۰۱۰)، Islam و همکاران (۲۰۱۲) و Singh و همکاران (۲۰۱۴) افزایش تعداد سیرچه‌ها با مصرف روی را گزارش کردند، ولی در مطالعه Chan و همکاران (۲۰۱۱) این اثر مشاهده نشده است.

پاسخ تعداد برگ گیاه دارویی سیر به مصرف روی، بُر و گوگرد

روی اثر مطلوبی بر فعالیت فتوسنتزی برگ‌ها دارد و سبب انتقال بهتر مواد فتوسنتزی می‌شود (Habibi et al., 2014). مصرف عنصر بُر موجب افزایش محتوای کلروفیل و شدت فتوسنتز در برگ‌ها، افزایش تجمع ماده خشک در گیاه و بهبود انتقال مواد فتوسنتزی از اندام‌های رویشی به زایشی می‌شود (Azizi et al., 2011). نتایج پژوهش نشان

با توجه به اینکه رابطه مثبت و معنی‌داری بین اسید پیروویک موجود در سیر و مقدار آلوسین وجود دارد، افزایش مقدار آلوسین در سیر با مصرف روی، سبب تولید محصولی با کیفیت مناسب می‌شود. مدیریت مزرعه و عوامل تغذیه‌ای، مقدار آلوسین تولیدی گیاه را افزایش می‌دهند، به طوری که با استفاده از مکمل‌های غذایی، مقدار آلوسین تا ۳۵٪ در طی رشد گیاه افزایش می‌یابد. افزایش اسید پیروویک با مصرف روی با نتایج پژوهش‌های Eagling و Sterling (۲۰۰۰) مطابقت داشت. میزان پیرووات به عنوان شاخصی برای ارزیابی تندی سیر و پیاز محسوب می‌گردد. در این راستا پژوهش‌های انجام شده توسط Randle و همکاران (۱۹۹۳) و Lancaster و همکاران (۲۰۰۱) نشان داده است که افزایش مصرف گوگرد باعث افزایش میزان اسید پیروویک خواهد شد. Ishtiaq و همکاران (۲۰۰۲) نیز با کاربرد ۱۶۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار بیشترین میزان اسید پیروویک را بدست آوردند.

پاسخ میزان وزن غده گیاه دارویی سیر به مصرف روی، بُر و گوگرد

تغییرات قابل توجهی در وزن غده هنگام برداشت به دلیل استفاده از مقادیر مختلف گوگرد مشاهده شد که ممکن است به دلیل تأمین مواد مغذی مناسب برای بزرگ شدن غده باشد که باعث افزایش وزن غده می‌شود (Zaman et al., 2011). Nasiruddin و همکاران (۱۹۹۳) گزارش کردند که استفاده از پتاسیم و گوگرد به صورت جداگانه یا به صورت ترکیبی باعث افزایش ارتفاع گیاه، تولید برگ، قطر غده، وزن غده و همچنین عملکرد غده می‌شود.

پاسخ میزان وزن سیرچه گیاه دارویی سیر به مصرف روی، بُر و گوگرد

در تحقیقات قبلی توسط برخی محققان از جمله Rohidas و همکاران (۲۰۱۰)، Chan و همکاران (2011)، Islam و همکاران (۲۰۱۲) و Singh و همکاران (۲۰۱۴) گزارش شده که مصرف روی تأثیر قطعی بر میانگین وزن

شد. بالاترین میزان آلومین که عامل کیفیت و بوی گیاه دارویی سیر است در تیمار (گوگرد + روی + بُر) به میزان ۲۹٪ مشاهده شد. براساس یافته‌های این تحقیق، می‌توان نتیجه گرفت که بعد از تیمار سه‌گانه، تیمارهای دوگانه (روی + گوگرد) و بعد (بُر + گوگرد) و در تیمارهای انفرادی تیمار بُر و بعد تیمار روی بهترین تولید کمی و کیفی را در گیاه سیر داشتند. با توجه به نتایج این آزمایش، مصرف کودهای روی، بُر و گوگرد همراه با کودهای پایه می‌تواند به افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاه سیر کمک کند.

References

- Akbarpour, V., Ghasemi, K. and Mohammadi Azni, M., 2020. Investigating the effect of sulfur and silicon on some morphological and phytochemical properties of garlic. *Journal of Plant Production*, 24(4): 263-281.
 - Alam, M.D., Rahim, M.A. and Sultana, M.S., 1999. Effects of paclobutrazol and sulphur fertilizer on the growth and yield of garlic. *Bangladesh Journal of Training and Development*, 12(2): 223-230.
 - Amin, Z., Falah, S.A. and AbbasiSuraki, A., 2018. The effect of application method and different levels of cow manure on yield and concentration of some nutrients of garlic (*Allium sativum*). *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 7(3): 107-121.
 - Azizi, Kh., Norouzian, A., Heydari, S. and Yaghubi, M., 2011. The study of effect of zinc and boron foliar application on yield, yield components, seed oil and protein content and growth indices of rapeseed (*Brassica napus* L.) in Khorramabad climatic conditions. *Journal of Crop Science*, 4(5): 1-16.
 - Brown, P.H., Bellaloui, N., Wimmer, M.A., Bassil, E.S., Ruiz, J., Hu, H., Pfeffer, H., Dannel, F. and Romheld, V., 2002. Boron in plant biology. *Plant Biology*, 4(2): 205-223.
 - Bybordi, A. and Mamedov, B., 2010. Evaluation of application methods efficiency of zinc and iron for canola (*Brassica napus* L.). *Notulae Scientia Biologicae*, 2: 94-103.
 - Chan, M., Hore, J.K., Chattopadhyay, N. and Ghanti, S., 2011. Influence of micronutrients on growth and yield of garlic. *Proceedings of the International Symposium on Minor Fruits and Medicinal Plants for Health and Ecological Security (ISMF & MP)*, West Bengal, India, 195-200.
 - Chandel, B.S., Thakur, P.K., Ali, J. and Singh, H., 2012. Soil sulfur status and response of garlic to
- داد که مصرف گوگرد از طریق تعداد برگ در بوته، ارتفاع بوته، تعداد سیرچه، وزن تر و خشک سیرچه، باعث افزایش عملکرد سیر می‌شود. بالاترین عملکرد از مصرف ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد بدست آمد (Alam *et al.*, 1999). اما Mondal و همکاران (۲۰۰۴) بیان کردند که به دلیل استفاده از کودهای مختلف (NPKSBZn و کود دامی)، از نظر تعداد برگ در بوته اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.
- پاسخ سطح برگ گیاه دارویی سیر به مصرف روی، بُر و گوگرد
- با توجه به اینکه تعداد و طول برگ در تیمار (گوگرد + روی + بُر) بیشترین مقدار بود، در نهایت باعث افزایش سطح برگ شد. همچنین از علل افزایش رشد و عملکرد سیر با کاربرد تیمار (گوگرد + روی + بُر) توسعه مناسب اندام هوایی طی دوره رشد، استفاده مفید از نور خورشید و افزایش مواد فتوسنتزی در گیاه است. با افزایش سطح برگ تا حد مطلوب، میزان تولید بالا می‌رود (Farzaneh *et al.*, 2010). مصرف کافی بُر با افزایش سطح برگ و میزان فتوسنتز، باعث افزایش عملکرد می‌شود. همچنین تغذیه بُر بر متابولیسم نیتروژن تأثیر مثبت دارد. به همین دلیل با افزایش سطوح بُر در محلول غذایی، غلظت نیتروژن برگ افزایش یافت و سطح برگ هم افزایش می‌یابد (Ruiz *et al.*, 1998).
- به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت که با توجه به نتایج این آزمایش، برای بدست آوردن عملکرد بالای زراعت سیر در منطقه، استفاده از عنصر گوگرد و عناصر ریزمغذی بُر و روی اثرگذار بوده و باعث بهبود صفت‌های کمی و کیفی سیر خواهد شد. در بیشتر صفت‌ها، کاربرد تیمار ترکیبی (گوگرد + روی + بُر) اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد بدون کود داشت و در این تیمار بالاترین میزان عملکرد اقتصادی با میانگین ۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. بیشترین میزان جذب عناصر روی، گوگرد و بر در غده‌های سیر به ترتیب به میزان ۳۹/۶، ۰/۷۳ و ۱۲/۹۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم در تیمار (گوگرد + روی + بُر) مشاهده

- Huang, L.B., Pant, J., Dell, B. and Bell, R.W., 2000. Effects of boron deficiency on another development and floret fertility in wheat (*Triticum aestivum* L. 'Wilgoyne'). Annual Botany, 85: 493-500.
- Ishtiaq, S., Ali, R. and Shah, S.I.H., 2002. Effect of different levels of sulfur on yield and pungency of onion. Sarhad Journal of Agriculture, 18(2): 183-187.
- Islam, M.R., Uddin, M.K., Sheikh, M.H.R., Mian, M.A.K. and Islam, M.Z., 2012. Yield of garlic (*Allium Sativum* L.) under different levels of zinc and boron. SAARC Journal of Agriculture, 10(1): 55-62.
- Lancaster, J., Farrant, J., Shaw, J., Bycroft, B. and Brash, D., 2001. Does sulfur supply to the bulb affect storage of onions. Acta Horticulture, 555: 111-115.
- Marschner, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press Hall. New York, USA, 889p.
- Mayeux, P.R., Agrawal, K.C., Tou J.S.H., King, B.T., Lipton, H.L., Hyman, A.L., Kadowiz, P.J. and McNamara, D.B., 1998. The pharmacological effects of allicin, a constituent of garlic oil. Agents and Actions, 25: 182-190.
- Mondal, M.M.A., Uddin, M.N., Bhadra, A.K. and Dutta, R.K., 2004. Influence of sulphur, boron and zinc on garlic yield in Gangachara soil series. Journal of the Bangladesh Agricultural University, 2(452): 265-269.
- Motalebifard, R. and Bayat, F., 2020. The effect of zinc and manganese elements on yield and quality characteristics of white garlic in Hamedan. Journal of Soil Applied Research, 2(2): 123-134.
- Nabi, G., Rafique, E. and Salim, M., 2006. Boron nutrition of four sweet pepper cultivars grown in boron-deficient soil. Journal Plant Nutrition, 29: 717-725.
- Nasef, M.A., Badran, N.M. and Abd El-Hamide, A.F., 2006. Response of Peanut to Foliar Spray with Boron and/or Rhizobium inoculation. Journal of Applied Science Research, 2(12): 1330-1337.
- Nasiruddin, K.M., Farooqueand, A.M. and Baten, M.A., 1993. Effect of potassium and sulphur on growth and yield of onion. Bangladesh Journal Agriculture Science, 20(1): 35-40.
- Nasreen, S., Yousuf, M.N., Mamun, A.N.M., Brahma, S. and Haq, M.M., 2009. Response of garlic to zinc, boron and poultry manure application. Bangladesh Journal of Agricultural Research, 34(2): 239-245.
- Randle, W., Bussard, M. and Warnock, D., 1993. Ontogeny and sulfur fertility affect leaf sulfur in short-day onions. Journal of the American Society for Horticultural Science, 118(6): 762-765.
- Razaq, T., Madiha, U., Najeebullah M. and Riaz, M., sulfur in relation to phosphorus. Annual Plant Soil Research, 14(2): 156-158.
- Cylspor, M., 2020. Integrated Management of Soil Fertility and Plant Nutrition in Garlic Cultivation to Reduce Crop Nitrate. Soil and Water Research Institute, 68p.
- Davoodi, M.R., Nakhzari Moghaddam, A., QoliZadeh Pirdashti, A.A. and Abbasian, A., 2014. The effect of using sulfur fertilizer and thiobacillus on some traits of local garlic in Sari. The First International Congress and the Thirteenth National Congress of Agronomy and Plant Breeding and the Third Conference on Seed Science and Technology, 4-6 September: 5p.
- Eagling, D. and Sterling, S., 2000. A cholesterol-lowering extract from garlic. A Report for the Rural Industries Research and Development Corporation. Publication number 0063, Project number DAV-124A.
- Eid, S., Shafshak, N. and Abo-Sedera, F., 1991. Effect of potassium fertilization and foliar application of certain micro nutrients combinations on growth, yield and chemical composition of garlic plants. Annals of Agricultural Science, 29(2): 981-993.
- Emami, A., 1997. Plant Decomposition Methods. Soil and Water Research Institute, Iran, 128p.
- Fang, Y., Wang, L., Xin, Z., Zhao, L., An, X. and Hu, Q., 2008. Effect of foliar application of zinc, selenium, and iron fertilizers on nutrients concentration and yield of rice grain in China. Journal Agriculture Food Chemistry, 56(6): 2079-2084.
- Farzaneh, N., Gholchin, A. and Hashemi Majd, K., 2010. The effect of nitrogen and boron on growth, yield and concentration of some nutrient elements of tomato. Journal of Soil and Plant Interactions, 1(2): 19-28.
- Ghasemi, K., Akbarpour, V. and Mohammadi Azni, M., 2021. Morphological and phytochemical response of garlic (*Allium sativum*) to nutrition of sulfur, humic acid and vermicompost. Journal of Horticultural Plants Nutrition, 3(1): 23-36.
- Gupta, N.K. and Ganeshe, R.K., 2000. Response of Borax and zinc sulphate on growth and yield of garlic (*Allium sativum* L.). Advances in Plant Sciences, 13(1): 237-239.
- Habibi, M., Majidian, M. and Rabiei, M., 2014. Effect of boron, zinc and sulfur elements on grain yield and fatty acid composition of rapeseed. Journal of Crops Improvement, 16(1): 69-84.
- Schulz, V., Hansel, R. and Tayler, V.E., 1998. Rational Phytotherapy: A Physicians Guide to Herba Medicine. Springer, Berlin, 306p.
- Hawkesford, M.J. and De-Kok, L.J., 2006. Managing sulfur metabolism in plants. Plant Cell Environmental, 29: 382-395.

- yield of garlic in New Alluvial Zone of West Bengal. *Crop Research*, 25(1): 83-85.
- Singh, S., Ram, M. and Yadav, N., 2014. Effect of phosphorus and zinc application on the growth and yield of geranium (*Pelargonium Graveolens* L.) intercropped with garlic (*Allium Sativum* L.). *Indian Journal of Agricultural Research*, 48(1): 1-8.
 - Slusarenko, A.J., Patel, A. and Portz, D., 2008. Control of plant diseases by natural products: Allicin from garlic as a case study. *European Journal of plant Pathology*, 121(3): 313-322.
 - Suleria, H.A.R., Butt, M.S., Khalid, N., Sultan, S., Raza, A., Aleem, Abbas, M. and Abbas, M., 2015. Garlic (*Allium sativum*): dietbased therapy of 21st century-a review. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 5(4): 271-278.
 - Ueda, Y., Kawajiri, H., Miyamura, N. and Miyajima, R., 1991. Content of some sulfur containing components and free amino acids in various strains of garlic. *Journal of the Japanese Society Food Science Technology*, 38: 429-434.
 - Vinay, S., Mehta, V.S. and Singh, V., 1995. Effect of sulphur sources and levels on yield and uptake of nutrients by garlic. *Fertiliser-News*, 40(8): 47-49.
 - Welch, R.M., 1995. Micronutrient nutrition of plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 14: 49-82.
 - Yang, F., Li, S., Wang, X., Zhangand, Y. and Zang, J., 2004. Effects of sulfur on physiological and biochemical indices and nutrition quality of garlic. *The Journal of Applied Ecology*, 15(11): 2095-2098.
 - Zaman, M.S., Hashem, M.A., Jahiruddin, M. and Rahim, M.A., 2011. Effect of sulphur fertilization on the growth and yield of garlic (*Allium sativum* L.). *Bangladesh Journal Agricultural Research*, 36(4): 647-656.
 - 2019. Effect of zinc and boron on the growth and yield of gulabi variety of garlic (*Allium sativum* L.) under agro-climatic condition of Peshawar. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 14(1): 11-15.
 - Rezaei, Sh., Khavazi, K., Nezami, M.T. and Saadat, S., 2013. Effect of sulfur, phosphorus and plant role on microbial biomass and soil phosphates activity. *Iranian Journal Soil Research*, 27: 217-226.
 - Ruiz, J.M., Baghour, M., Bretones, G., Belakir, A. and Romero, L., 1998. Nitrogen metabolism in tobacco plants (*Nicotiana tabacum* L.): Role of boron as a possible regulatory factor. *International Journal Plant Science*, 159: 121-126.
 - Rostami, H.A., Tabatabai, S.J., ZareNahandi, F. and Pourazar, M., 2015. Effect of different concentrations of boron on the concentration and distribution of this element and some other nutrients in two olive cultivars under hydroponic conditions. *Iranian Journal of Horticulture*, 45(1): 1-9.
 - Sabbagh, H., Khorami Vafa, S., Honarmand, J. and Beheshti, A.A., 2014. Effect of *Thiobacillus*, sulfur and manure on the concentration of some mineral elements in garlic bulbs. *The Second National Conference on Medicinal Plants and Sustainable Agriculture*. Hegmataneh Environmental Assessors Association, Hamedan, 22May.
 - Silspur, M., 2019. *Integrated Management of Soil Fertility and Plant Nutrition in Garlic Cultivation*. Soil and Water Research Institute, Iran, 69p.
 - Sakarvadia, H.L., Polara, K.B., Parmar, K.B., Babaria, N.B. and Kunjadia, B.B., 2009. Effect of potassium and zinc on growth, yield and nutrient uptake by garlic. *Asian Journal of Soil Science*, 4(1): 110-112.
 - Sharangi, A.B., Pariari, A., Datta, S. and Chatterjee, R., 2003. Effect of boron and zinc on growth and

Effects of zinc, boron, and sulfur on quantitative and qualitative characteristic of *Allium sativum* L.

S.S. Zare Pak Ziaberi¹ and M. Majidian^{2*}

1- M.Sc. student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Science, University of Guilan, Rasht, Iran

2*- Corresponding author, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Science, University of Guilan, Rasht, Iran, E-mail: ma_majidian@guilan.ac.ir

Received: May 2022

Revised: August 2022

Accepted: August 2022

Abstract

To investigate the effects of zinc, boron, and sulfur on the quantitative characteristics, elements uptake, and allicin content in Ziabar local garlic (*Allium sativum* L.), an experiment was conducted as a completely randomized block design with three replications in 2019-20. The treatments included 1- control (without fertilizer use), 2- Zn, 3- B, 4- S, 5- Zn+S, 6- Zn+B, 7- B+S, and 8- S+B+Zn. Sulfur, zinc, and boron fertilizers were added to the soil as sulfur flower (100 kg ha^{-1}), $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (20 kg ha^{-1}), and H_3BO_3 (5 kg ha^{-1}) at two vegetative growth and bulb filling stages. The results showed that the S+B+Zn treatment was significantly superior to other treatments in all studied traits. Among the single fertilizer treatments, the highest economic yield and boron uptake rate was observed with the B application. The S application resulted in the highest S uptake. The highest Zn uptake and allicin content was observed in the Zn application treatment. Among the dual treatments, the B+S treatment caused the highest economic yield and S and B uptake rate. The Zn+B treatment showed the highest Zn uptake. The highest allicin content (29%) was observed in the S+B+Zn treatment. The highest garlic economic yield (3000 kg ha^{-1}) and the best quality in terms of allicin content (29%), S uptake (0.73 kg ha^{-1}), Zn uptake (39.6 kg ha^{-1}), and B uptake (12.96 kg ha^{-1}) were obtained in the S+B+Zn treatment. According to the present results, the use of zinc, boron, and sulfur fertilizers along with basal fertilizers could be recommended to increase the quantitative and qualitative yield of garlic.

Keywords: *Allium sativum* L., Allicin, boric acid, zinc sulfate, sulfur, bulb yield.