بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی

گروه زراعت

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

بررسی اثرات دو منبع مختلف کود سیلیس بر رشد، عملکرد و تحمل به کرم ساقه خوار در دو رقم، طارم هاشمی و لاین ۸۴۳ در گیاه برنج

یاسر غلامی

اساتید راهنما:

دکتر علی درخشان شادمهری **دکتر احمد غلامی**

اساتید مشاور:

دکتر الهیار فلاح **دکتر منوچهر قلی پور**

شهریور ماه ۱۳۹۱

شماره : ۴۶۹/ت
تاریخ : ۱۳۹۱/۶/۲۸
ویرایش :

بسمه تعالی

مدیریت تحصیلات تکمیلی
فرم شماره (۶)

فرم صورتجلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای **یاسر غلامی** رشته **آگرو اکولوژی** تحت عنوان : **" بررسی اثرات دو منبع مختلف کود سیلیس بر رشد، عملکرد و تحمل به کرم ساقه خوار در دو رقم، طارم هاشمی و ۸۴۳ در گیاه برنج "** که در تاریخ **۱۳۹۱/۶/۲۸** با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه : عالی امتیاز ۱۹/۱۴) ☐ دفاع مجدد ☐ مردود ☐

۱ـ عالی (۲۰ ـ ۱۹) ۲ـ بسیار خوب (۱۸/۹۹ ـ ۱۸)

۳ـ خوب (۱۷/۹۹ ـ۱۶) ۴ـ قابل قبول (۱۵/۹۹ ـ ۱۴) ۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام ونام خانوادگی	مرتبهٔ علمی	امضاء
۱ـ اساتید راهنما	علی درخشان شادمهری احمد غلامی	استادیار دانشیار	
۲ـ اساتید مشاور	الهیار فلاح منوچهر قلی پور	استادیار دانشیار	
۳ـ نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	حمیدرضا اصغری	استادیار	
۴ـ استاد ممتحن	مهدی برادران فیروزآبادی	استادیار	
۵ ـ استاد ممتحن	حمید عباس دخت	استادیار	

رئیس دانشکده :

سپاسگزاری

بر خود لازم می‌دانم از زحمات اساتید گرانقدر جناب آقای دکتر درخشان و جناب آقای دکتر غلامی به خاطر راهنمایی‌ها و حمایت‌هایشان نه تنها در امر این پروژه، بلکه در تمامی دوران تحصیل، کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم. بی‌شک بدون یاری ایشان رساله اخیر پیش روی شما نبود.

همچنین از جناب آقای دکتر فلاح و جناب آقای دکتر قلی‌پور به خاطر زحمات بی‌شائبه و دلسوزانه ایشان که با صبر و حوصله، یکایک پرسش‌ها و مشکلاتم را بدون هیچ چشم داشتی پاسخگو بودند، صمیمانه تشکر می‌نمایم.

خدای را بسی شاکرم که از روی کرم، پدر و مادری فداکار نصیبم ساخته تا در سایه درخت پربار وجودشان بیاسایم و از ریشه آنان شاخ و برگ گیرم و از سایه وجودشان در راه کسب علم و دانش تلاش نمایم. والدینی که بودنشان تاج افتخاری است بر سرم و نامشان دلیلی است بر بودنم چرا که این دو وجود پس از پروردگار مایه هستی‌ام بوده‌اند، دستم را گرفتند و راه رفتن را در این وادی زندگی پر از فراز و نشیب آموختند. امید آنکه روزی بتوانم گوشه‌ای از محبتشان را جبران کنم.

در انتها از برادر عزیز و تمامی دوستان و همکلاسیهایم و همه کسانی که در این مدت گوشه‌ای از خاطرات شیرین دوران زندگی‌ام را ساختند سپاسگزارم.

هر که در هر کار با عشق است یار

کار او باقی است اندر روزگار

پیشرفت فرهنگ و علم مرهون خردورزی ها و کوشش فرزانگانی است که چراغ راه فرهیختگی اند و توسعه دانش و دانستگی وامدار تلاش و پشتکار مردان و زنان خستگی ناپذیری است که نهال علم و عمل را توأمان در خاک این سرزمین پرورانده اند.

به پاس قدرشناسی، این رساله تقدیم می گردد به دو فرشته بی بدیل زندگی، پدر و مادر فداکارم که حمایتهای بی دریغ آنها غیر ممکن ها را برایم ممکن ساخت.

یاسر غلامی

شهریور ماه ۱۳۹۱

تعهد نامه

اینجانب . **یاسر غلامی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد / دکتری رشته **اگرواکولوژی**

دانشکده **کشاورزی** دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه / رساله بررسی اثرات دو منبع مختلف کود سیلیس بر رشد، عملکرد و تحمل به کرم ساقه خوار در دو رقم، طارم هاشمی و لاین ۸۴۳ در گیاه برنج نحت راهنمایی **دکتر علی درخشان** متعهد می شوم :

- تحقیقات در این پایان نامه / رساله توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصلت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه/رساله تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچگونه مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام «دانشگاه صنعتی شاهرود» و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در بدست آمدن نتایج اصلی پایان نامه / رساله تاثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه/رساله رعایت می‌گردد .
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه/رساله ،در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه/رساله ،در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا از آن استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

۹۱/۶/۲۷

تاریخ :

امضاء دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه‌های رایانه‌ای ، نرم افزارها و تجهیزات شاخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و این مطلب باشد به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه / رساله بدون ذکر منبع مجاز نمی باشد .

- **متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه‌های تکثیرشده پایان نامه/رساله وجود داشته باشد .**

چکیده

امروزه به علت هزینه‌های فزاینده کودهای شیمیایی لازم است که جذب و مصرف عناصر غذایی از کارایی بالایی برخوردار باشد. سیلیس به عنوان یک عنصر ضروری برای گیاهان زراعی و یک منبع غذایی مهمی برای رشد و عملکرد برنج به شمار می‌رود که در صورت عدم جایگزینی کافی این عنصر، گیاه با کمبود سیلیس مواجه شده و باعث بروز اختلال تغذیه‌ای جدی در گیاه و عدم ثبات در پایداری مقاومت به آفات می‌گردد. در این راستا پژوهشی به منظور بررسی اثر دو منبع مختلف کود سیلیس در سه مقدار مصرف متفاوت بر رشد، عملکرد و تحمل به کرم ساقه‌خوار در رقم طارم‌هاشمی و لاین ۸۴۳ گیاه برنج انجام شد. این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات برنج کشور در آمل در سال ۱۳۹۰ به صورت آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا گردید. تیمارهای مورد آزمایش شامل رقم، در دو نوع لاین ۸۴۳ (V_1) و رقم طارم‌هاشمی (V_2)، منابع سیلیس در دو نوع SiO_2 73% (S_1) و بقایای معدن سیلیس سوادکوه ۲۲٪ (S_2) و مقدار مصرف سیلیس شامل سه سطح صفر (D_1)، ۲۵۰ (D_2) و ۵۰۰ (D_3) کیلوگرم در هکتار (بر مبنای درصد سیلیس) بودند. نتایج این آزمایش نشان داد که لاین ۸۴۳ در تمامی صفات به جز ارتفاع بوته، وزن هزاردانه و میزان تحمل به کرم ساقه‌خوار به طور معنی‌داری نسبت به رقم طارم‌هاشمی دارای برتری بود و بین دو منبع کود سیلیس نیز در تمام صفات از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. نتایج مربوط به مقدار مصرف کود سیلیس نشان داد که تیمار ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار، بهترین تیمار مصرفی کود سیلیس در مزرعه می‌باشد. مصرف این کود باعث افزایش معنی‌دار سیلیس ساقه، سیلیس برگ، تعداد پنجه، سطح برگ پرچم، وزن خشک برگ، وزن هزاردانه و عملکرد و همچنین سبب کاهش معنی‌دار زاویه برگ دوم با ساقه و درصد آلودگی به کرم ساقه‌خوار شد. به طوری که این کود توانست سطح برگ پرچم را ۱۴٪، وزن خشک برگ را ۱۵/۳٪ و عملکرد گیاه را ۱۴/۹٪ افزایش دهد.

کلمات کلیدی: سیلیس، برنج، عملکرد، کرم ساقه‌خوار.

مقالات مستخرج از پایان نامه

۱- **بررسی اثر دو منبع مختلف سیلیس بر میزان جذب، تولید ماده خشک، عملکرد و اجزای عملکرد برنج، رقم طارم‌هاشمی و لاین ۸۴۳.** دوازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، ۱۴ الی ۱۶ شهریور ماه ۱۳۹۱.

۲- **بررسی اثر دو منبع مختلف سیلیس بر میزان آلودگی به ساقه خوار (*Chilo suppresalis* Walker) و عملکرد گیاه برنج، رقم طارم هاشمی و لاین ۸۴۳.** همایش ملی محیط زیست و تولیدات گیاهی، دانشگاه آزاد دامغان، ۱۵ الی ۱۶ مهر ماه ۱۳۹۱.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول: مقدمه

مقدمه ۲

فصل دوم: بررسی منابع

۲-۱- مشکلات کشاورزی رایج ۶

۲-۲- معرفی کود سیلیس و اهمیت آن در گیاهان ۶

۲-۳- وضعیت سیلیس در خاک ۹

۲-۴- منابع سیلیس ۱۰

۲-۵- علایم کمبود سیلیس ۱۱

۲-۶- برنج ۱۱

۲-۶-۱- گیاه شناسی برنج ۱۱

۲-۶-۲- اهمیت برنج و برخی از مصارف آن ۱۲

۲-۶-۳- نیازهای کودی برنج ۱۳

۲-۷- میزان جذب عنصر سیلیس در گیاه ۱۵

۲-۸- زمان مصرف سیلیس در برنج کاری ۱۸

۲-۹- اثر سیلیس روی خصوصیات مورفولوژیکی گیاهان زراعی ۱۹

۲-۹-۱- تعداد پنجه ۱۹

۲-۹-۲- برافراشتگی برگ ها ۲۰

۲-۹-۳- سطح برگ ۲۰

۲-۹-۴- ارتفاع بوته ۲۱

۲-۹-۵- وزن خشک ۲۲

۲-۱۰- اثر سیلیس بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان زراعی ۲۳

۲-۱۰-۱- تعداد خوشه ۲۳

۲-۱۰-۲- تعداد دانه ۲۳

۲-۱۰-۳- وزن هزار دانه ۲۳

۲-۱۰-۴- عملکرد ۲۴

۲-۱۱- کرم ساقه خوار برنج ۲۶
۲-۱۱-۱- خصوصیات کرم ساقه خوار برنج ۲۶
۲-۱۱-۲- اثر سیلیس روی تحمل گیاه به آفت کرم ساقه خوار ۲۸

فصل سوم: مواد و روش ها

۳-۱- اجرای طرح ۳۰
۳-۱-۱- مشخصات محل اجرای طرح ۳۰
۳-۱-۲- خصوصیات خاک مزرعه مورد آزمایش ۳۰
۳-۱-۳- نوع وقالب طرح آزمایشی ۳۰
۳-۱-۴- مشخصات مواد آزمایشی ۳۱
۳-۱-۵- نقشه کشت ۳۲
۳-۲- عملیات مزرعه‌ای ۳۲
۳-۲-۱- تهیه خزانه ۳۲
۳-۲-۲- آماده سازی مزرعه برای کاشت ۳۲
۳-۲-۳- اعمال کودهای پایه ۳۳
۳-۲-۴- اعمال کودهای سیلیسی ۳۳
۳-۲-۵- نشاکاری ۳۴
۳-۲-۶- وجین ۳۴
۳-۲-۷- صفات مورد مطالعه ۳۴
۳-۲-۸- گل دهی رقم طارم هاشمی ۳۵
۳-۲-۹- گل دهی لاین ۸۴۳ ..... ۳۵
۳-۲-۱۰- بررسی میزان آلودگی به کرم ساقه خوار در مزرعه ۳۶
۳-۲-۱۱- برداشت ۳۶
۳-۳- عملیات آزمایشگاهی ۳۷
۳-۳-۱- روش شیمیایی اندازه گیری مقدار سیلیس ۳۷
۳-۴- محاسبات و تجزیه و تحلیل آماری ۳۸

فصل چهارم: نتایج و بحث

۴-۱- نتایج ۴۰
۴-۲- میزان جذب عنصر سیلیس توسط گیاه برنج ۴۰
۴-۲-۱- سیلیس ساقه ۴۰
۴-۲-۲- سیلیس برگ ۴۳
۴-۳- خصوصیات مورفولوژیکی برنج ۴۶

۴-۳-۱- تعداد پنجه ۴۶
۴-۳-۲- زاویه برگ دوم با ساقه ۴۷
۴-۳-۳- سطح برگ پرچم ۴۹
۴-۳-۴- سطح سایر برگ ها (غیر از برگ پرچم) ۵۱
۴-۳-۵- سطح کل برگ ها ۵۱
۴-۳-۶- ارتفاع بوته ۵۲
۴-۳-۷- وزن خشک برگ ۵۳
۴-۳-۸- وزن خشک ساقه ۵۵
۴-۳-۹- وزن خشک کل گیاه ۵۶
۴-۴- تاثیر کود سیلیس بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه برنج ۵۷
۴-۴-۱- تعداد خوشه ۵۷
۴-۴-۲- تعداد دانه پر، پوک و تعداد کل دانه در خوشه ۵۸
۴-۴-۳- وزن هزار دانه ۶۰
۴-۴-۴- عملکرد ۶۱
۴-۵- تاثیر کود سیلیس بر میزان آلودگی به کرم ساقه‌خوار در گیاه برنج ۶۳
۴-۶- توصیه ها و پیشنهادات ۶۵
پیوست ها ۶۷
منابع ۷۹

فهرست اشکال

شکل۴- ۱- مقایسه میانگین مقدار سیلیس ساقه بین دو رقم مورد مطالعه ۴۱
شکل۴- ۲- مقایسه میانگین اثر مقدار مصرف سیلیس بر مقدار سیلیس ساقه ۴۲
شکل۴- ۳- مقایسه میانگین اثرمتقابل رقم و میزان مصرف سیلیس‌روی سیلیس ساقه ۴۲
شکل۴- ۴- مقایسه میانگین مقدار سیلیس برگ بین دو رقم مورد مطالعه ۴۴
شکل۴- ۵- مقایسه میانگین اثر مقدار مصرف سیلیس بر مقدار سیلیس برگ ۴۴
شکل۴- ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و منابع سیلیس روی سیلیس برگ ۴۵
شکل۴-۷- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و مقدار مصرف سیلیس روی سیلیس برگ ۴۵
شکل۴- ۸- مقایسه میانگین تعداد پنجه بین دو رقم مورد مطالعه ۴۷
شکل۴- ۹- مقایسه میانگین اثر مقدار مصرف سیلیس بر تعداد پنجه ۴۷
شکل۴- ۱۰- مقایسه میانگین زاویه برگ دوم با ساقه بین دو رقم مورد مطالعه ۴۸
شکل۴- ۱۱- مقایسه میانگین اثر مقدار مصرف سیلیس بر زاویه برگ دوم با ساقه ۴۹
شکل۴- ۱۲- مقایسه میانگین سطح برگ پرچم بین دو رقم مورد مطالعه ۵۰
شکل۴- ۱۳- مقایسه میانگین اثر مقدار مصرف سیلیس بر سطح برگ پرچم ۵۰
شکل۴- ۱۴- مقایسه میانگین سطح سایر برگ‌ها بین دو رقم مورد مطالعه ۵۱
شکل۴-۱۵- مقایسه میانگین سطح کل برگ ها بین دو رقم مورد مطالعه ۵۲
شکل۴- ۱۶- مقایسه میانگین ارتفاع بوته بین دو رقم مورد مطالعه ۵۳
شکل۴- ۱۷- مقایسه میانگین وزن خشک برگ بین دو رقم مورد مطالعه ۵۴
شکل۴- ۱۸- مقایسه میانگین اثر مقدار مصرف سیلیس بر وزن خشک برگ ۵۴
شکل۴- ۱۹- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه بین دو رقم مورد مطالعه ۵۵
شکل۴- ۲۰- مقایسه میانگین وزن خشک کل گیاه بین دو رقم مورد مطالعه ۵۶
شکل۴- ۲۱- مقایسه میانگین تعداد خوشه بین دو رقم مورد مطالعه ۵۷
شکل۴- ۲۲- مقایسه میانگین تعداد دانه پر در خوشه بین دو رقم مورد مطالعه ۵۹
شکل۴- ۲۳- مقایسه میانگین تعداد دانه پوک در خوشه بین دو رقم مورد مطالعه ۵۹
شکل۴- ۲۴- مقایسه میانگین تعداد کل دانه در خوشه بین دو رقم مورد مطالعه ۵۹
شکل۴- ۲۵- مقایسه میانگین اثر مقدار مصرف سیلیس بر وزن هزاردانه ۶۰
شکل۴- ۲۶- مقایسه میانگین عملکرد بین دو رقم مورد مطالعه ۶۲
شکل۴- ۲۷- مقایسه میانگین اثر مقدار مصرف سیلیس بر عملکرد ۶۲
شکل۴- ۲۸-مقایسه میانگین اثر مقدار مصرف سیلیس بر آلودگی به کرم ساقه خوار برنج..... ۶۴
شکل پیوست ۱- لاین ۸۴۳ و رقم طارم هاشمی ۶۸

شکل پیوست ۲- مزرعه آماده کشت ۶۸
شکل پیوست ۳- نقشه کشت ۶۹
شکل پیوست ۴- تهیه خزانه ۷۰
شکل پیوست ۵- آماده سازی مزرعه برای کاشت ۷۰
شکل پیوست ۶- اعمال کودهای پایه و سیلیسی ۷۱
شکل پیوست ۷- نشا کاری ۷۱
شکل پیوست ۸- وجین ۷۲
شکل پیوست ۹- گل دهی رقم طارم هاشمی ۷۲
شکل پیوست ۱۰- گل دهی لاین ۸۴۳ ..... ۷۲
شکل پیوست ۱۱- آلودگی به کرم ساقه خوار ۷۳
شکل پیوست ۱۲- برداشت ۷۳

فهرست جداول

جدول۴-۱- مقایسه میانگین اثر رقم، نوع کود و مقدار مصرف سیلیس بر آلودگی به کرم ساقه خوار برنج ۶۴

جدول پیوست ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی ۷۴

جدول پیوست ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در گیاه برنج تحت شرایط استفاده از سیلیس ۷۵

جدول پیوست ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در گیاه برنج تحت شرایط استفاده از سیلیس ۷۶

جدول پیوست ۴- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در گیاه برنج تحت شرایط استفاده از سیلیس ۷۷

جدول پیوست ۵- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در گیاه برنج تحت شرایط استفاده ازسیلیس ۷۸

فصل اول:

اثرات سودمند کاربرد عناصر کانی در خاک، برای بهبود رشد گیاه، بیشتر از ۲۰۰۰ سال است که در کشاورزی شناخته شده است (مارچنر، ۱۹۹۵). شکی نیست که انجام صحیح فرآیندهای متابولیسمی گیاهان مستلزم وجود عناصری است که باید به صورت اکسید شده یا احیا شده، معدنی و یا آلی، جذب سلول‌ها شده و احتیاجات آنها را از نظر ماده و انرژی تامین کنند (ابراهیم زاده، ۱۳۸۰).

جذب عناصر به وسیله ریشه های گیاه، یا از محلول خاک و یا از طریق تماس تبادلی، صورت می‌گیرد. جذب و انتقال می‌تواند به صورت فعال یا غیر فعال باشد، بسته به نوع و غلظت یون، انتقال می‌تواند، برون سلولی، درون سلولی و یا هر دو طریق باشد (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۶). جذب یون از سوی گیاه دارای ویژگی‌هایی می‌باشد، از جمله اینکه برخی از عناصر کانی به طور ترجیحی جذب می‌شوند. غلظت عناصر کانی می‌تواند در شیره سلولی به مراتب بیشتر از محیط بیرون باشد، همچنین میان گونه‌های گیاهی در ارتباط با جذب، تفاوت‌های چشم‌گیری وجود دارد (مارچنر، ۱۹۹۵).

از عناصر موجود در بیوسفر فقط برخی از عناصر برای گیاه به عنوان عناصر ضروری شناخته شده‌اند، معمولا عناصر ضروری براساس میزان تجمع‌شان در بافت گیاه به گروه‌های پرمصرف و کم-مصرف تقسیم می‌شوند (کافی محمد وهمکاران، ۱۳۷۹). عناصر پرمصرف (ماکرو المانها) که شامل کربن، هیدروژن، اکسیژن، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و گوگرد و عناصر کم‌مصرف (میکروالمانها) که شامل بر، کلر، مس، آهن، منگنز، مولیبدن، روی و نیکل می‌باشد. دسترسی به این عناصر غذایی برای گیاهان تحت تاثیر نوع خاک، شرایط آب و هوایی، گونه و ارقام گیاهی می‌باشد.

امروزه به علت هزینه‌های فزاینده کودهای شیمیایی لازم است که جذب و مصرف عناصر غذایی از کارایی بالایی برخوردار باشد تا بدین وسیله از هزینه‌های فزاینده تولید کاسته شده و درآمد بالاتری برای زارعین حاصل آید.

تمامی عناصر برای رشد مهم می‌باشند و در صورت کمبود هر عنصری در محیط رشد، اثر نامطلوبی را برجای می‌گذارد (هاشمی و کوچکی، ۱۳۷۵). سیلیس[1] دومین عنصر فراوان پوسته زمین بعد از اکسیژن است (کورالس و همکاران، ۱۹۹۷) و به عنوان یک عنصر ضروری برای گیاهان زراعی مطرح می‌باشد و یک منبع غذایی مهمی برای رشد و عملکرد برنج به شمار می‌رود. نیاز فراوان گیاه برنج به این عنصر به عنوان یک عنصر غذایی اجتناب ناپذیر است. تاکاهاشی و میاکا (۱۹۷۷) گیاهان را به دو دسته ذخیره کننده سیلیس و غیر ذخیره کننده سیلیس تقسیم کرده‌اند. در صورت عدم جایگزینی کافی این عنصر، گیاه با کمبود سیلیس مواجه می‌شود که باعث بروز اختلال تغذیه‌ای جدی در گیاه و عدم ثبات در پایداری مقاومت به آفات و امراض می‌گردد. با توجه به فراوانی این عنصر و نقش‌های بارز آن به عنوان یک ماده غذایی، سیلیس همچنان به عنوان یک عنصر فراموش شده در تغذیه گیاه برنج بوده و تحقیقات کمی در مورد آن صورت گرفته است.

این تحقیق به این موضوع اشاره دارد که سیلیس چه نقش‌هایی را در گیاه برنج دارد و این آگاهی و دانش در بین کل جوامع زیست‌شناسان گیاهی وجود ندارد، و بیشتر زیست‌شناسان این عنصر را به رسمیت نمی‌شناسند و از آن چشم پوشی می‌کنند. یک نکته مهمی را که می‌توان به آن اشاره کرد این است که گیاهان آلی، می‌توانند بدون وجود سیلیس رشد کنند و به بلوغ برسند و این امر برای ما یک واقعیتی شده که سیلیس به عنوان یک عنصر ضروری، یا ماده غذایی مناسب نیست و بنابراین می‌توان آن را نادیده گرفت. در حالی که در این جهان طبیعی که مشکلات متعددی در کاشت گیاهان وجود دارد، وجود سیلیس در گیاهان می‌تواند باعث اختلاف زیادی، در ارزیابی عملکرد محصولات شود (اپستین، ۲۰۰۹).

اشکال فعال سیلیس در گیاهان به عنوان یک مخزنی برای ساخت ترکیبات خاص وجود دارد که به موجودات زنده کمک می‌کند تا حمایت مثبتی را برای تعادل حیاتی در شرایط پراسترس انجام

[1] Silicon

دهند (بیل و همکاران، ۲۰۰۸). نقش سیلیس در سیستم‌های دفاعی گیاه بسیار با اهمیت است و مشارکت این عنصر در پیشرفت تحمل در برابر تنش‌ها در موجودات زنده قابل بحث و گفت‌وگو است (بیل و همکاران، ۲۰۰۸). البته مطالعه‌های متعددی فواید سیلیس را برای گیاهان آلی مخصوصا برای گیاهان گروه گرامینه ثابت کرده است (کوزوبریوخوف و همکاران، ۲۰۰۸).

برنج (*Oriza sativa L.*) از نظر اهمیت غذایی سومین غله دنیا بعد از گندم (*Triticum aestivum L.*) و ذرت (*Zea mays L.*) محسوب می‌شود (مارتین، ۱۹۸۵) و از منابع مهم و اساسی در تغذیه بشر می‌باشد، به طوری که بیش از ۳/۵ میلیارد نفر در سراسر جهان به این ماده غذایی به طور مستقیم یا غیر مستقیم وابسته هستند و برنج ۴۰ تا ۷۰ درصد کالری مورد نیاز آن‌ها را تامین می‌کند (داتا، ۲۰۰۴).

با توجه به رویکردهای جدید به مقوله تولید در کشاورزی و مطرح شدن مباحث مربوط به پایداری و استفاده از نهاده‌هایی که جنبه های اکولوژیک سیستم را بهبود می‌بخشند و نیز لزوم کاربرد تکنیک‌هایی جهت ایجاد سازگاری با شرایط اقلیمی خاص کشورمان و مقاومت گیاهان به آفات و همچنین با توجه به اهمیت و جایگاه برنج به عنوان یکی از غلات مهم در سبد غذایی مردم، این تحقیق با اهداف زیر اجرا گردید:

۱- بررسی تاثیر کود سیلیس بر رشد، عملکرد و تحمل به کرم ساقه‌خوار در گیاه برنج.

۲- مقایسه بین دو منبع مختلف کود سیلیسی از نظر تاثیر آنها روی گیاه برنج.

۳- مقایسه تغییرات رشد، عملکرد و تحمل به کرم ساقه‌خوار، بین رقم طارم هاشمی و لاین ۸۴۳ در اثر مصرف سیلیس.

فصل دوم:

بررسی منابع

۲-۱- مشکلات کشاورزی رایج

در نیمه دوم قرن بیستم جمعیت جهان از سه میلیارد به شش میلیارد افزایش یافت. در پی این افزایش نیاز به تامین غذا بیشتر نمود پیدا کرد. که افزایش سطح زیر کشت با تبدیل کردن اراضی بایر به کشاورزی صورت گرفت. کشاورزی رایج بر اساس دو هدف مرتبط با هم یعنی به حداکثر رساندن توام تولید و درآمد بنا نهاده شده است. به منظور دست‌یابی به این هدف مجموعه‌ای از عملیات، بدون توجه به علت وجودی و پیامدهای درازمدت آنها و بدون در نظر گرفتن پویایی بوم شناختی اکوسیستم‌های زراعی تکامل یافته اند (نصیری محلاتی و همکاران، ۱۳۸۰). شش عملیات عمده زراعی شامل شخم فشرده، تک کشتی، آبیاری، کاربرد کودهای شیمیایی، کنترل شیمیایی آفات و دستکاری ژنتیکی گیاهان زراعی ارکان کشاورزی جدید را تشکیل می‌دهند. هر یک از این عملیات به خاطر سهم خاص آن در تولید مورد استفاده قرار می‌گیرند که مشکلاتی را در تولید محصولات کشاورزی به وجود آورده‌اند (نصیری محلاتی و همکاران، ۱۳۸۰). یکی از معضلات مهم در بخش کشاورزی استفاده بی-رویه از کودهای شیمیایی است که باعث کاهش مواد آلی زمین‌های کشاورزی در ایران شده و خاک به بافت سخت و نامطلوبی تبدیل شده است (نقوی مرمتی و همکاران، ۲۰۰۷).

۲-۲- معرفی کود سیلیس و اهمیت آن در گیاهان

سیلیس دومین عنصر فراوان پوسته زمین (۳۱٪) بعد از اکسیژن است (اسپوسیتو ، ۱۹۸۹؛ اپستین ، ۱۹۹۴؛ مارچنر، ۱۹۹۵؛ کورالز و همکاران ۱۹۹۷). سیلیس عنصری است غیرفلزی که دو شکل آلوتروپی، ساختار پودری و ساختار بلورین تیره دارد. ساختار بلورین آن شبیه الماس است. این عنصر در سال ۱۸۲۳ توسط جونز برزیلیوس[1] دانشمند سوئدی کشف گردید. این عنصر به صورت غیر ترکیبی یافت نمی‌شود و عموماً، به صورت سیلیکات یا سیلیکا (اکسید سیلیس) موجود است. سیلیس

[1] Jons Berzelius

ترکیب اصلی رس‌ها، گرانیت‌ها، کوارتز و ماسه می‌باشد که اثر منفی بر محیط زیست ندارد. قابلیت استفاده این عنصر برای گیاهان به مقدار زیاد، به چگونگی سرعت هوادیدگی این کانی‌ها بستگی دارد. شکل قابل استفاده این عنصر برای گیاهان به صورت مونوسیلیسیلیک اسید[1] ($Si(OH)_4$) است که در PH بیشتر از ۹/۴ یونیزه می‌شود، اما در PH بین ۲ تا ۹، حلالیت آن مستقل از PH است (مکیگ وکلاین، ۱۹۶۳) و حل‌پذیری آن در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، در حدود ۲ میلی مول در لیتر می-باشد (مارچنر ، ۱۹۹۵).

گیاهانی که مقدار زیادی از اسید سیلیسیلیک را جذب می‌کنند، به آن‌ها گیاهان سیلیس‌دوست می‌گویند، این درحالی است که دولپه‌ایها مقادیر کمتری از اسید سیلیسیلیک را جذب می‌کنند. اسید سیلیسیلیک توسط ریشه‌ها جذب، و در برگ‌های پهن انبار می‌شود و با تعرق در اندام‌های هوایی حرکت می‌کند. اسید سیلیسیلیک جذب شده از ریشه، از طریق جریان تعرقی به اندام‌های هوایی منتقل شده و وارد برگ‌های پهن می‌شود و توسط این اندام‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (ماتسئو و همکاران، ۱۹۹۵)، به طوری که در برنج بیش از ۹۰ درصد این عنصر در قسمت‌های هوایی گیاه یافت می‌شود (منگل و کرکبی، ۱۳۶۷).

به طور کلی نقش‌های متعددی را به سیلیس ارتباط داده‌اند که از آن جمله می‌توان به بهبود توازن مواد غذایی، کاهش سمیت مواد معدنی، بهبود خصوصیت مکانیکی بافت‌های گیاه و افزایش مقاومت به استرس‌های زنده و غیر زنده اشاره کرد (چریف و همکاران، ۱۹۹۴؛ کورالس و همکاران، ۱۹۹۷). سیلیس به عنوان عنصری که باعث کاهش انواع تنش‌ها از قبیل سمیت عناصر، شوری، خشکی و سرمازدگی می‌شود، شناخته شده است. سیلیس با تحریک سیستم آنتی اکسیداتیو در گیاه، تشکیل کمپلکس با فلزات سنگین و انتقال فلزات سنگین به اندام‌هایی نظیر واکوئل سلول‌های گیاهی، باعث کاهش اثرات تنش و سمیت فلزات سنگین در گیاهان می‌شود (لیانگ و همکاران، ۲۰۰۵). این

[1] Mono salicylic acid

کود توانسته اثرات سمی یون‌های آلومینیوم، آهن و منگنز را کاهش دهد (لیانگ و همکاران، ۱۹۹۶). هاتوری و همکاران (۲۰۰۸) اعلام نمودند که مصرف سیلیس باعث کاهش غلظت Co_2 فضای بین سلولی برگ در نشاهای خیار تحت تنش اسمزی گردید و چنین نتیجه‌گیری کردند که سیلیس باعث کاهش آسیب به بافت‌های مزوفیل برگ در تحت شرایط تنش شده و بدین طریق سیلیس از کاهش فتوسنتز در شرایط تنش جلوگیری نمود. موریلو آمادور و همکاران (۲۰۰۶) دریافتند که با ته‌نشین شدن سیلیس در دیواره سلولی آوند چوبی از فرو ریختن آوندها در شرایط تعرق زیاد جلوگیری کرده و با استحکام ساقه موجب کاهش ورس بوته می‌شود. نتایج مربوط به آزمایش‌های انجام شده توسط فلاح (۲۰۰۰) نیز نشان داده است که تیمارهای سیلیس تاثیر خاصی را بر کلروفیل برگ نمی‌گذارد.

به نظر می‌رسد اثرات مفید سیلیس تحت شرایط مطلوب چندان چشمگیر نبوده و تنها زمانی که گیاهان در معرض شرایط تنش قرار می‌گیرند، اثرات سودمند سیلیس مشاهده می‌شود (لوین و ریمن، ۱۹۹۶؛ اپستین، ۱۹۹۴؛ ایوازاکی و همکاران، ۲۰۰۰). این عنصر سبب استحکام غشای سلولی گیاه و کاهش نفوذپذیری غیر انتخابی در گیاه می‌شود (محقق و همکاران، ۱۳۸۸). اپستین و همکاران (۱۹۹۴) و اپستین (۲۰۰۹) دریافتند که افزایش سیلیس نه تنها اثرات سودمندی بر رشد بسیاری از گیاهان دارد بلکه بر مقاومت در برابر تنش‌های زیستی (بیماری و آفات) و غیرزیستی (شوری و فلزات سنگین) نیز تاثیر می‌گذارد. مریل (۲۰۰۵) نیز اعلام کرد، سیلیس به عنوان یک عنصر مفید برای گیاهان شناخته شده است که موجب، افزایش مقاومت گیاهان به آفات می‌شود. یکی از نقش‌های سیلیس در افزایش مقاومت گیاهان در برابر آفات و بیماری‌ها، استحکام سلول‌های اپیدرمی در مقابل نفوذ هیف قارچ می باشد (خوشگفتارمنش، ۱۳۸۶). سیلیس تکمیلی به طور وسیع در کشورهای چین، ژاپن و کره در تولید برنج و نیشکر و در اروپا برای تولید محصولات گلخانه‌ای استفاده می‌شود (کاتو و اوا، ۱۹۹۰).

از نظر تغذیه گیاهان، سیلیس عنصری ضروری برای گیاهان محسوب نمی‌گردد، اما گیاه برنج به عنوان جمع کننده سیلیس شناخته می‌شود (تاکاهاشی و همکاران، ۱۹۹۰). وینسلو و همکاران (۱۹۹۷) با مقایسه غلظت سیلیس در منابع آبی مختلف برای شالیزارها، یکی از علل کمبود سیلیس در شالیزارها را عرضه کم این عنصر توسط آب آبیاری می‌دانند. وینسلو (۱۹۹۲) پس از بررسی سازگاری ژنوتیپ‌های مختلف برنج در خاک‌های با شرایط آپلند و کمبود سیلیس نتیجه گرفت، ارقام ایندیکا در مقایسه با ارقام ژاپونیکا حساسیت بیشتری نسبت به کمبود سیلیس نشان می‌دهند. دوبرمن و فیرهرست (۲۰۰۰) حد بحرانی سیلیس قابل جذب برای گیاه برنج، عصاره‌گیری شده با استفاده از محلول بافر استات سدیم مولار را ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اعلام نمودند. به جهت نیاز بالای گیاه برنج به سیلیس باید این گیاه به خوبی با منابع سیلیس در ارتباط باشد (تاکاهاشی و همکارن، ۱۹۹۰). جذب سیلیس توسط گیاه تحت تاثیر چندین عامل همانند خاک، کیفیت آبیاری، مقدار کود، فصل و محیط کشت برنج قرار می‌گیرد (یوشیدا، ۱۹۷۸). کاربرد این عنصر برای افزایش مقاومت به خشکی برنج مفید است و باعث بالا بردن کارایی فتوشیمیایی و تنظیم جذب مواد معدنی در گیاه برنج می‌شود (چن و همکاران، ۲۰۱۰). مصرف سیلیس (۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) در گیاه برنج، میزان کربوهیدرات‌ها را در برگ ۷٪، ساقه ۱۱٪ و دانه ۶٪ افزایش داده است (کاتو و اوا، ۱۹۹۰). این عنصر قدرت اکسیداسیون ریشه‌های برنج را افزایش داده، خسارت‌های ایجاد شده به وسیله استرس‌های اقلیمی همانند طوفان و خسارت سرمای تابستان در برنج، خسارت یخزدگی در نیشکر را کاهش داده و مقاومت به استرس یخزدگی در تعدادی از گیاهان را افزایش داده است (ساوانت و همکاران، ۱۹۹۷).

۲-۳- وضعیت سیلیس در خاک

در بعضی از خاک‌های شالیزاری نظیر خاک‌های شالیزاری قدیمی و تخریب یافته در اقلیم نیم حاره‌ای و گرم، خاک‌های آلی با ذخیره ناچیز سیلیس معدنی و خاک‌های به شدت هوادیده و آبشویی یافته‌ی نواحی حاره‌ای احتمال کمبود سیلیس وجود دارد (دوبرمن و فیرهرست، ۲۰۰۰). در مناطق

حاره‌ای و مرطوب به دلیل بالا بودن هوادیدگی، قسمت عمده سیلیس از خاک‌ها شسته شده و موجب تشکیل خاک‌های سرشار از اکسیدهای آهن و آلومینیوم با سیلیس کم می‌شود (ساوانت و همکاران، ۱۹۹۷). با وجود بالا بودن مقدار سیلیس اکثر خاک‌ها، کشت متوالی محصولات مختلف زراعی موجب کاهش سطح سیلیس قابل استفاده گیاه می‌شود.

۲-۴- منابع سیلیس

خاک‌های کشاورزی از کانی‌های سیلیسی فراوانی برخوردار هستند ولی مقادیر زیادی از سیلیس این خاک‌ها به طور طبیعی برای جذب گیاه، غیر قابل استفاده می‌باشد (مایاک و تاکاهاشی، ۱۹۸۵). منابع سیلیس مورد استفاده عبارتند از ولاستونیت[۱] که شامل متاسیلیکات کلسیم[۲] (۲۴ درصد سیلیس و ۳۴/۵ درصد کلسیم) می‌باشد، همچنین انواع مختلفی از ترکیبات آهن‌دار، دی سیلیکات کلسیم[۳]، مونو سیلیکات کلسیم[۴]، سیلیکات پتاسیم[۵] و برخی منابع دیگر جز منابع سیلیسی می‌باشند، البته کودهای سیلیسی جدیدی برای رشد گیاهان شناخته شده‌اند (لیانگ و همکاران، ۱۹۹۴). اکبرحسینب و همکاران (۲۰۰۱) دریافتند، پودر سبوس برنج می‌تواند به جای کود سیلیس معدنی استفاده شود، مشروط بر اینکه سیستم بازیافت سیلیس در زراعت برنج انجام شدنی باشد. در آزمایشی که توسط پاداشت دهکایی (۱۳۷۸) انجام شد، سرباره کوره‌های ذوب آهن که دارای ۳۴ درصد Sio_2 است به عنوان منبع سیلیس به کار رفت، نتایج آزمایش نشان داد که تیمار ۹۰۰ کیلوگرم در هکتار از این منبع سیلیسی سبب افزایش تعداد سلول‌های سیلیسی شده در برگ پرچم شد که در مقایسه با شاهد

[1] Wollastonite

[2] $CaSio_3$

[3] Dye calcium silicate

[4] Mono calcium silicate

[5] Potassium silicate

در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری داشت. خاک‌های ناشی از خاکسترهای آتشفشانی، مقدار سیلیس محلول بالایی دارند و منبع مناسبی برای تامین سیلیس می‌باشند (همیشگی و بابا اکبری، ۱۳۸۷).

۲-۵- علایم کمبود سیلیس

کمبود سیلیس موجب کاهش شدید رشد رویشی و تولید دانه شده و نشانه‌های کمبود، مانند بافت‌مردگی برگ‌های بالغ و پلاسیدگی گیاهان در آن نمایان می‌شود (یوشیدا و همکاران، ۱۹۶۹). در برخی گیاهان کمبود سیلیس سبب پلاسیدگی و بدشکل شدن برگ‌ها می‌گردد، گرده افشانی به هم خورده و دانه تشکیل نمی‌شود (تاکاهاشی و مایاک، ۱۹۷۷). علائم کمبود در گیاه برنج به این صورت است که برگ‌های تحتانی گیاه زرد، یا قهوه ای و نکروزه شده، پنجه ها سست می‌گردد، رشد گیاه کند شده، برگ‌ها خمیده می‌شوند و پانیکول‌ها کوچک‌تر شده که با افزایش نازایی همراه است (برگمن، ۱۹۹۲). از اثرات دیگر کمبود سیلیس، خشک شدن گیاه می‌باشد، زیرا در شرایط کمبود، تعرق افزایش می‌یابد و در برخی از گیاهان، مانند گندمیان و غلات نقاط سوخته‌ای روی برگ مشاهده می‌شود، که به علت مسمومیت ناشی از آهن و منگنز است، این عناصر معدنی در قسمت‌های هوایی گیاه که غلظت سیلیس در آن‌ها کم است، تجمع می‌یابند (ولامیز و ویلیامز، ۱۹۶۷).

۲-۶- برنج

۲-۶-۱- گیاه‌شناسی برنج

برنج گیاهی یکساله از رده تک لپه‌یها، متعلق به راسته *Glumflorea*، تیره *Geraminea*، زیر تیره *Oryzoideae* و جنس *Oryza* می‌باشد و گونه زراعی آن *Oryza sativa* است که از کاشت تا برداشت به ۸۰ تا ۲۷۰ روز زمان نیاز دارد. این گیاه مخصوص مناطق گرمسیری است که معمولا در آب به عمل می‌آید و تا رسیدن حدود ۸ تا ۲۰ هزار متر مکعب آب در هکتار احتیاج دارد (قائمی، ۱۳۶۸). این گیاه در دمای کم تر از ۱۲ درجه سانتی‌گراد جوانه نمی‌زند و در دمای ۱۳ تا ۱۵ درجه سانتی

گراد می‌تواند رشد نماید. مناسب‌ترین درجه حرارت برای رشد برنج ۲۵ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد است (عبدالهی مبرهی، ۱۳۷۶). برنج در گروه گیاهان C_3 قرار می‌گیرد، که فتوسنتز در آن توسط رنگدانه-های موجود در بخش مزوفیل برگ انجام می‌گیرد. برنج گیاهی است که دارای ارقام زودرس (طول دوره رشد ۱۳۰ تا ۱۴۵ روز)، متوسطرس (۱۵۰ تا ۱۶۰ روز) و ارقام دیررس (۱۷۰ تا ۱۸۰ روز) می-باشد (اخوت و وکیلی، ۱۳۷۶). ریشه برنج افشان بوده و بیشتر در لایه‌های فوقانی خاک، در عمق ۲۵-۲۰ سانتی‌متر رشد می‌کند (خدابنده، ۱۳۷۲). در زمان باز شدن گل‌ها و به خوشه رفتن برنج، رشد ریشه حداکثر مقدار خود را دارد (اخوت و وکیلی، ۱۳۷۶). تعداد برگ‌ها در ارقام مختلف برنج متفاوت است، در ارقام زودرس ۱۴ تا ۱۵ برگ، در ارقام متوسطرس ۱۶ تا ۱۷ برگ و در ارقام دیررس تعداد برگ‌ها ۱۸ تا ۱۹ برگ روی هر ساقه می‌باشد (اخوت و وکیلی، ۱۳۷۶).

۲-۶-۲- اهمیت برنج و برخی از مصارف آن

برنج (*Oryza sativa*) یکی از مهترین غلات جهان است که منحصراً به منظور مصرف انسان کشت می‌شود. برنج، یک ماده غذایی بسیار ارزشمند است و در عین حال مهمترین محصول غله در کشورهای در حال توسعه و غذای اصلی بیش از نصف جمعیت جهان بوده، به طوری‌که گندم و برنج جمعاً حدود ۴۰ درصد انرژی مصرفی انسان را تشکیل می‌دهند (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۰). حدود ۹۵ درصد از محصول برنج در کشورهای در حال توسعه و ۹۲ درصد آن در آسیا تولید می‌شود. سطح زیر کشت برنج در دنیا ۱۵۳/۳ میلیون هکتار و در ایران ۵۶۰ هزار هکتار است. عملکرد دانه برنج در جهان ۵۸۸/۵ میلیون تن با متوسط ۳/۳ تن شلتوک در هکتار و در ایران ۳/۳ میلیون تن با متوسط ۵/۸ تن شلتوک در هکتار می‌باشد (فائو، ۲۰۰۷).

دانه برنج که در تغذیه انسان مورد استفاده قرار می‌گیرد دارای ۷/۷ درصد پروتئین، ۷۵/۲ درصد مواد غیر نیتروژن، ۰/۴ درصد چربی، ۲/۲ درصد سلولز، ۰/۵ درصد خاکستر و برخی ترکیبات دیگر می‌باشد و از نظر ارزش غذایی و میزان کالری تولیدی، به اکثر مواد غذایی مورد مصرف انسان برتری

دارد و ضریب هضم مواد آلی دانه بدون پوسته در حدود ۹۲ درصد و ضریب هضم پروتئین آن در حدود ۸۶ درصد می‌باشد (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۰)، همچنین با توجه به اینکه برنج در بین کلیه محصولات زراعی بالاترین ارزش ناخالصی را داراست و درآمد بیشتری نسبت به سایر محصولات دارد لذا کشاورزان به زراعت این محصول روی می‌آورند (اخوت و وکیلی، ۱۳۷۶).

با توجه به افزایش رشد جمعیت جهان و اهمیت خاص برنج در تغذیه بشر، لزوم توجه به میزان افزایش عملکرد این گیاه امری اجتناب‌ناپذیر است. تخمین زده شده است که تا سال ۲۰۵۰ تولید برنج باید بالغ بر ۵۰ درصد افزایش یابد که این افزایش تولید نیازمند اعمال مدیریت‌های صحیح زراعی است که علاوه بر افزایش عملکرد، باعث حفظ سلامت خاک و محیط زیست شود.

۲-۶-۳- نیازهای کودی برنج

یکی از شرایط و عوامل اصلی موفقیت در تولید محصولی که دارای کیفیت و کمیت مناسبی باشد، کاشت برنج در زمینی است که قوی و از نظر مواد غذایی غنی و کافی باشد. برای تقویت زمین برنج بهترین کار آن است که همه ساله زمین را با کاشت گیاهان سبز مانند شبدر تقویت نمایند. از طرف دیگر با در نظر گرفتن بافت خاک، استفاده از کودهای دامی برای شالیزار ضروری است به طوری که در زمین‌های فقیر و شنی مقدار کود دامی مورد نیاز ۱۵ تا ۲۰ تن و در زمین‌های هوموسی رسی و یا لیمونی که از نظر مواد غذایی قوی باشند، مقدار ۸ تا ۱۰ تن کود دامی در هر هکتار لازم است. کود دامی کاملا پوسیده و فاقد بذر علف هرز را بهتر است در مرحله شخم اول در زمین پخش نموده و زیر خاک کرد (خدابنده، ۱۳۸۴).

علاوه بر استفاده از کودهای سبز و دامی، استعمال کودهای شیمیایی سه گانه: ازت، فسفر و پتاس برای رشد و نمو این گیاه ضروری است.

ازت: وجود ازت در شالیزار موجب سرعت رشد، سهولت تنفس گیاه، شادابی رنگ بوته‌ها و پرپشتی آنها و افزایش مقدار پروتئین می‌شود، لکن استعمال بیش از حد آن، مقدار محصول را کم کرده و ایجاد ورس خواهد نمود. از طرفی چون دوام ازت در خاک به مراتب کمتر از فسفر و پتاس است و خیلی زود از دسترس گیاه خارج می‌شود، بنابراین می‌باید هنگامی به زمین اضافه شود که گیاه به آن احتیاج داشته و بتواند به خوبی از آن استفاده نماید، مواد ازته تا هنگام ظهور پانیکول، مورد نیاز بوده و از آن زمان به بعد گیاه احتیاجی به آن ندارد و اگر از این مرحله به بعد ماده ازته به برنج داده شود، ورس ایجاد خواهد شد. آخرین مرحله استفاده از ازت معمولا حدود ۲۰ تا ۳۰ روز قبل از ظهور پانیکول است و این کود، که حدود یک ماه قبل از تشکیل پانیکول به زمین اضافه می‌گردد، به صورت سرک می‌باشد. در موقع پخش کود سرک، آب در داخل کرت‌ها باید کاملا ساکن باشد تا با حرکت آب، کود (مواد غذایی مختلف) در داخل کرت‌ها جابجا نشده و از زمین خارج نگردد و گیاهان به طور یکسان از کلیه مواد بویژه کود ازت استفاده نمایند. مقدار ازت مورد نیاز بستگی به جنس خاک، شرایط کشت، رقم، شرایط جوی، مقدار آب، مقدار محصول و سایر عوامل محیطی و زراعتی دارد. به طور کلی در خاک‌های رسی ۸۰ تا ۱۰۰ واحد و در خاک‌های لیمونی و لیمونی شنی ۱۰۰ تا ۱۳۰ واحد و در خاک‌های شنی ۱۲۰ تا ۱۵۰ واحد ازت لازم است، مصرف گردد. بهترین و مناسب‌ترین کود ازت برای مزارع برنج اوره می‌باشد (خدابنده، ۱۳۸۴).

فسفر: اسید فسفریک ماده‌ای است که تولید ریشه‌های قوی و گسترده و ساقه‌های قوی و ضخیم می‌کند و در نتیجه در تشکیل و پرحجم شدن دانه‌ها و افزایش مقدار محصول موثر بوده و سبب زودرسی نیز خواهد شد. بهترین کود فسفر برای برنج، سوپر فسفات تریپل و یا فسفات آمونیوم می-باشد که با در نظر گرفتن شرایط و عوامل مختلف مقدار ۸۰ تا ۱۵۰ واحد، لازم است به خاک شالیزار اضافه شود (خدابنده، ۱۳۸۴).

پتاس: این کود برای استحکام گیاه موثر است و سبب می‌شود که در اثر وجود این ماده، برنج از سایر مواد مخصوصا ازت بهتر و بیشتر استفاده نماید. پتاس موجب تسهیل انتقال نشاسته از برگ‌ها به دانه‌ها گردیده و مقاومت نبات را در برابر بیماری‌ها افزایش می‌دهد. وجود کودهای فسفر و پتاس با هم در شالیزار، مقاومت برنج را در مقابل ورس زیاد می‌نماید. مقدار پتاس لازم برای شالیزار بستگی به مقدار این ماده در خاک داشته و از ۶۰ تا ۱۰۰ واحد تغییر می‌نماید. فسفر و پتاس را بهتر است در زمان شخم پاییزه به زمین داد و کاملا با خاک مخلوط نمود. بهترین و موثرترین کودهای پتاسی که می‌توان در مزارع برنج در صورت نیاز، استفاده نمود، سولفات دو پتاس است که دارای ۵۰ درصد پتاس می‌باشد. به طور کلی مقدار و طرز استفاده از کودهای شیمیایی در شالیزارهای شمال ایران بویژه گیلان به قرار زیر می‌باشد: فسفات آمونیوم مورد مصرف در هر هکتار برابر ۱۰۰ کیلوگرم است که همراه با آخرین شخم به زمین اضافه می‌گردد. کود ازت مورد مصرف اوره می‌باشد و مقدار مصرف آن در هکتار ۱۰۰ کیلوگرم است که مقداری از آن را قبل از آخرین شخم و یا قبل از ماله کشی با خاک مخلوط کرده و بقیه را قبل از وجین دوم و یا یک هفته پس از مرحله تولید پنجه به زمین اصلی می-باید اضافه نمود (خدابنده، ۱۳۸۴).

۲-۷- میزان جذب عنصر سیلیس در گیاه

سیلیس جزء عناصر غذایی مفید است و مقدار آن در بافت‌های گیاهی به مکانیسم‌های جذب و انتقال آن به وسیله گیاه وابسته است (هیت و استامپ، ۱۹۸۶). راوین (۱۹۸۳) اظهار داشت که گیاهان از لحاظ نیاز به سیلیس به دو گروه متفاوت تقسیم می‌شوند، گروه اول دولپه‌ای‌ها و بسیاری از تک‌لپه‌ای‌ها هستند که به سیلیس به عنوان یک عنصر ضروری نیاز ندارند، در حالی که گروه دوم شامل گندمیان و دم اسبیان به سیلیس به عنوان یک عنصر پرمصرف نیاز دارند. اولین تفاوت اساسی این دو گروه گیاهان، در ترکیب دیواره سلولی آن‌هاست که در گروه اول که نوع یک دیواره نامیده می-شوند، دیواره سرشار از ترکیبات پکتینی و پروتئین بوده که جایگاه‌های زیادی با بار منفی را برای

پیوند با کلسیم ایجاد می‌کند. در گروه دوم یعنی نوع دو دیواره، میزان ترکیبات پکتینی و پروتئین کم است، ولی ترکیبات فنلی زیادی دارد (بوکانان و همکاران، ۲۰۰۰). تصور می‌شود سیلیس با ایجاد کمپلکس‌های پیچیده با ترکیبات دیواره‌ای گندمیان که دارای دیواره نوع دو هستند، در استحکام و اندازه منافذ دیواره و نیز رشد قطری و طولی یاخته‌ها به ویژه آوند چوبی این گیاهان نقش اساسی داشته باشد.

اصولا گیاهان، سیلیس را به صورت اسید مونو سیلیسیلیک محلول در آب یا به صورت آنیون Si^{-4} جذب می‌کنند (ماتیچنکوف و کوزوبریوخوف، ۲۰۰۴). الواد و گرین (۱۹۷۹) نیز اظهار داشتند که جذب سیلیس در گیاهان به صورت منو سیلیسیلیک اسید و ارتوسیلیسیلیک اسید[1] (H_2Sio_4) می‌باشد و به وسیله انتشار و تاثیر فشار تعرقی ریشه از طریق جریان توده‌ای جذب می‌شود. پری و وینسلو (۱۹۷۷) و مارچنر (۱۹۹۵) اعلام کردند، توزیع این عنصر در شاخه و برگ‌ها و اندام‌های هوایی به وسیله میزان تعرق در اندام‌ها، تعیین می‌شود. هیت و استامپ (۱۹۸۶) اعلام کردند بسیاری از گیاهان قادر به جذب سیلیس بوده و مقدار جذب بر اساس نوع گونه گیاهی بین ۱۰-۰/۱ درصد زیست توده گیاهی متغیر می‌باشد. الاواد و گرین (۱۹۷۹) و اپستین (۱۹۹۱) نیز اظهار داشتند که گیاهان زیادی توانایی جذب این عنصر را دارند و بسته به گونه گیاهی، محتوی سیلیس تجمع یافته در بیوماس می‌تواند از دامنه ۱۰ تا بیشتر از ۱۰۰ گرم در کیلوگرم باشد. دوبرمن و فیرهرست (۱۹۹۷) نیز بیان کردند که حد بحرانی غلظت سیلیس در بافت های گیاهی ۵ درصد است. گیاهان تک‌لپه بیشتر از دولپه‌ای‌ها سیلیس را جذب نموده و گیاهان تک‌لپه سیلیس را تا ۱۵ درصد وزن خشک و دولپه‌ای‌ها این عنصر را کم‌تر از یک درصد وزن خشک تجمع می‌دهند (نیومن و نییدن، ۲۰۰۱). به طور کلی گیاهان دولپه، همانند سویا تجمع کننده سیلیس کم‌تری با میزان کمتر از یک گرم در کیلوگرم، گندم و نیشکر شامل حدود ۱۰ گرم در کیلوگرم و علف‌های آبزی، سیلیس بالای ۵۰ گرم بر کیلوگرم در بیوماس خود

[1] Orto salicylic acid

دارند (اپستین، ۱۹۹۱؛ جونز و هاندریک، ۱۹۶۷؛ رودریگز و همکاران، ۲۰۰۱). احمد و همکاران (۱۹۹۲) نیز اعلام کردند، سیلیس برای گیاهان تیره گندم، جگن و دم اسب به عنوان یک عنصر ضروری شناخته شده است، در حالی که این عنصر برای دولپه‌ای‌ها لازم نیست. در آزمایشی که توسط بهتاش و همکاران (۱۳۸۹) انجام شد، به این نتیجه رسیدند که کاربرد سیلیس در گیاه چغندر لبویی باعث افزایش معنی‌دار غلظت این عنصر در برگ و ریشه این گیاه گردید. در آزمایشی که توسط سیدلر فاطمی و همکاران (۱۳۸۸) روی گیاه توت‌فرنگی انجام شد، نتایج نشان داد که با افزایش غلظت سیلیس در محلول غذایی، غلظت آن در برگ نیز افزایش یافت.

گیاهان در استفاده از سیلیس به عنوان یک عنصر غذایی، متفاوت هستند و در این میان غلات، مخصوصا برنج به طور طبیعی چندین برابر بقولات و سایر دو لپه‌ای‌ها سیلیس جذب می‌نماید (حق-پرست و عزیزی، ۱۳۶۳؛ آرتور، ۱۹۸۹؛ ایسلام و ساها، ۱۹۶۹؛ تیسدیل و همکاران، ۱۹۸۵). غلظت این عنصر در گیاه برنج بیشتر از عناصری مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم است (یوشیدا، ۱۹۷۵). نیاز گیاه برنج به این عنصر در سال بین ۱۸۰۰-۱۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بر آورد گردیده است (حق‌پرست و عزیزی، ۱۳۶۳). در نتیجه انتظار می‌رود در خاک مناطقی که زراعت تک‌کشتی برنج مرسوم است، دیر یا زود از نظر این عنصر فقیر خواهند شد، محققین مشاهده نمودند که هرگاه مقدار سیلیس کاه برنج از ۱۰ درصد کمتر شود کمبود سیلیس در گیاه برنج ظاهر می‌گردد (حق‌پرست و عزیزی، ۱۳۶۳؛ جیمز و یوشیدا، ۱۹۷۰). در تحقیقی که توسط اکبرحسینب و همکاران (۱۹۹۷) روی گیاه برنج انجام شد، دو ماده پودر سبوس برنج و سبوس طبیعی برنج در یک خاک رسی- لومی حاصلخیز و یک خاک شنی- لومی غیر حاصلخیز، با یا بدون یک تجزیه‌کننده زنده، مخلوط شدند، نتایج نشان داد که اثر پودر سبوس برنج و سبوس طبیعی برنج روی محتوی سیلیس گیاهان به طور معنی‌داری به واسطه افزایش تجزیه‌کنندگان بالا رفت. شهدی‌کومله (۱۳۷۹) با بررسی تاثیر سیلیس در گیاه برنج دریافت که کاربرد این عنصر در غلظت سیلیس در بافت گیاه و جذب آن در سطح یک درصد اثر معنی‌دار دارد. در آزمایشی که توسط شهدی‌کومله و کاوسی (۱۳۸۳) روی گیاه برنج انجام شد، دریافتند که

سطوح مصرف سیلیس بر غلظت این عنصر و جذب آن در این گیاه، تاثیر معنی‌داری در سطح یک درصد داشته است. تانکا و پارک (۱۹۶۶) نیز اعلام کردند، مصرف این عنصر در گیاه برنج سبب افزایش غلظت این عنصر در برنج می‌شود. در آزمایشی که توسط پاداشت‌دهکایی (۱۳۷۸) انجام شد، دریافت که تیمار ۹۰۰ کیلوگرم در هکتار Sio_2 34% از منبع سرباره کوره‌های ذوب‌آهن سبب افزایش تعداد سلول‌های سیلیسی شده در برگ پرچم در سال دوم شد و در مقایسه با شاهد در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری داشت. یوشیدا و همکاران (۱۹۶۹) دریافتند، ترکیب سیلیس در آوند چوبی برنج معمولا چندین برابر بیشتر از محلول خاک است که ممکن است نشانگر جذب سیلیس به صورت متابولیکی مشتق باشد. در آزمایشی که توسط ساوانت و همکاران (۱۹۹۷) انجام شد، دریافتند که محصول زراعی برنج با عملکرد دانه ۵ تن در هکتار ۲۳۰ الی ۴۷۰ کیلوگرم در هکتار سیلیس از خاک برداشت می‌کند. فلاح (۱۳۸۲) نیز اعلام کرد برای تولید ۱۰۰ کیلوگرم شلتوک، نیاز به ۲۰ کیلوگرم Sio_2 است که توسط گیاه برنج جذب می‌شود. ما و تاکاهاشی (۲۰۰۲) دریافتند که تجمع سیلیس در جوانه‌ها به طور قابل توجهی در بین گونه‌های مختلف گیاهی متفاوت است، همچنین آن‌ها اعلام کردند، برنج یک گیاه شاخص در تجمع سیلیس می‌باشد و تجمع سیلیس در برنج ممکن است متجاوز از ۱۰ درصد وزن خشک شاخساره باشد. جاگداسینگ (۲۰۰۷) اعلام کرد که پوسته برنج حاوی ۱۱۰ میلی‌گرم بر گرم سیلیس است.

۲-۸- زمان مصرف سیلیس در برنج کاری

گزارشات یوشیدا (۱۹۷۵)، در ارتباط با شیمی سیلیس حاکی از آن است که به طور کلی این عنصر در گیاه برنج خیلی متحرک نیست، بنابراین احتمالا مصرف این عنصر در تمام مراحل رشد، به خصوص برای حصول عملکرد و سلامتی گیاه برنج مورد نیاز خواهد بود، اگرچه حدود دو سوم سیلیس گیاه توسط برنج پس از مرحله پنجه زنی (کاتو و اوا، ۱۹۹۰) و یا پس از طویل شدن ساقه (چن، ۱۹۹۰) جذب می‌شود. برگمن (۱۹۹۲) نیز اعلام کرد، جذب سیلیس از مرحله نشاکاری شروع می‌شود

و تا مرحله گل‌دهی ادامه می‌یابد. در خاک‌های دارای کمبود سیلیس، ۱/۵ تا ۲ تن در هکتار خاکستر سیلیس برای برنج کافی است، همچنین مصرف سطحی خاکستر به صورت پایه در مقایسه با مخلوط کردن آن با خاک خیلی موثرتر می‌باشد، سرک‌دهی هنگام پنجه‌زنی فعال نیز مانند مصرف به صورت پایه تاثیرگذار است، به طور کلی گیاه برنج به ازای ۱۰ تن عملکرد در هکتار، ممکن است بیش از یک تن سیلیس در هکتار جذب نماید (همیشگی و بابا اکبری، ۱۳۸۷).

۲-۹- اثر سیلیس روی خصوصیات مورفولوژیکی گیاهان زراعی

۲-۹-۱- تعداد پنجه

محققان دریافتند که با مصرف سیلیس پنجه‌دهی گیاه تقویت شده و روند افزایشی پیدا می‌کند (آگاری و همکاران، ۱۹۹۳؛ ماتسئو و همکاران، ۱۹۹۵). در تحقیقی که توسط مارچنر (۱۹۹۵) انجام شد، دریافتند که کمبود عنصر سیلیس در گیاه برنج باعث کاهش شدید رشد رویشی می‌گردد. در تحقیقی که اکبرحسینب و همکاران (۲۰۰۱) روی گیاه برنج انجام دادند دریافتند که کاربرد سبوس برنج به عنوان یک منبع کود سیلیسی، اثرات ناچیزی روی گیاهان آلی دارد، اما اندکی باعث افزایش تعداد پنجه در هر گلدان می‌شود. محققان دریافتند با افزایش غلظت سیلیس در محلول غذایی پنجه-دهی گیاه برنج افزایش می‌یابد (اسنایدر و همکاران، ۱۹۸۶؛ فلاح، ۲۰۰۰). یوشیدا (۱۹۸۱) بیان داشت، گیاه برنج در غلظت سیلیس بافت برگ کم‌تر از ۱۱ درصد نسبت به دادن کودهای سیلیسی عکس‌العمل نشان می‌دهد و دادن کودهای سیلیسی باعث افزایش پنجه می‌شود. سوزوکی و همکاران (۲۰۰۲) نیز نشان دادند که تعداد پنجه برنج در متر مربع، تحت تاثیر رقابت با علف هرز سوروف کاهش معنی‌داری نشان داده، لذا استفاده از کود سیلیس از طریق افزایش تعداد پنجه می‌تواند اثرات منفی علف‌های هرز را در کاهش تعداد پنجه برنج کم کرده و در نهایت سبب افزایش عملکرد شود.

۲-۹-۲- برافراشتگی برگ‌ها

یک نقش مهم سیلیس شکل دادن و به هم پیوستن پیرامونی میان لیگنین و کربوهیدرات‌ها از طریق مشارکت اسیدهای فنولیک و یا حلقه‌های آروماتیکی است که باعث استحکام مکانیکی لایه‌ها، راست قامتی برگ‌ها و پایداری آن‌ها می‌شود (ایناناگا و همکاران، ۱۹۹۵). سیلیس به دلیل افزایش مقاومت مکانیکی، حالت عمودی را به برگ و ساقه می‌دهد، که موجب می‌گردد نفوذ نور به داخل سایه‌انداز بوته‌ها افزایش یابد، لذا گیاه می‌تواند فتوسنتز بیشتری انجام داده و امکان کاشت برنج در تراکم‌های بالاتر فراهم می‌گردد. سلیم (۱۹۹۲) و یوشیدا و همکاران (۱۹۸۹) اعلام کردند، تاثیر سیلیس بر افزایش طول برگ و قدرت استحکام آن، موجب عمود شدن برگ‌ها می‌شود. سیلیس ضخامت و ایستادگی برگ‌های برنج (یوشیدا و همکاران، ۱۹۶۹) و سفتی برگ‌های گندم و جو (رافی و همکاران، ۱۹۹۷) را افزایش می‌دهد. باید توجه داشت که اثر اصلاحی سیلیس بر عمود بودن برگ، زمانی مفید خواهد بود که گیاه در تراکم بالا کشت شده است و محدودیت نور برای فتوسنتز وجود دارد (روسات و همکاران، ۲۰۰۱؛ سلیم، ۱۹۹۲).

برگ‌ها و ساقه‌های گیاهان کشت شده در حضور سیلیس مخصوصا برنج، یک رشد مستقیمی را نشان می‌دهد که در نتیجه توزیع نور داخل کانوپی به طور وسیع بهبود می‌یابد (اپستین، ۱۹۹۱؛ ساوانت و همکاران،۱۹۹۷). الاواد و همکاران (۱۹۸۲) و سلیم و ساکسنا (۱۹۹۲) دریافتند، کمبود سیلیس در گیاه برنج موجب افتادگی برگ‌ها شده، اما در گیاهانی که در سطح زیاد سیلیس رشد کرده‌اند برگ‌ها حالت عمودی‌تری داشته‌اند.

۲-۹-۳- سطح برگ

کاربرد سیلیس باعث افزایش سطح برگ گیاه می‌شود (کایا و همکاران، ۲۰۰۶). در آزمایشی که توسط سیدلرفاطمی و همکاران (۱۳۸۸) انجام شد، به این نتیجه رسیدند که وجود سیلیس در محلول

غذایی گیاه توت‌فرنگی، سطح برگ آن را به طور معنی‌داری افزایش داد. پیوست و همکاران (۱۳۸۷) دریافتند که، تیمار سیلیس باعث افزایش سطح برگ در گیاه کاهوپیچ می‌شود. بر اساس یافته‌های داتنوف و همکاران (۱۹۹۱)، با افزایش میزان سیلیس در گیاه، مقدار برگ افزایش می‌یابد. بهتاش و همکاران (۱۳۸۹) دریافتند، کاربرد سیلیس باعث افزایش معنی‌دار سطح برگ در گیاه چغندر لبویی می‌شود. آگاری و همکاران (۱۹۹۳) نیز به این نتیجه دست یافتند که، سیلیس سبب افزایش تعداد برگ در گیاه برنج می‌شود.

۲-۹-۴- ارتفاع بوته

بسیاری از محققان در آزمایشاتی که انجام دادند، به این نتیجه دست یافتند که مصرف کودهای سیلیسی سبب افزایش ارتفاع گیاه می‌شود (سیندر و همکاران، ۱۹۸۶؛ ما و همکاران، ۱۹۸۹؛ الاواد و همکاران، ۱۹۸۲). در تحقیقی که توسط الاواد و همکاران (۱۹۸۵) انجام شد، نشان داد که مصرف سیلیکات‌های قابل حل در آب باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه در مزارع نیشکر شد. کاربرد سیلیس در گیاه گلرنگ نیز موجب افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه می‌شود (گلچین و عزیزآبادی، ۱۳۹۰). افزودن سیلیس در افزایش ارتفاع گیاه برنج نیز موثر می‌باشد (آگاری و همکاران، ۱۹۹۳). ماتو و همکاران (۱۹۸۶) دریافتند که استفاده از عنصر سیلیس باعث افزایش رشد ساقه برنج تحت تنش می‌شود. طی آزمایشی که توسط دستان و همکاران (۱۳۹۰) روی برنج (رقم طارم‌هاشمی) انجام شد، مشخص گردید که با مصرف سیلیس تا ۷۵۰ کیلوگرم در هکتار ارتفاع گیاه در مقایسه با تیمار شاهد به نسبت ۱۴/۳ درصد افزایش یافت. اسنایدر و همکاران (۱۹۸۶) نیز نتیجه گرفتند، خاکستر سیلیکات کلسیم ارتفاع گیاه برنج را افزایش می‌دهد.

۲-۹-۵- وزن خشک

یافته‌های بسیاری از محققان نشان داده است که سیلیس باعث افزایش ماده خشک در گیاهان می‌شود (آگاری و همکاران، ۱۹۹۳). بر اساس آزمایش‌های انجام شده، با اضافه شدن سیلیس در مرحله زایشی، ماده خشک به نسبت ۲۴/۳ درصد افزایش می‌یابد (ما و تاکاهاشی، ۱۹۹۳). وانگ و ایهانگ (۲۰۰۳) گزارش کردند که سیلیس باعث افزایش رشد گندم شده و از این طریق گندم تیمار شده با سیلیس ماده خشک بیشتری در مقایسه با گندم تیمار نشده تولید می‌کند. بندانی و عبدل‌زاده (۱۳۸۶) دریافتند که، تغذیه گیاه پوکسینلیا دیستنس[1] با سیلیس سبب افزایش وزن خشک برگ و گیاه گردید. در آزمایشی که توسط پیوست و همکاران (۱۳۸۷) روی گیاه کاهوپیچ انجام شد، نتایج آزمایش نشان داد، گیاهانی که تحت تیمار سیلیس بودند بیشترین وزن خشک برگ و گیاه را داشتند. نتایج تحقیقات نشان داده مصرف کودهای سیلیسی باعث افزایش وزن خشک ساقه و برگ در گیاه نیشکر (الاواد وهمکاران، ۱۹۸۲)، خیار (میکا و تاکاهاشی، ۱۹۸۳؛ محقق و همکاران، ۱۳۸۸)، توت-فرنگی (میکا و تاکاهاشی، ۱۹۸۶) و سویا (میکا و تاکاهاشی، ۱۹۸۵) شده است. در آزمایشی که بهتاش و همکاران (۱۳۸۹) انجام دادند، دریافتند که کاربرد سیلیس در گیاه چغندر لبویی سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک می‌شود. تانکا و پارک (۱۹۶۶) و الاواد و همکاران (۱۹۸۲) دریافتند که سیلیس سبب افزایش تجمع ماده خشک در گیاه برنج می‌شود. شهدی‌کومله (۱۳۷۹) و شهدی‌کومله و کاوسی (۱۳۸۰) نیز با بررسی تاثیر سیلیس در گیاه برنج نشان دادند که تاثیر کاربرد سیلیس بر وزن خشک گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار شده است.

[1] Puccinellia distans

۲-۱۰- اثر سیلیس بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان زراعی

۲-۱۰-۱- تعداد خوشه

کاربرد کودهای سیلیسی، باعث افزایش تعداد خوشه در گیاهان می‌شود (چائومینگ و همکاران ۱۹۹۹). ما و همکاران (۱۹۸۹) طی آزمایشی بیان کردند، مصرف سیلیس اثر مثبتی بر تعداد خوشه-چه‌های هر پانیکول می‌گذارد. ما و تاکاهاشی (۱۹۹۳) نیز به این نتیجه دست یافتند که وجود سیلیس در گیاه، افزایش تعداد خورجین در بوته را به دنبال دارد. نصری و همکاران (۱۳۸۷) اعلام کردند که مصرف کودهای سیلیسی در گیاه کلزا باعث افزایش تعداد خورجین در بوته می‌شود.

۲-۱۰-۲- تعداد دانه

مصرف کودهای سیلیسی سبب افزایش کمیت دانه در گیاه می‌شود (آگاری و همکاران، ۱۹۹۳). به کار بردن سیلیس اثر مثبتی را روی تعداد خوشه‌چه‌های هر پانیکول داشته به نحوی که عدم وجود سیلیس باعث کاهش ۴۰ درصدی در دانه‌های خوشه‌چه‌های بارور و کاهش ۱۰ درصدی کل تعداد خوشه‌چه‌های پانیکول‌ها می‌گردد (ما و همکاران، ۱۹۸۹). در آزمایشی که توسط اکبرحسینب و همکاران (۲۰۰۱) انجام شد، به این نتیجه رسیدند که هر دو نوع مواد سیلیکاته آلی و معدنی تعداد دانه را در گیاه برنج افزایش دادند. ماتسئو و همکاران (۱۹۹۵) دریافتند که کمبود سیلیس باعث کاهش تعداد پانیکول‌ها و دانه‌ها شده و درصد رسیدگی را در غلات و به خصوص در برنج کاهش داده و در نتیجه باعث کاهش عملکرد می‌شود. داتنوف و همکاران (۲۰۰۱) نیز اعلام کردند، این کود موجب افزایش درصد خوشه‌چه‌های پر و عملکرد دانه برنج می‌شود.

۲-۱۰-۳- وزن هزار دانه

یافته‌های محققان نشان داد که سیلیس باعث افزایش وزن هزاردانه در گیاه می‌شود (آگاری و همکاران ۱۹۹۳؛ چائومینگ و همکاران ۱۹۹۹). افزایش عملکرد دانه با مصرف سیلیس در گیاهان

مختلف به خاطر افزایش وزن هزاردانه است، که این افزایش بیشتر به خاطر جایگزینی این عنصر در پالئا و لما بوده است (بالاسترا و همکاران، ۱۹۸۹). در آزمایشی که توسط نصری و همکاران (۱۳۸۷) انجام شد، دریافتند که مصرف کودهای سیلیسی در گیاه کلزا سبب افزایش وزن هزاردانه در این گیاه شده است.

۲-۱۰-۴- عملکرد

عنصر سیلیس اثرات مثبتی بر رشد و عملکرد گیاه دارد (الاواد و همکاران ۱۹۸۲؛ بالاسترا و همکاران ۱۹۸۹؛ لیانگ، ۱۹۹۹؛ ما، ۲۰۰۴؛ ما و تاکاهاشی ۲۰۰۲؛ بوون و همکاران، ۱۹۹۲ و گیلمن و همکاران، ۲۰۰۳). در بررسی‌های مقدماتی تصور نمی‌شود که میزان سیلیس تاثیری این چنین بر عملکرد دانه داشته باشد، این عنصر با سرعت بخشیدن به رشد رویشی، افزایش تولید ماده خشک و کاهش تعرق، باعث افزایش کیفیت دانه و در نهایت عملکرد اقتصادی می‌گردد (آگاری و همکاران، ۱۹۹۳).

وینسلو (۱۹۹۲) خاطرنشان کرد، مصرف سیلیس متوسط عملکرد را ۴۸ درصد افزایش داد. کمالی مقدم و همکاران (۱۳۸۳) با توجه به نتایج بدست آمده در آزمایشی چنین استنباط کردند که سیلیس موجب افزایش عملکرد دانه گندم می‌شود. در آزمایشی که الاواد و همکاران (۱۹۸۵) انجام دادند، دریافتند که مصرف کودهای سیلیسی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد نی و شکر در مزارع نیشکر واقع در فلوریدا شد. سیدلرفاطمی و همکاران (۱۳۸۸) دریافتند که استفاده از این عنصر در گیاه توت‌فرنگی باعث افزایش عملکرد آن می‌شود. در تحقیقی که توسط نصری و همکاران (۱۳۸۷) انجام شد دریافتند که مصرف کود سیلیسی سبب افزایش ۲۸/۹ درصدی عملکرد در گیاه کلزا شد. مصرف سیلیس در گیاه چغندرلبویی نیز باعث افزایش معنی‌دار عملکرد گیاه گردید (بهتاش و همکاران، ۱۳۸۹). لیانگ و همکاران (۲۰۰۵) اعلام کردند که مصرف سیلیس باعث افزایش عملکرد گیاه ذرت گردید. کاربرد کودهای سیلیسی عملکرد چندین گونه گیاهی شامل برنج، نیشکر، گندم و تعدادی گونه‌های دو لپه را

زیادتر کرده است (الاواد و گرین ،۱۹۷۹؛ اپستین، ۱۹۹۱؛ ساوانت و همکاران، ۱۹۹۷). ریشه‌های خیار نیز این عنصر را به صورت غیر فعال جذب کرده و این عنصر می‌تواند در خیار اثرات زیادی بر افزایش رشد و عملکرد داشته باشد (خوشگفتارمنش، ۱۳۸۶). محقق و همکاران (۱۳۸۸) نیز دریافتند که این عنصر سبب افزایش عملکرد در خیار می‌شود. کرایف و بلانگر (۱۹۹۲) دریافتند که کاربرد حدود ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیس به طور قابل ملاحظه‌ای عملکرد خیار را افزایش می‌دهد. فلاح (۲۰۰۰) بیان داشت که مصرف سیلیس در کشت هیدروپونیک باعث افزایش ۲۰ درصدی عملکرد نسبت به تیمار شاهد بوده است. واندروورم (۱۹۸۰) مشاهده نمود که با افزایش سیلیس به محیط کشت، عملکرد برنج، سویا، آفتابگردان، گندم و نیشکر افزایش یافته است. در نتیجه با توجه به نقش-های متعددی که سیلیس در گیاه دارد و استفاده از آن موجب افزایش کارایی تولید در واحد سطح می‌گردد، می‌توان از این طریق تراکم کاشت را تا حد مطلوب در سایر محصولات افزایش داد (نصری و همکاران، ۱۳۸۷).

در تحقیقات متعددی تاثیر این عنصر روی عملکرد برنج مورد بررسی قرار گرفته است. مارچنر (۱۹۹۵) دریافت که در بوته‌های برنج که در زمین‌های مرطوب رشد می‌کنند، کمبود سیلیس باعث کاهش تولید دانه و عملکرد گیاه می‌شود. سیلیس با بهبود وضعیت مرفولوژیکی و تغییر ترکیب شیمیایی گیاه برنج در افزایش عملکرد آن تاثیر بسزایی دارد (جیانفن و تاکاهاشی، ۱۹۹۰؛ جیمز و یوشیدا، ۱۹۷۰؛ یوشیدا و همکاران، ۱۹۶۲). در فلوریدا برنج در زمین‌های سرشار از مواد آلی کشت می‌شود که این امر منجر به کاهش میزان سیلیس در گیاه شده و مصرف سیلیس در این مزارع، ۳۰ درصد افزایش محصول را به دنبال داشت (اسنایدر و همکاران ، ۱۹۸۶). در آزمایشی که توسط ایناناگا و همکاران (۱۹۹۵) انجام شد، به این نتیجه رسیدند که سیلیس محصول برنج را افزایش داده و پتانسیل عملکرد را بالا می‌برد. لیانگ و همکاران (۱۹۹۴) گزارش کردند، افزودن کودهای سیلیسی به خاک‌های آهکی، عملکرد دانه برنج را ۲۰/۷ – ۴/۶ درصد و عملکرد دانه گندم را به میزان ۹/۳ – ۴/۱ درصد افزایش داد. با افزایش مقدار سیلیس در برگ و ساقه برنج، علاوه بر افزایش ۸ درصدی در رشد،

عملکرد برنج نیز ۵۶ تا ۸۸ درصد افزایش یافت (داتنوف و همکاران، ۱۹۹۱). کاوسی (۱۳۸۲) اعلام کرد، کاربرد سیلیس باعث افزایش عملکرد دانه برنج می‌شود که این افزایش عملکرد در سطح ۵ درصد معنی‌دار شده است. ژانگ و درر (۱۹۹۸) نیز نتیجه گرفتند که کودهای سیلیسی عملکرد ارقام برنج ادمون و لمون را به ترتیب ۴۰ و ۳۳ درصد افزایش می‌دهد. فلاح و همکارن (۲۰۰۴) در بررسی خود نشان دادند که مصرف سیلیس سبب افزایش عملکرد دانه برنج می‌شود.

۲-۱۱- کرم ساقه‌خوار برنج

۲-۱۱-۱- خصوصیات کرم ساقه‌خوار برنج

در میان تعداد زیادی از عوامل استرس‌زای زنده و غیرزنده که عملکرد برنج را تحت تاثیر قرار می‌دهند، آفات و امراض گیاهی جز مهم‌ترین آن‌ها هستند (هنریک، ۱۹۹۴؛ پتک، ۱۹۶۷). از جمله آفات برنج، کرم ساقه‌خوار (*Chilo suppresalis* Walker) است، که از آفات مهم برنج‌کاری‌های دنیا محسوب می‌شود. این آفت از خارج وارد ایران شده، به طوری که در سال ۱۳۵۱ برای نخستین بار از شمال کشور گزارش شده است (محمد زاده صوفی، ۱۳۷۶) و در حال حاضر مهم‌ترین آفت مزارع برنج در تمام نواحی شمال ایران می‌باشد (طبری و همکاران، ۱۳۸۵). آفت کرم ساقه‌خوار در استان‌های گیلان، مازندران و اصفهان دارای پراکندگی می‌باشد (حسینی و نیکنامی، ۱۳۸۰؛ مقدس و نصیری، ۱۳۷۴).

فعالیت این آفت به گونه‌ای است که اولین شفیره‌های حاصل از لاروهای زمستان‌گذران در اواخر فروردین و یا در اوایل اردیبهشت ماه تشکیل می‌شوند. شفیره بدون پیله بوده و در داخل ساقه‌ی برنج تشکیل می‌گردد. اولین شب‌پره‌های آفت در استان‌های شمالی کشور معمولاً در اواسط اردیبهشت ماه ظاهر می‌شوند و در دهه‌ی دوم خرداد به اوج خود می‌رسند (رضوانی و شاه‌حسینی، ۱۳۵۵؛ موسوی، ۱۳۵۸). مقاومت لاروهای کرم ساقه‌خوار برنج در مقابل غرقاب و سرمای زمستانی جالب توجه است،

بطوری که لاروها درون شیشه‌های پر از آب بین ۱۵ تا ۲۰ روز و در دمای ۱۴- درجه‌ی سانتی‌گراد ۲ تا ۳ ساعت زنده می‌مانند (کفر، ۱۹۹۳؛ میدگا و همکاران، ۲۰۰۵). لاروها اگرچه به سرما مقاومت خوبی دارند، اما نسبت به خشکی و تغییر دما حساسیت شدیدی داشته و تحت تأثیر این دو عامل تلفات زیادی به آنها وارد می‌شود (رضوانی و شاه‌حسینی، ۱۳۵۵؛ کویاما، ۱۹۷۷). به دلیل وجود بیوتیپ‌ها و ژنوتیپ‌های مختلف و اینکه مرحله‌ی خسارت‌زای کرم ساقه‌خوار برنج (مراحل مختلف لاروی) درون ساقه‌ی برنج است، لذا کنترل موفقیت‌آمیز آن معمولا تابع شرایط خاص و متعددی می‌باشد که در این رابطه بکارگیری روش‌های مختلف و کارآمد در قالب مدیریت تلفیقی آفات (IPM)[1] حائز اهمیت می‌باشد (هاریس، ۱۹۹۰؛ پتک و کان، ۱۹۹۴). مارش (۱۹۹۸) مدیریت تلفیقی آفات در محصول برنج را، در ساده‌ترین واژه‌ها یک حمله اکولوژیک مشتمل بر چندین تاکتیک بیولوژیک، شیمیایی و روش‌های کنترل زراعی به همراه کاربرد ارقام مقاوم به حشرات به منظور کنترل اقتصادی و مدیریت جمعیت آفات می‌داند. اما به هر حال یکی از روش‌های معمول برای کنترل آفت کرم ساقه‌خوار استفاده از آفت‌کش‌های موثر با اثرات جانبی کمتر می‌باشد (خسروشاهی و همکاران، ۱۳۵۴). اما بدیهی است، آفت‌کش‌های شیمیایی باعث آلودگی زیست‌محیطی و بروز مقاومت آفات به ترکیبات فوق می‌شوند که باید از کاربرد این گونه ترکیبات اجتناب نمود مگر در مواقع بسیار ضروری که کاهش محصول باعث ضرر و زیان اقتصادی می‌شود (مینجینگ و همکاران، ۲۰۰۳). بررسی‌ها نشان داده است که مهم‌ترین روش کنترل کرم ساقه‌خوار برنج در ایران و نیز اغلب مناطق جهان، تاکنون روش شیمیایی بوده است که در این رابطه هر ساله هزاران تن انواع سموم شیمیایی در مزارع برنج بکار می‌رود (لی و همکاران، ۱۹۹۴؛ پلازک، ۱۹۹۸). یکی از سموم بسیار معمول و نیز کارآمد در کنترل کرم ساقه‌خوار برنج، دیازینون[2] گرانول می‌باشد. اما بر اساس تحقیقات انجام شده، ترکیب مزبور دارای اثرات مخرب زیست‌محیطی

[1] Interesting pest management

[2] Diazinon

روی برخی میکروارگانیسم‌های خاکزی و نیز حشرات غیرهدف می‌باشد (قهاری و همکاران، ۱۳۸۴؛ قاسم‌پور و همکاران، ۲۰۰۲).

۲-۱۱-۲- اثر سیلیس روی تحمل گیاه به آفت کرم ساقه‌خوار

سیلیس به عنوان یک عنصر مفید برای گیاهان شناخته شده است که موجب افزایش مقاومت گیاهان به آفات می‌شود (الاواد و همکاران ، ۱۹۸۲؛ مریل، ۲۰۰۵؛ یوشیدا، ۱۹۷۵؛ خلدبرین و اسلام-زاده، ۱۳۸۰). در واقع افزایش مقاومت مکانیکی به وسیله سیلیس در گیاهان، باعث افزایش مقاومت در مقابل حشرات می‌شود (اپستین، ۱۹۹۱؛ منزیس و همکاران، ۱۹۹۱). در تحقیقی که توسط عسکریان-زاده و جعفری (۱۳۸۶) انجام شد، در سال اول با مصرف ۵۰ کیلوگرم کود سیلیس در مزارع نیشکر میزان آلودگی به ساقه‌خواران را به اندازه ۴۹ درصد کاهش داد، در سال دوم نیز میزان آلودگی به آفت در کرت‌های تیمار شده با کود سیلیس نسبت به شاهد اختلاف معنی‌دار داشت به طوری که تیمارهای ۵۰ و۱۰۰ کیلوگرم کود سیلیس، میزان آلودگی را به ترتیب ۴۳/۳ و ۵۵/۳ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. در آزمایشی که توسط کیپینگ و مایر (۲۰۰۰) انجام شد، به این نتیجه رسیدند که اثر افزایش مقاومت به آفت به وسیله سیلیس در واریته‌های حساس بیشتر از واریته‌های مقاوم است و لذا کاربرد سیلیس، خطر کشت نیشکر، خصوصا واریته‌های پرمحصول ولی حساس را در مناطق آلوده به ساقه‌خوار کاهش می‌دهد. تحقیقات انجام شده در فلوریدا نشان داد که مصرف سیلیکات‌های قابل حل در آب در مزارع نیشکر سبب افزایش مقاومت گیاه در مقابل ساقه‌خوار *Diatrea saccharalis F.* گردیده است (الاواد و همکاران، ۱۹۸۵). صائب و همکاران (۱۳۸۰) با مقایسه مقاومت تعدادی از ژنوتیپ‌های برنج استان گیلان نسبت به کرم ساقه‌خوار نواری برنج و بررسی نقش سیلیس در ایجاد این مقاومت، همبستگی منفی، بین مقدار سیلیس موجود در ساقه و میزان خوشه‌های برنج سفید شده مشاهده نمودند.

فصل سوم:

مواد و روش‌ها

۳-۱- اجرای طرح

۳-۱-۱- مشخصات محل اجرای طرح

این آزمایش در بهار سال ۱۳۹۰ در مزرعه مرکز تحقیقات برنج کشور در آمل به اجرا در آمد. موسسه تحقیقات برنج کشور معاونت مازندران (آمل) واقع در کیلومتر ۱۰ جاده آمل به بابل با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۲۹/۸ متر از سطح دریا می‌باشد.

۳-۱-۲- خصوصیات خاک مزرعه مورد آزمایش

بعد از آماده‌سازی کامل مزرعه در تاریخ ۱۳۹۰/۲/۳۱ نمونه‌گیری از خاک مزرعه انجام شد. به صورتی که در ۹ نقطه از خاک مزرعه نمونه‌برداری به طور تصادفی صورت گرفت. سپس خاک کل نمونه‌ها را با هم مخلوط کرده، و پس از خشک شدن، نمونه مورد نظر به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک در جدول پیوست ۱ نشان داده شده است.

۳-۱-۳- نوع و قالب طرح آزمایشی

آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار، در میکروپلات-های بتونی اجرا شد. هر تکرار شامل ۱۲ کرت بود که با توجه به تعداد تکرار، تعداد کرت‌ها ۳۶ عدد بود. در این طرح ۳ فاکتور وجود دارد، فاکتور اول رقم شامل لاین ۸۴۳ (V_1) و طارم‌هاشمی (V_2)، فاکتور دوم منابع سیلیس شامل Sio_2 73% (S_1) و بقایای معدن سیلیس سوادکوه ۲۲٪ (S_2) و فاکتور سوم مقدار مصرف منابع سیلیس شامل سه مقدار صفر (D_1)، ۲۵۰ (D_2) و ۵۰۰ (D_3) کیلوگرم در هکتار سیلیس خالص هستند.

۳-۱-۴- مشخصات مواد آزمایشی

رقم طارم‌هاشمی: این رقم، یک رقم با کیفیت بوده که نسبت به ارقام پرمحصول مثل لاین ۸۴۳، محصول کمتری تولید می‌کند و طول دوره رسیدن آن (بذرپاشی تا رسیدن) کوتاه‌تر از لاین ۸۴۳ است، رقم طارم‌هاشمی چون یک رقم محلی است، خصوصیات کامل آن در منابع ذکر نشده است.

لاین ۸۴۳: با توجه به رشد جمعیت و نیاز کشور به مواد غذایی و جلوگیری از واردات و در صورت تولید مازاد بر مصرف، صادرات این محصول، لازم است واریته‌هایی توسط کشاورزان کشت گردد که علاوه بر مقاومت در برابر عوامل محیطی مثل گرما، سرما، خشکی و همچنین آفات و بیماری‌ها از توان تولید بالایی برخوردار باشد، زیرا با محدودیتی که در ارتباط با آب وجود دارد تنها راه افزایش تولید، بوجود آوردن ارقامی است که در واحد سطح بتواند تولید بیشتری نسبت به ارقام دیگر حاصل نماید (شکل پیوست ۱).

لاین ۸۴۳ در سال ۱۳۷۵ از طریق دورگ‌گیری بین (A۶۷۶۰۹) ۳-۱۳۸-۶۷۰۱۴ IR × رقم نعمت، در ایستگاه تحقیقات برنج تنکابن به وجود آمده که این لاین در سال ۱۳۸۰ خالص و سال ۱۳۸۱ در آزمایش مقایسه عملکرد مقدماتی و در سال‌های ۸۲-۸۳-۱۳۸۴ در شهرستان‌های تنکابن و آمل مورد آزمایش سازگاری و در سال‌های ۸۵-۱۳۸۶ در آزمایش به‌زراعی مربوط به فاصله کاشت و کود ازته واقع گشته است. در سال ۱۳۸۷ این لاین در طرح تحقیقاتی و ترویجی در شهرستان‌های تنکابن، نوشهر، آمل و بابل مورد ارزیابی کشاورزان قرار گرفت و توانست به طور متوسط ۷/۵ تن در هکتار عملکرد دانه تولید نماید (علیان‌نژاد و محدثی، ۱۳۸۷). لذا به دلیل روی آوردن کشاورزان به این ارقام پرمحصول به جای ارقام محلی، در این آزمایش از این لاین استفاده شده تا اثر سیلیس روی آن بررسی شود.

کودهای سیلیسی: Sio_2 73% به عنوان یک منبع کود سیلیس به شمار می‌رود که دارای ۷۳٪ Sio_2 می‌باشد و یک کود ژاپنی است. بقایای معدن سیلیس که از معدن سیلیس در شهرستان

سوادکوه در استان مازندران بدست می‌آید می‌تواند به عنوان یک منبع کود سیلیسی باشد که دارای ۲۲٪، Sio_2 می‌باشد.

۳-۱-۵- نقشه کشت

این طرح در داخل میکروپلات‌های بتونی هر یک به مساحت یک متر مربع در سه بلوک و در ۱۲ کرت انجام گرفت. و در داخل هر کرت ۵ ردیف بوته برنج نشاکاری شد که فاصله کپه‌ها از هم ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد (شکل‌های پیوست ۲ و ۳).

۳-۲- عملیات مزرعه‌ای

۳-۲-۱- تهیه خزانه

در اواخر فروردین مقدار یک کیلوگرم از بذر طارم‌هاشمی و یک کیلوگرم از بذر لاین ۸۴۳ در خزانه پلاستیکی واقع در مرکز تحقیقات آمل بذرپاشی شد. خزانه به صورت سیستم جوی وپشته‌ای احداث شده بود (شکل پیوست ۴).

۳-۲-۲- آماده‌سازی مزرعه برای کاشت

در اواسط اردیبهشت آماده‌سازی مزرعه برای کاشت شروع شد. بعد از پاک‌سازی اطراف میکروپلات‌ها از علف‌های هرز، برای یکنواخت شدن کرت‌ها، خاک داخل میکروپلات‌ها را خارج کرده و خاک جدید و یکنواخت به کرت‌ها اضافه شد، به طوری که عمق کل کرت ۳۰ سانتی‌متر و عمق خاک داخل کرت ۲۵ سانتی‌متر بود. سپس با استفاده از بیل خاک تمام کرت‌ها شخم زده شد تا کلوخه‌ها خرد شوند، بعد از شخم زدن، آب را وارد آبروها کرده و بعد از پر شدن کل کرت‌ها از آب، آن را به مدت دو روز رها کرده تا کلوخه‌ها نرم شوند، سپس خاک داخل کرت‌ها را لگدمال کرده تا به صورت اشباع در آمده و برای نشاکاری آماده شود (شکل پیوست ۵).

۳-۲-۳- اعمال کودهای پایه

نوع کودهای پایه اعمال شده در مزرعه عبارتند از: کود اوره، سولفات پتاسیم و سوپر فسفات تریپل که هر کدام به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار (۱۰ گرم برای هر کرت) در مزرعه اعمال شدند. کود سولفات پتاسیم و سوپرفسفات تریپل، یک روز قبل از نشاکاری به تمام کرت‌ها داده شدند. در مورد کود اوره نیز ۵۰ درصد آن قبل از نشاکاری و ۵۰ درصد باقی‌مانده آن یک ماه بعد از نشاکاری به صورت سرک به تمام کرت‌ها داده شد.

۳-۲-۴- اعمال کودهای سیلیسی

کودهای سیلیسی به مقدار صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شدند، ولی این مقادیر زمانی کاربرد دارند که مقدار سیلیس در منابع کودهای سیلیسی ۱۰۰٪ باشد. با توجه به درصد سیلیس در این دو منبع کود سیلیسی، مقادیر زیر در مزرعه اعمال شدند.

بقایای معدن سیلیس (۲۲٪):

۲۵۰Kg/ha: ۱۱۳۶/۳ کیلوگرم در هکتار (۱۱۳/۶۳ گرم برای هر کرت).

۵۰۰Kg/ha: ۲۲۷۲/۷۲ کیلوگرم در هکتار (۲۲۷/۲۷ گرم برای هر کرت).

SiO_2 73%:

۲۵۰ Kg/ha: ۳۴۲/۴۶ کیلوگرم در هکتار (۳۴/۲۴ گرم برای هر کرت).

۵۰۰ Kg/ha: ۶۸۴/۹۳ کیلوگرم در هکتار (۶۸/۴۹ گرم برای هر کرت).

با توجه به مقادیر به دست آمده، نصف کودهای سیلیسی به صورت پایه، قبل از نشاکاری و نصف دیگر آن در مرحله حداکثر پنجه‌دهی (۳۸ روز پس از نشاکاری) به کرت‌ها اضافه شد. بعد از عملیات

کودپاشی سطح تمام کرت‌ها با ماله چوبی صاف کرده تا ضمن ماله‌کشی سطح کرت‌ها، کود نیز وارد خاک شود (شکل پیوست ۶).

۳-۲-۵- نشاکاری

در تاریخ ۱۳۹۰/۳/۵ عملیات نشاکاری انجام شد. برای عملیات نشاکاری ابتدا نشاها را از خزانه جدا کرده و سپس به کرت‌ها انتقال داده شدند. برای رعایت فاصله ۲۰^{Cm}×۲۰^{Cm} بین نشاها از نخ تراز و خط‌کش استفاده شد. نشاها به صورت تک‌خال یا تک‌بوته در کرت‌ها کاشته شدند، به طوری که در هر کرت تعداد ۲۵ بوته نشا کاشته شد، در این زمان مقدار آب کرت‌ها در حداقل میزان ممکن بود تا نشاها بهتر در خاک استقرار یابند (شکل پیوست ۷).

۳-۲-۶- وجین

سه هفته بعد از عملیات نشاکاری عملیات وجین انجام شد. در این مرحله وارد کرت‌ها شدیم تا ضمن خارج ساختن علف‌های هرز، بین نشاها حرکت کرده و با لگد کردن فضای خالی بین نشاها تنفس ریشه‌های گیاه برنج را بیشتر کرده تا از فشردگی بیش از حد خاک مزرعه جلوگیری شود (شکل پیوست ۸).

۳-۲-۷- صفات مورد مطالعه

نمونه‌برداری در این طرح در دو مرحله انجام گرفت. مرحله اول در زمان گل‌دهی بود که صفاتی مانند، تعداد پنجه، زاویه برگ دوم با ساقه، سطح برگ پرچم، سطح سایر برگ‌ها، سطح کل برگ‌ها، ارتفاع بوته، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، وزن خشک کل، مقدار سیلیس برگ و مقدار سیلیس ساقه محاسبه شد. مرحله دوم نمونه‌برداری در زمان رسیدگی فیزیولوژیک انجام گرفت. در این مرحله صفاتی مانند تحمل گیاه به کرم ساقه‌خوار، تعداد خوشه، تعداد دانه پر، پوک و تعداد کل دانه در هر خوشه، وزن هزاردانه و عملکرد محاسبه شد.

۳-۲-۸- گل‌دهی رقم طارم‌هاشمی

گل‌دهی رقم طارم‌هاشمی در تاریخ ۹۰/۴/۲۲ صورت گرفت. یک روز قبل از نمونه‌برداری تعداد کل پنجه‌ها در یک متر مربع شمرده شد سپس در هر کرت رقم طارم‌هاشمی تعداد چهار کپه به صورت تصادفی نشانه‌گذاری شد و قبل از برداشت کپه‌ها زاویه برگ دوم (از بالا گیاه) با ساقه بدست آورده شد به صورتی که در هر یک از چهار کپه تعداد چهار بوته را به صورت تصادفی انتخاب کرده (۱۶ نمونه برای هر کرت) و زاویه برگ دوم با ساقه به وسیله‌ی نقاله اندازه‌گیری شد. سپس کپه‌های علامت‌گذاری شده در هر کرت را با ریشه و گل از خاک جدا کرده تا برگ‌های گیاه حالت خود را حفظ کرده و به حالت لوله‌ای تبدیل نشود و بتوان سطح برگ گیاه را به درستی اندازه‌گیری کرد. بعد از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه با استفاده از دستگاه سنجش سطح برگ[1] سطح برگ پرچم و سطح سایر برگ‌ها (غیر از برگ پرچم) در متر مربع بدست آورده شد به صورتی که برای بدست آوردن سطح برگ پرچم تمام برگ‌های پرچم آن را جدا کرده و برگ‌ها را پشت سر هم وارد دستگاه کردیم و دستگاه سطح آن‌ها را بر حسب سانتی‌متر مربع محاسبه کرد. برای بدست آوردن ارتفاع بوته، در هر کپه ارتفاع بلندترین ساقه را محاسبه کرده و با میانگین‌گیری از چهار ارتفاع بدست آمده ارتفاع بوته در هر کرت محاسبه شد و در آخر نیز برگ‌های مربوط به هر کرت (چهار کپه) را درون یک پاکت و ساقه‌های مربوط به هر کرت را درون پاکت جداگانه قرار داده و اطلاعات مربوط به کرت، روی پاکت نوشته شد تا بعد از انتقال آن به آزمایشگاه مقدار سیلیس آن‌ها اندازه‌گیری شود (شکل پیوست ۹).

۳-۲-۹- گل‌دهی لاین ۸۴۳

در تاریخ ۱۳۹۰/۵/۱ لاین ۸۴۳ وارد مرحله گل‌دهی شد و تمامی مراحل اعم از شمردن پنجه‌ها، تعیین زاویه برگ دوم با ساقه، سطح برگ پرچم، سایر برگ‌ها، سطح کل برگ‌ها و ارتفاع بوته در آن مطابق رقم طارم‌هاشمی انجام گرفت.

[1] Area meter (LI_COR)

در این مرحله کل برگ‌ها و ساقه‌های مربوط به هر کرت را، که درون پاکت جداگانه قرار دادیم (هم برای رقم طارم‌هاشمی و هم لاین ۸۴۳) وارد آون کرده، که بعد از گذشت ۴۸ ساعت در دمای ۷۲/۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. بعد از خشک شدن نمونه‌ها، وزن خشک برگ و ساقه را با استفاده از ترازوی مخصوص ثبت کرده و با توجه به این که نمونه‌ها از چهار کپه در هر کرت گرفته شدند وزن خشک ساقه، برگ و وزن خشک کل در متر مربع محاسبه شد (شکل پیوست ۱۰).

۳-۲-۱۰- بررسی میزان آلودگی به کرم ساقه‌خوار در مزرعه

۲۹ روز پس از گل‌دهی، رقم طارم‌هاشمی وارد مرحله رسیدگی فیزیولوژیک شد، در این مرحله از هر کرت تعداد سه کپه را برداشت کرده و در هر کپه تک‌تک ساقه‌ها مورد بررسی قرار گرفت، به صورتی که ابتدا تعداد پنجه‌های هر کپه را شمرده و سپس تعداد پنجه‌های آلوده بدست آورده شد و درصد آلودگی در هر کپه محاسبه شد، و با میانگین‌گیری از درصد آلودگی سه کپه، میزان درصد آلودگی یک کرت بدست آورده شد. بررسی میزان آلودگی کرم ساقه‌خوار برای لاین ۸۴۳ در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک آن، مطابق رقم طارم‌هاشمی انجام گرفت (شکل پیوست ۱۱).

۳-۲-۱۱- برداشت

در تاریخ ۱۳۹۰/۵/۲۳ (یعنی ۳۲ روز پس از گل‌دهی) مرحله برداشت رقم طارم‌هاشمی آغاز شد. در این مرحله، ۹ کپه وسطی مربوط به هر کرت را جمع‌آوری کرده و صفاتی مانند تعداد خوشه در متر مربع، تعداد دانه پر، پوک و تعداد کل دانه در خوشه، وزن هزاردانه و عملکرد بدست آورده شد. برای بدست آوردن تعداد خوشه در متر مربع، تعداد کل خوشه‌های برداشت شده از ۹ کپه وسط، شمرده شد و آن را به تعداد خوشه در متر مربع تبدیل کردیم. سپس از ۹ کپه مورد نظر تعداد ۹ خوشه را به طور تصادفی انتخاب کرده و در آن‌ها تعداد دانه پر، پوک و تعداد کل دانه در هر خوشه بدست آورده شد. برای بدست آوردن وزن هزاردانه از هر کرت تعداد ۹ نمونه ۱۰۰ تایی بذر را جدا کرده و با توجه

به درصد رطوبت دانه در هر بلوک که توسط دستگاه رطوبت‌سنج دانه[1] بدست آورده شد، وزن هزاردانه در رطوبت ۱۴٪ محاسبه شد. بدین صورت که وزن ۱۰۰ دانه را در رطوبت اصلی آن بدست آورده و سپس این وزن را در ۱۰ ضرب کرده و وزن هزاردانه در رطوبت واقعی بدست آورده شد. در ادامه با استفاده از فرمول $W_2=W_1(100-a_1)/100-14$ وزن هزاردانه در رطوبت ۱۴٪ محاسبه شد، لازم به ذکر است در فرمول بالا a_1، درصد رطوبت دانه و W، وزن هزاردانه می‌باشد. در انتها بذور بدست آمده از ۹ کپه برداشت شده را از ساقه جدا کرده و وزن آن‌ها بدست آورده شد و با استفاده از فرمول بالا عملکرد هر کرت در رطوبت ۱۴٪ محاسبه شد. عملیات برداشت برای لاین ۸۴۳ در تاریخ ۱۳۹۰/۶/۸ مطابق رقم طارم‌هاشمی انجام شد (شکل پیوست ۱۲).

۳-۳- عملیات آزمایشگاهی

۳-۳-۱- روش شیمیایی اندازه‌گیری مقدار سیلیس

برای اندازه‌گیری مقدار سیلیس از روش یوشیدا و همکاران (۱۹۷۶) استفاده شد. به این صورت که نمونه‌ها به مدت یک هفته در آون، در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد، گذاشته و سپس خرد شدند. یک گرم از نمونه گیاهی را در ارلن مایر ۷۵ میلی‌لیتر ریخته و به آن ۱۰cc اسید مخلوط (اسید نیتریک+ اسید پرکلریدریک+ اسید سولفوریک) اضافه نموده و سپس زیر هود قرار داده شدند تا حداقل به مدت ۲ ساعت، پیش‌تجزیه گردد سپس روی هیتر به طور تدریجی دمای آن را افزایش داده تا بخار سفید رنگ از آن خارج گردد و یک ماده شفاف حاصل گردد. کاغذ صافی واتمن ۴۱ را داخل قیف قرار داده و با اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال شستشو داده شد. بعد از شستشو با اسید، نمونه‌ها با آب مقطر شستشو داده شدند. بعد از سرد شدن ارلن مایر، مقدار ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد. عصاره‌ها را داخل کاغذ صافی ریخته تا در آون در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد خشک شوند. کاغذ صافی را داخل کروزه چینی گذاشته و داخل کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت

[1] Grain moisture tester

۴ ساعت قرار داده تا خاکستر شود که در واقع خاکستر به دست آمده از هر نمونه همان مقدار سیلیس بوده است. پس از سرد شدن خاکستر داخل دیسیکاتور، نمونه‌ها با ترازوی حساس وزن شدند.

۳-۴- محاسبات و تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق برای تجزیه واریانس داده‌ها از نرم افزارهای SAS و MSTATC و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel ترسیم شدند.

فصل چهارم:

نتایج و بحث

۴-۱- نتایج

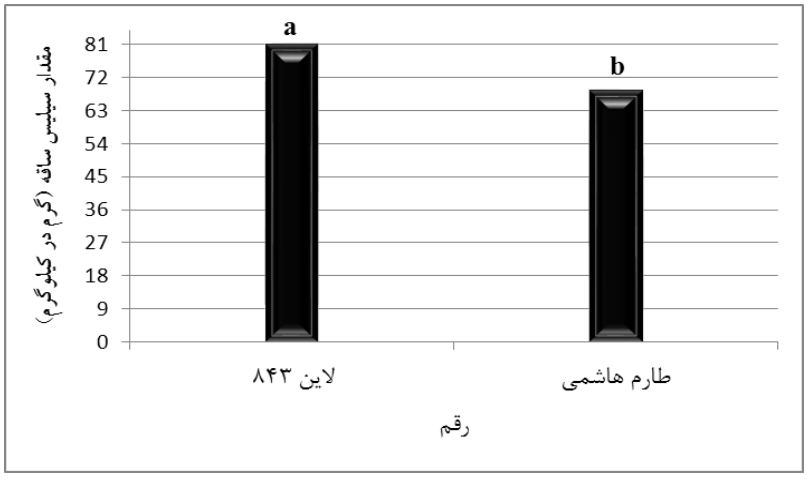
نتایج این آزمایش در رابطه با فاکتور اول یعنی رقم نشان داد که لاین ۸۴۳ در تمامی صفات به جز ارتفاع بوته، وزن هزاردانه و میزان تحمل به کرم ساقه‌خوار به طور معنی‌داری نسبت به رقم طارم-هاشمی دارای برتری است، همچنین بین دو منبع کود سیلیس (SiO_2 73%) و بقایای معدن سیلیس۲۲٪)، در هیچ یک از صفات مورد بحث از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، یعنی این دو نوع کود از لحاظ تاثیر روی گیاه برنج تفاوتی با یکدیگر نداشتند و در رابطه با فاکتور سوم یعنی مقدار مصرف کود سیلیس (D) نتایج نشان داد که مصرف کود سیلیس باعث افزایش معنی‌دار سیلیس ساقه، سیلیس برگ، تعداد پنجه، سطح برگ پرچم، وزن خشک برگ، وزن هزاردانه و عملکرد و همچنین سبب کاهش معنی‌دار زاویه برگ دوم با ساقه و درصد آلودگی کرم ساقه‌خوار برنج شد، مقدار مصرف کود سیلیس از لحاظ آماری تاثیر معنی‌داری بر سطح سایر برگ‌ها، سطح کل برگ‌ها، ارتفاع بوته، وزن خشک ساقه، وزن خشک کل گیاه، تعداد خوشه، تعداد دانه پر، پوک و تعداد کل دانه در خوشه نداشت.

۴-۲- میزان جذب عنصر سیلیس توسط گیاه برنج

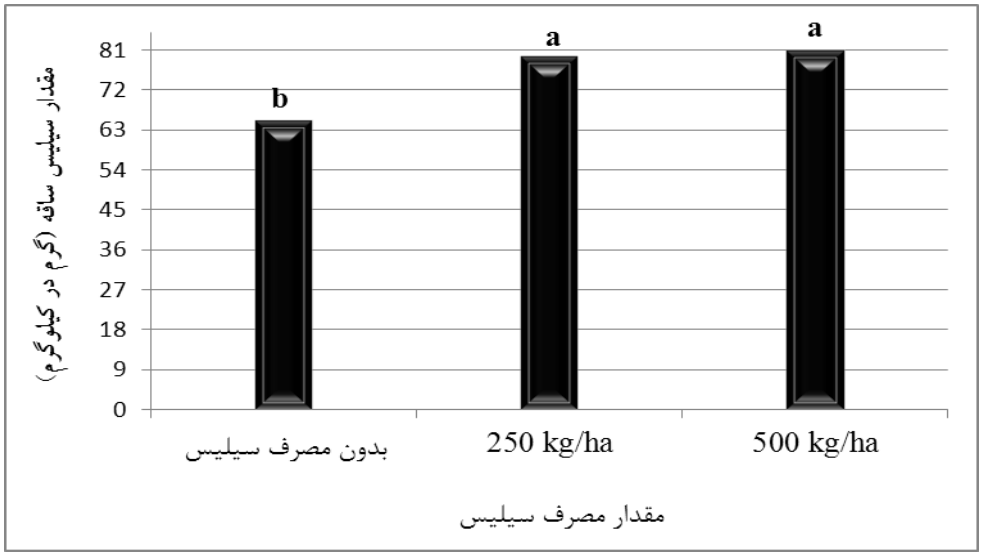
۴-۲-۱- سیلیس ساقه

نتایج تجزیه واریانس در رابطه با صفت مقدار سیلیس در ساقه نشان داد که تاثیر رقم (V) و مقدار مصرف سیلیس (D) در سطح یک درصد و اثر متقابل واریته در مقدار مصرف کود (V×D) در سطح ۵ درصد معنی‌دار شدند اما اثرات متقابل (V×S)، (S×D) و (V×S×D) معنی‌دار نشدند (جدول پیوست ۲). نتایج حاصل از آزمون LSD نشان داد که میانگین مقدار سیلیس ساقه در لاین ۸۴۳ بیشتر از رقم طارم‌هاشمی است (شکل ۴-۱). بین دو منبع کود سیلیس (S_1 و S_2) نیز در میانگین مقدار سیلیس ساقه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در رابطه با فاکتور سوم یعنی مقدار مصرف کود

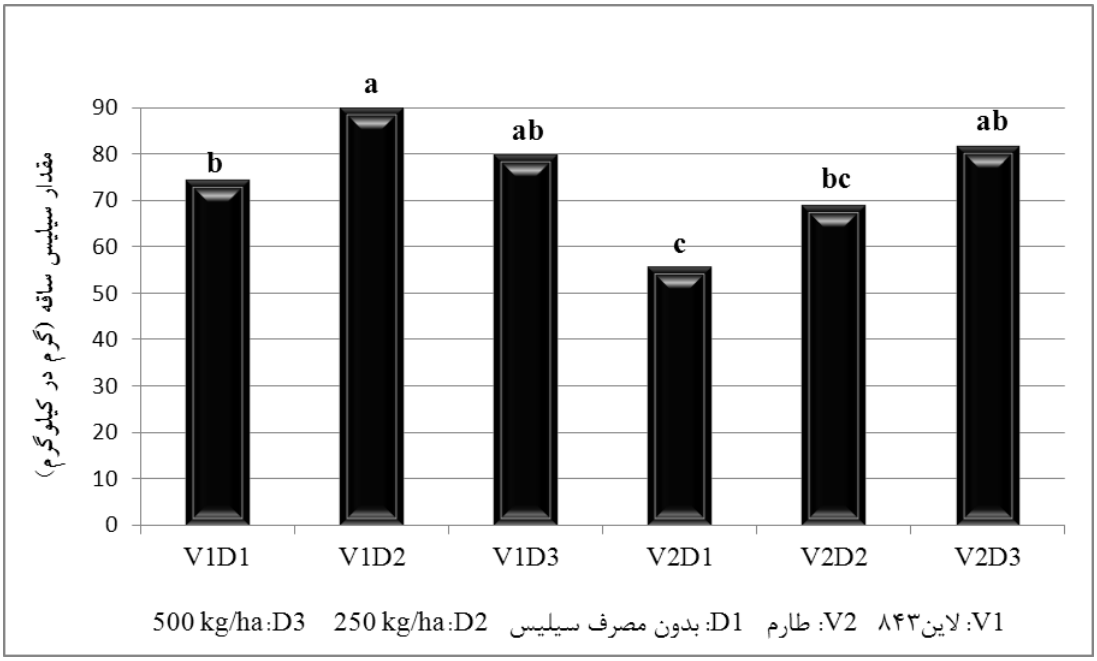
سیلیس بیشترین میانگین مقدار سیلیس(گرم در کیلوگرم) در ساقه مربوط به تیمار ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین میانگین مقدار سیلیس در ساقه مربوط به تیمار شاهد بود، به طوری که با مصرف ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سیلیس، مقدار سیلیس ساقه ۲۴/۲۶ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت، همچنین نتایج نشان داد بین تیمار ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار از منابع سیلیس، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (شکل ۴-۲). مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و مقدار مصرف سیلیس نشان داد که بیشترین مقدار سیلیس ساقه، مربوط به تیمار V_1D_2 (لاین ۸۴۳ و مقدار کود ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن مربوط به تیمار V_2D_1 (طارم‌هاشمی و بدون مصرف کود سیلیس) بود، لازم به ذکر است تیمارهایی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با هم ندارند (شکل ۴-۳). گیاهان خانواده گرامینه غیرآبزی نظیر گندم، جو، یولاف، سورگوم، ذرت و نیشکر در حدود ۱۰ گرم سیلیس در کیلوگرم بافت گیاهی تجمع داده ولی گیاهان خانواده گرامینه آبزی بیش از ۵۰ گرم سیلیس در کیلوگرم بافت گیاهی تجمع می-دهند (ساوانت و همکاران، ۱۹۹۷). ما و تاکاهاشی (۱۹۹۰) اعلام کردند، جذب کل سیلیس توسط گیاه برنج در مرحله زایشی ۶۵ درصد است که به مراتب بیشتر از مرحله رویشی (۱۰ درصد) و رسیدگی (۲۵ درصد) است، همچنین در طول دوره زایشی ۵۲ درصد سیلیس در پهنک برگ و ۴۸ درصد سیلیس در ساقه جذب می‌شود.



شکل۴-۱- مقایسه میانگین مقدار سیلیس ساقه بین دو رقم مورد مطالعه



شکل۴-۲- مقایسه میانگین اثر مقدار مصرف سیلیس بر مقدار سیلیس ساقه

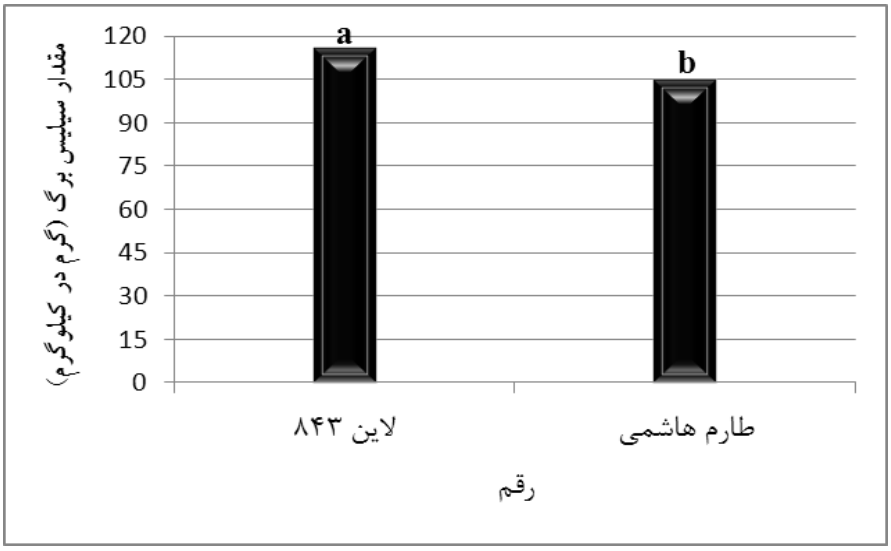


شکل۴-۳- مقایسه میانگین اثرمتقابل رقم و میزان مصرف سیلیس روی سیلیس ساقه

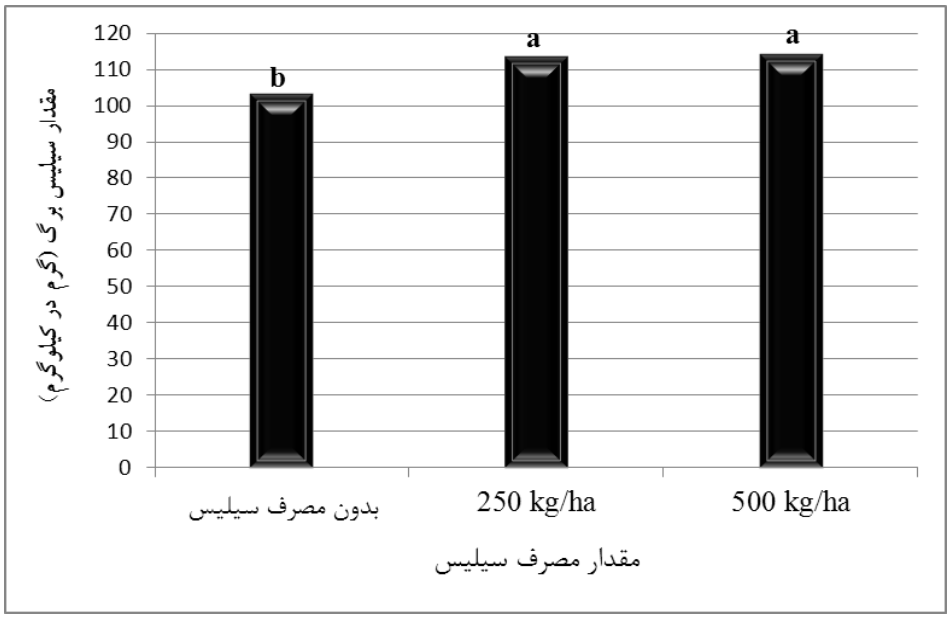
۴-۲-۲- سیلیس برگ

نتایج تجزیه واریانس در رابطه با این صفت نشان داد که اثر واریته (V) و اثر متقابل واریته در نوع کود (V×S) در سطح یک درصد و اثر مقدار مصرف سیلیس (D) و اثر متقابل واریته در مقدار مصرف سیلیس (V×D) در سطح ۵ درصد بر مقدار سیلیس برگ معنی‌دار می‌باشد اما اثرات متقابل (S×D) و (V×S×D) معنی‌دار نشدند (جدول پیوست ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که میانگین مقدار سیلیس در برگ در لاین ۸۴۳ بیشتر از رقم طارم‌هاشمی است (شکل ۴-۴). بین دو منبع کود سیلیس (S_1 و S_2) در میانگین مقدار سیلیس برگ اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، در رابطه با فاکتور سوم یعنی مقدار مصرف سیلیس (D)، بیشترین میانگین مقدار سیلیس در برگ مربوط به تیمار ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار (D_3) و کمترین میانگین مقدار سیلیس در برگ مربوط به تیمار شاهد بود، به طوری که با مصرف ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سیلیس، مقدار سیلیس برگ ۱۰/۸۷ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت، لازم به ذکر است که بین تیمار ۲۵۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار از لحاظ تاثیر روی مقدار سیلیس برگ، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۴-۵). مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و نوع کود نشان داد که بیشترین مقدار سیلیس برگ مربوط به تیمار V_1S_1 (لاین ۸۴۳ و SiO_2 73%) و کمترین آن مربوط به تیمار V_2S_1 (رقم طارم‌هاشمی و SiO_2 73%) بود (شکل ۴-۶). همچنین مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و مقدار مصرف سیلیس نشان داد، در تیمارهای مربوط به لاین ۸۴۳، بیشترین مقدار سیلیس برگ مربوط به تیمار V_1D_3 برابر با ۱۲۶ گرم در کیلوگرم بود که توانست مقدار سیلیس برگ را ۱۹/۲۵ درصد نسبت به تیمار شاهد لاین ۸۴۳ افزایش دهد و در تیمارهای مربوط به رقم طارم‌هاشمی بیشترین مقدار سیلیس برگ مربوط به تیمار V_2D_2 برابر با ۱۱۱/۱۶ گرم در کیلوگرم بود و توانست مقدار سیلیس برگ را ۹/۸۸ درصد نسبت به تیمار شاهد رقم طارم افزایش دهد (شکل ۴-۷). محققین دریافتند بیشترین غلظت سیلیس در گیاه در محل‌هایی مشاهده می‌شود که بیشترین تعرق را دارند (هنریت و همکاران، ۲۰۰۶). در آزمایشی که

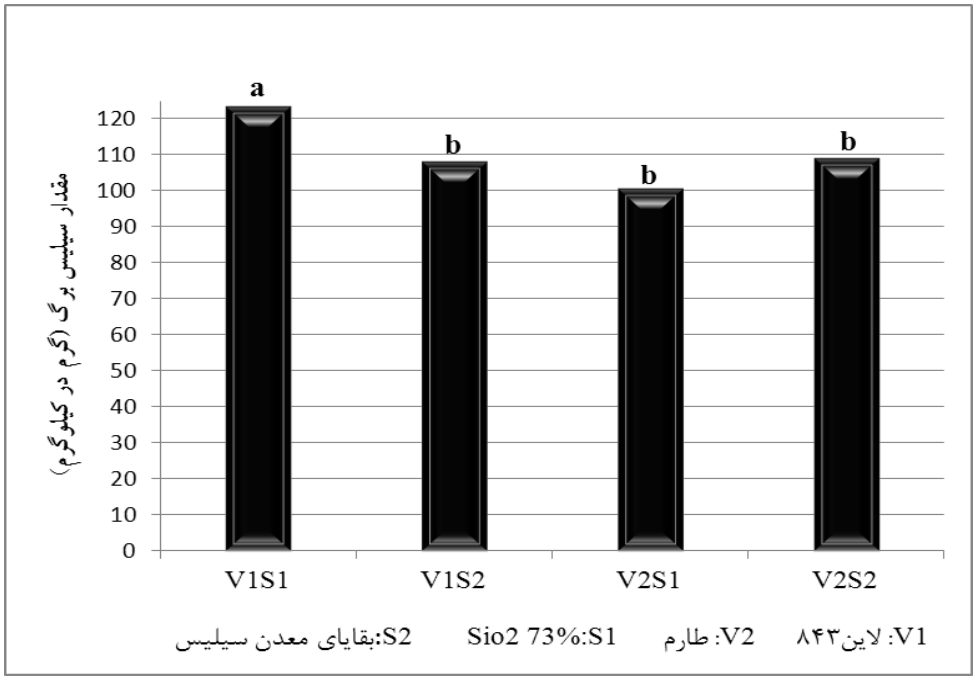
توسط گرامی (۱۳۸۳) انجام شد، دریافت که غلظت سیلیس در بافت برگ بیشتر از ساقه بود و با افزایش سطوح سیلیس غلظت سیلیس در بافت برگ و ساقه برنج افزایش یافت.



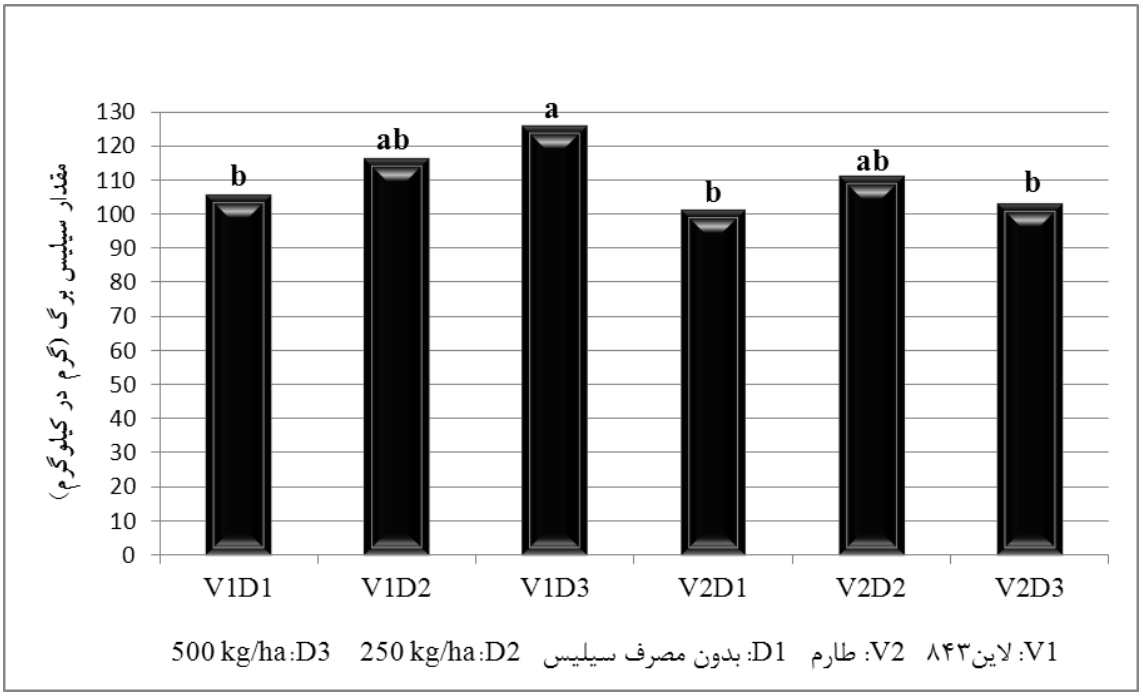
شکل۴-۴- مقایسه میانگین مقدار سیلیس برگ بین دو رقم مورد مطالعه



شکل۴-۵- مقایسه میانگین اثر مقدار مصرف سیلیس بر مقدار سیلیس برگ



شکل۴-۶- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و منابع سیلیس روی سیلیس برگ



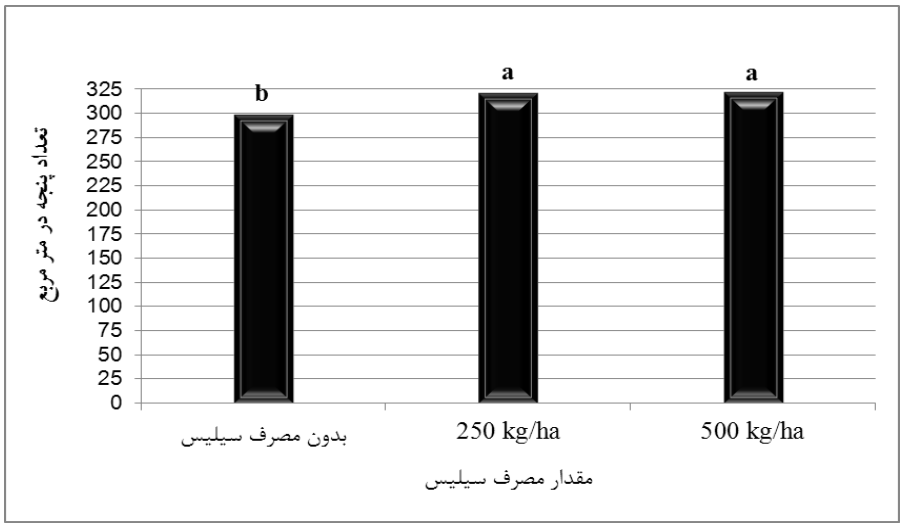
شکل۴-۷- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و مقدار مصرف سیلیس روی سیلیس برگ

۴-۳- تاثیر کود سیلیس بر خصوصیات مورفولوژیکی برنج

۴-۳-۱- تعداد پنجه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر واریته بر تعداد پنجه در متر مربع در سطح یک درصد و اثر مقدار مصرف کود سیلیس (D) بر تعداد پنجه در سطح ۵ درصد معنی‌دار است و اثرات متقابل (V×S)، (V×D)، (S×D) و (V×S×D) معنی‌دار نشدند (جدول پیوست ۲). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که در لاین ۸۴۳، تعداد پنجه در متر مربع به طور معنی‌داری بیشتر از رقم طارم‌هاشمی است (شکل ۴-۸)، همچنین مقایسه میانگین مربوط به مقدار مصرف کود سیلیس نشان داد که با مصرف این کود تعداد پنجه در متر مربع، ۷/۹۳ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت، به طوری که کمترین تعداد پنجه مربوط به تیمار شاهد (D_1) برابر با ۲۹۸/۵ پنجه در متر مربع و بیشترین تعداد پنجه مربوط به تیمار (D_3) برابر با ۳۲۲/۱۶ پنجه در متر مربع بود، همچنین نتایج نشان داد، اگرچه تیمار (D_3) بیشترین تعداد پنجه در متر مربع را سبب شد اما از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری را با تیمار ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار (D_2) نداشت (شکل ۴-۹). فلاح و همکاران (۲۰۰۴) بیان کردند که تعداد پنجه برنج تحت تاثیر تیمارهای سیلیس افزایش می‌یابد. دستان و همکاران (۱۳۹۰) نیز دریافتند که با مصرف ۷۵۰ کیلوگرم در هکتار سیلیس روی گیاه برنج، تعداد کل پنجه و تعداد پنجه بارور در مقایسه با تیمار شاهد هر یک به نسبت ۳۱ و ۶۸ درصد افزایش یافتند.

شکل۴-۸- مقایسه میانگین تعداد پنجه بین دو رقم مورد مطالعه

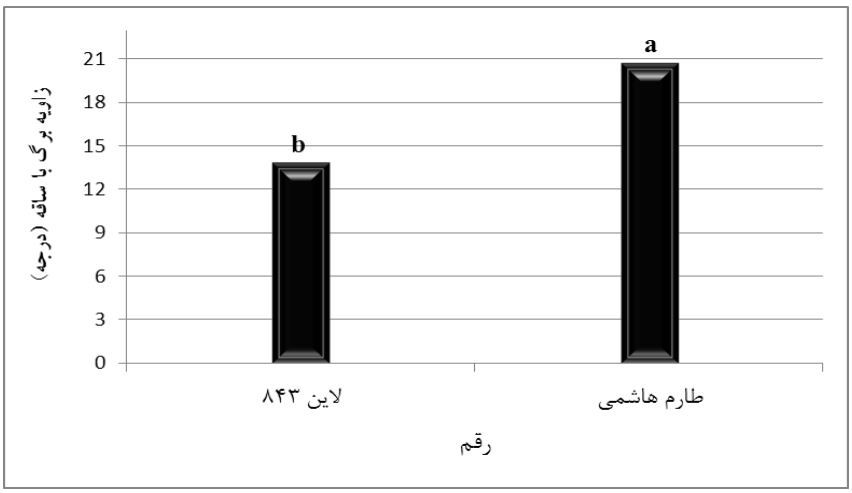


شکل۴-۹- مقایسه میانگین اثر مقدار مصرف سیلیس بر تعداد پنجه

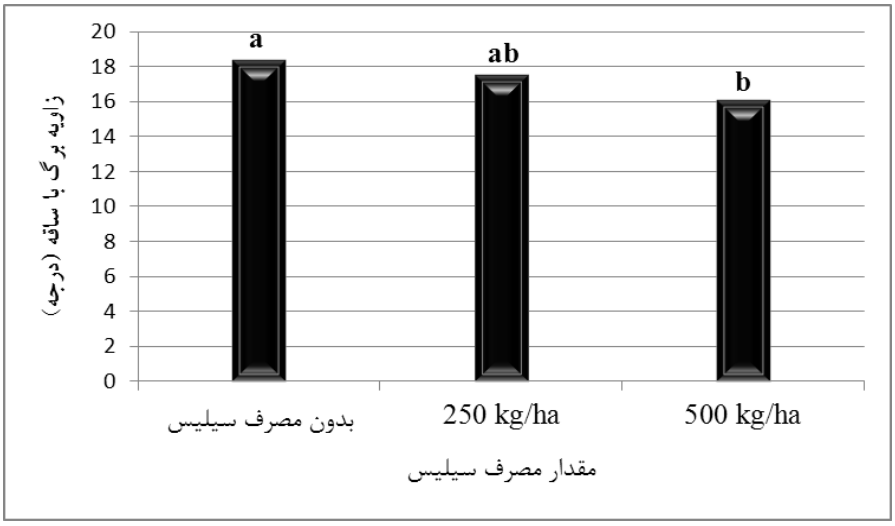
۴-۳-۲- زاویه برگ دوم با ساقه

در رابطه با صفت زاویه برگ با ساقه، هر چه این زاویه کمتر باشد به نفع گیاه خواهد بود، چون در این صورت نور بیشتری به قسمت‌های پایین گیاه و برگ‌هایی که در قسمت‌های پایین‌تر فعالیت می‌کنند رسیده و ضمن افزایش کارایی فتوسنتز در گیاه سبب می‌شود تا میزان تعرق در گیاه کاهش یابد، چون به علت عمودی‌تر بودن برگ‌ها تاثیر اشعه خورشید روی برگ کمتر خواهد بود. با توجه به

جدول پیوست ۲ نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم بر زاویه برگ دوم (از بالای گیاه) با ساقه در سطح یک درصد و اثر مقدار مصرف سیلیس (D) بر زاویه برگ دوم با ساقه در سطح ۵ درصد معنی‌دار شدند، و اثرات متقابل (V×S)، (V×D)، (S×D) و (V×S×D) اثر معنی‌داری روی این صفت نداشتند. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که میانگین زاویه برگ دوم با ساقه در لاین ۸۴۳ برابر با ۱۳/۹۴ درجه و در رقم طارم‌هاشمی برابر با ۲۰/۸۱ درجه است (شکل ۴-۱۰)، همچنین با افزایش مصرف کود سیلیس زاویه برگ دوم با ساقه کاهش یافت، به طوری که تیمار ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار (D_2) زاویه برگ دوم با ساقه را ۰/۸۴۹ درجه و تیمار ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار (D_3) زاویه برگ دوم با ساقه را ۲/۲۴۹ درجه نسبت به تیمار شاهد (D_1) کاهش داد، ضمن اینکه تنها بین تیمار ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار و تیمار شاهد از لحاظ آماری اختلاف معنی داری وجود دارد (شکل ۴-۱۱). وجود عنصر سیلیس در گیاه برنج، سبب جلوگیری از بافت مردگی برگ‌های بالغ و پلاسیدگی برگ‌های گیاه می-شود، در نتیجه برگ‌ها در مدت زمان بیشتری حالت برافراشتگی خود را حفظ می‌کنند (مارچنر، ۱۹۹۵). در آزمایشی که پراکش و همکاران (۲۰۱۰) انجام دادند به این نتیجه رسیدند که افزایش در عملکرد دانه در تیمار سیلیس می‌تواند به علت افراشته نگاه داشتن برگ‌های برنج توسط سیلیس باشد که موجب کارایی تشعشع خورشیدی، جذب رطوبت و مواد غذایی می‌شود.



شکل۴-۱۰- مقایسه میانگین زاویه برگ دوم با ساقه بین دو رقم مورد مطالعه

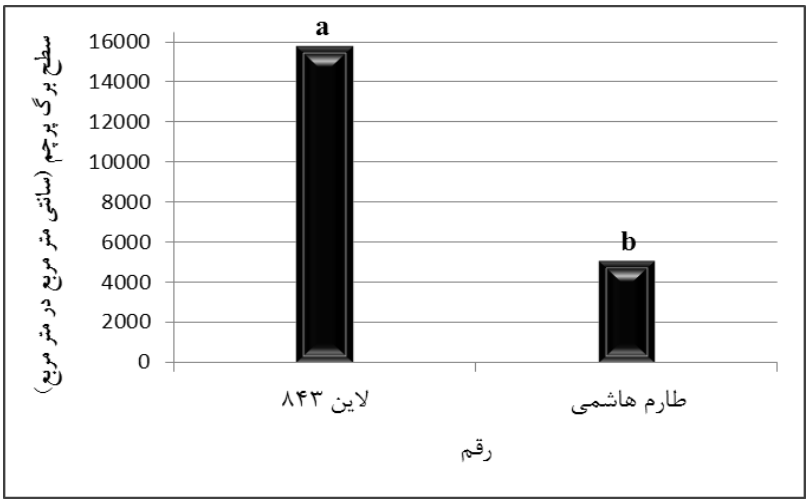


شکل۴-۱۱- مقایسه میانگین اثر مقدار مصرف سیلیس بر زاویه برگ دوم با ساقه

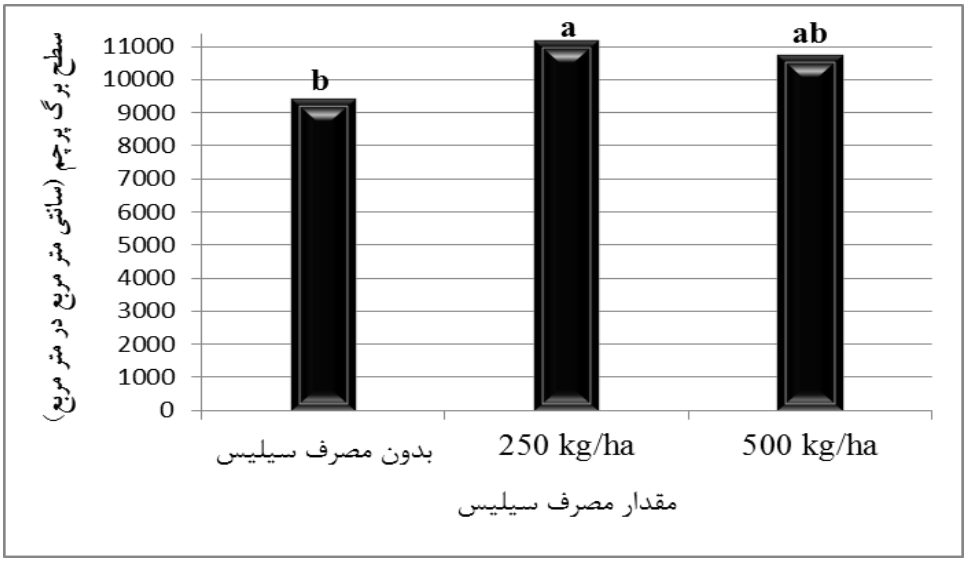
۴-۳-۳- سطح برگ پرچم

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر واریته بر سطح برگ پرچم در سطح یک درصد و اثر مقدار مصرف سیلیس (D) در سطح ۵ درصد معنی‌دار است و اثرات متقابل (V×S)، (V×D)، (S×D) و (V×S×D) معنی‌دار نشدند (جدول پیوست ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد، سطح برگ پرچم در لاین ۸۴۳ برابر با ۱۵۸۳۹/۶ سانتی‌متر مربع در متر مربع و در رقم طارم‌هاشمی برابر با ۵۱۰۷/۲ سانتی‌متر مربع در متر مربع شد (شکل ۴-۱۲)، همچنین کمترین سطح برگ پرچم مربوط به شاهد (D_1) و بیشترین آن مربوط به تیمار ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار (D_2) بود، نتایج نشان داد بین تیمار (D_2) و (D_3) از لحاظ آماری اختلاف معنی داری وجود ندارد به طوری که با مصرف ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سیلیس، مقدار سطح برگ پرچم ۱۸/۶۷ درصد و با مصرف ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار از این کود، مقدار سطح برگ پرچم ۱۴ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (شکل ۴-۱۳). کایا و همکاران (۲۰۰۶) دریافتند، کاربرد سیلیس باعث افزایش اندازه برگ، تعداد برگ و افزایش سطح برگ گیاه می-شود. گلچین و عزیزآبادی (۱۳۹۰) نیز اعلام کردند، کاربرد این کود در گلرنگ موجب افزایش معنی‌دار سطح برگ می‌شود. یکی از نقش‌های سیلیس دخالت در بزرگ شدن سلول و یا تقسیم سلولی است

(الاواد و همکاران، ۱۹۸۲) که با توجه به این نقش، این عنصر می‌تواند سبب افزایش سطح برگ گیاه شود. در نوعی خیزران هندی نیز ثابت شده که تجمع سیلیس در برگ‌ها بیشتر از اندام‌های دیگر بوده و مقدار آن ها با افزایش سن برگ افزایش می‌یابد، این نتایج نقش اساسی تبخیر و تعرق را در تجمع سیلیس تایید می‌کند (موتومورا و همکاران، ۲۰۰۲)، در نهایت می‌توان نتیجه گرفت، چون تعرق گیاه به سمت بالاست، مقدار تجمع سیلیس در برگ‌ها (به خصوص برگ پرچم) بیشتر بوده و تاثیر آن بر سطح برگ‌ها (به خصوص برگ پرچم) بیشتر خواهد بود.



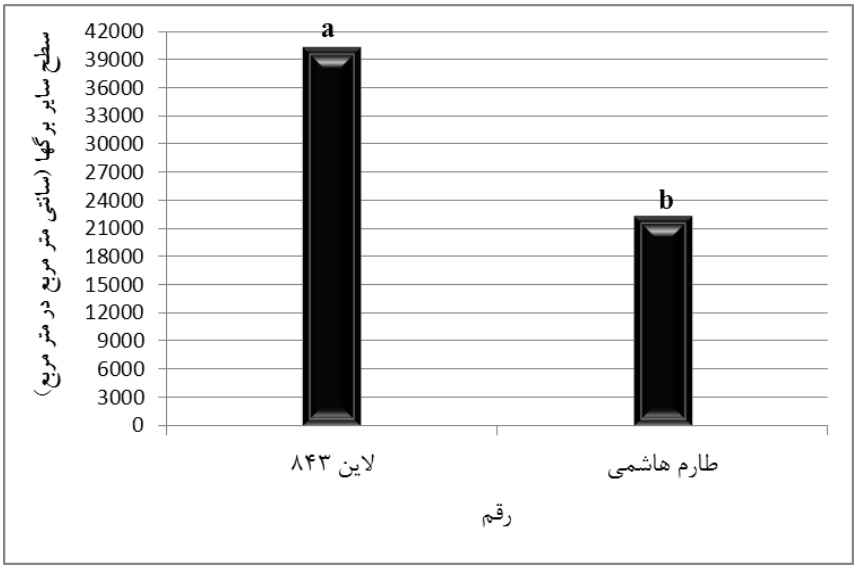
شکل۴-۱۲- مقایسه میانگین سطح برگ پرچم بین دو رقم مورد مطالعه



شکل۴-۱۳- مقایسه میانگین اثر مقدار مصرف سیلیس بر سطح برگ پرچم

۴-۳-۴- سطح سایر برگ‌ها (غیر از برگ پرچم)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنها اثر واریته بر سطح سایر برگ‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار است و اثر مقدار مصرف سیلیس (D) و اثرات متقابل (V×S)، (V×D)، (S×D) و (V×S×D) تاثیر معنی‌داری روی این صفت نداشتند (جدول پیوست ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میانگین سطح برگ‌ها در لاین ۸۴۳ برابر با ۴۰۴۵۸ سانتی‌متر مربع در متر مربع و در رقم طارم‌هاشمی برابر با ۲۲۴۵۷ سانتی‌متر مربع در متر مربع شد (شکل ۴-۱۴)، لازم به ذکر است که با مصرف ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار سیلیس، سطح سایر برگ‌ها ۱۴/۳۳ درصد، نسبت به شاهد افزایش یافت ولی این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود.

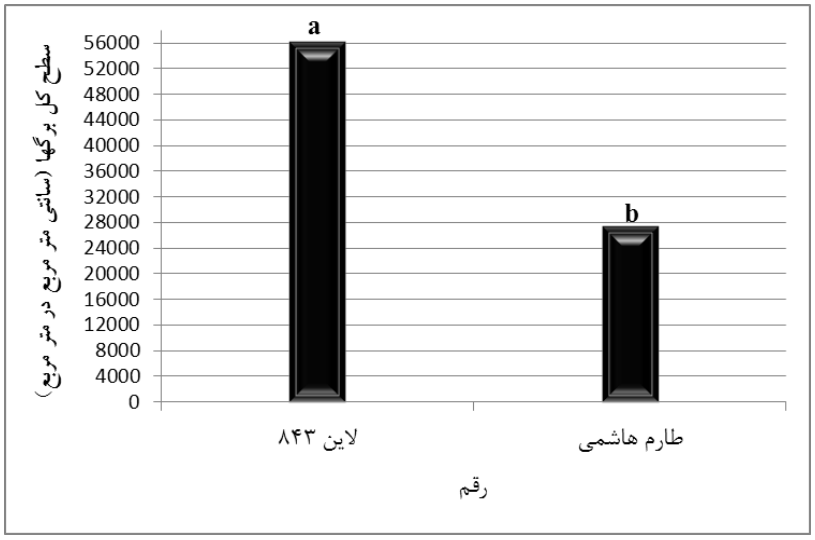


شکل۴-۱۴- مقایسه میانگین سطح سایر برگ‌ها بین دو رقم مورد مطالعه

۴-۳-۵- سطح کل برگ‌ها

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنها اثر واریته بر سطح کل برگ‌ها در سطح یک درصد معنی-دار است و اثر مقدار مصرف سیلیس (D) و اثرات متقابل (V×S)، (V×D)، (S×D) و (V×S×D) تاثیر معنی‌داری روی این صفت نداشتند (جدول پیوست ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میانگین سطح

کل برگ‌ها در لاین ۸۴۳ برابر با ۵۶۲۹۸ سانتی‌متر مربع در متر مربع و در رقم طارم‌هاشمی برابر با ۲۷۵۶۴ سانتی‌متر مربع در متر مربع شد (شکل ۴-۱۵)، همچنین با مصرف ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار سیلیس سطح کل برگ‌ها در این گیاه ۱۴/۲۶ درصد، نسبت به شاهد افزایش یافت ولی این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. فلاح (۲۰۰۰) به این نتیجه رسید که سیلیس سطح برگ برنج را افزایش داده و در نتیجه فتوسنتز محصول و وزن خشک برگ افزایش یافت.

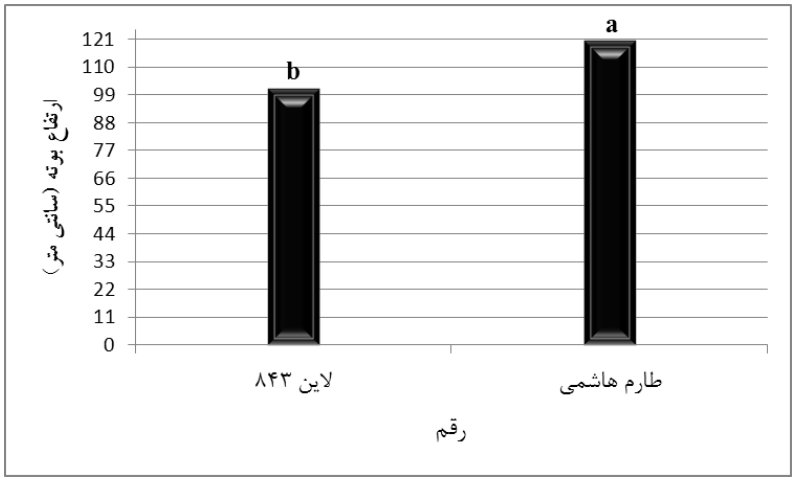


شکل۴-۱۵- مقایسه میانگین سطح کل برگ ها بین دو رقم مورد مطالعه

۴-۳-۶- ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس (جدول پیوست ۳) نشان داد که تنها اثر واریته در سطح احتمال یک درصد روی ارتفاع بوته اثر معنی‌دار داشته است و اثر مقدار مصرف سیلیس (D) و اثرات متقابل (V×S)، (V×D)، (S×D) و (V×S×D) تاثیر معنی‌داری روی این صفت نداشتند. نتایج حاصل از آزمون LSD نشان داد که میانگین ارتفاع بوته در لاین ۸۴۳ برابر با ۱۰۱/۶۹ سانتی‌متر و در رقم طارم‌هاشمی برابر با ۱۲۰/۸۸ سانتی‌متر است (شکل ۴-۱۶). مقدار مصرف منابع سیلیس از نظر آماری تاثیر معنی‌داری روی ارتفاع بوته نداشت ولی با مصرف ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار سیلیس ارتفاع بوته ۱/۹۲ درصد، نسبت به شاهد افزایش پیدا کرد. تحریک رشد گیاه در نتیجه مصرف سیلیس می‌تواند ناشی از دخالت این

عنصر در بزرگ شدن سلول و یا تقسیم سلولی باشد (الاواد و همکاران، ۱۹۸۲). نصری و همکاران (۱۳۸۷) و نصری و خلعتبری (۱۳۸۹) اعلام کردند که مصرف سیلیس سبب افزایش ارتفاع بوته گیاه کلزا می‌شود. فلاح و همکاران (۲۰۰۴) نیز نشان دادند، ارتفاع گیاه برنج تحت تاثیر تیمارهای سیلیس افزایش می‌یابد.

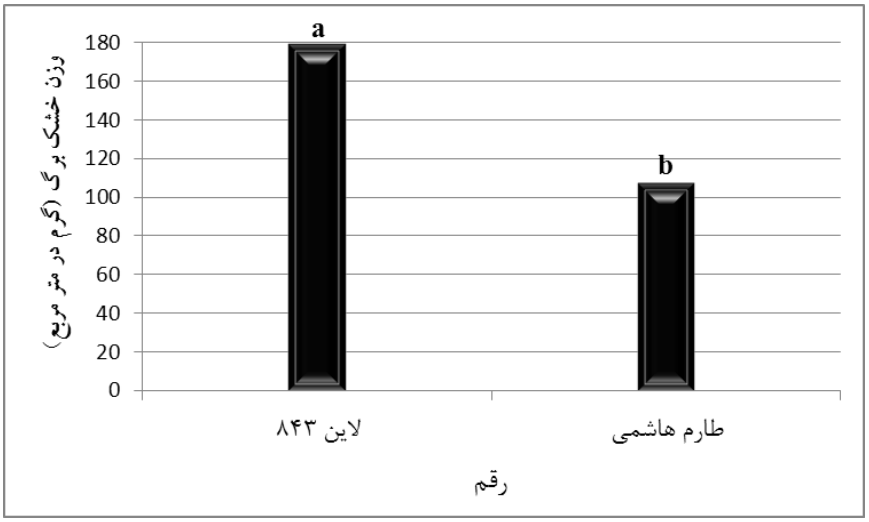


شکل۴- ۱۶- مقایسه میانگین ارتفاع بوته بین دو رقم مورد مطالعه

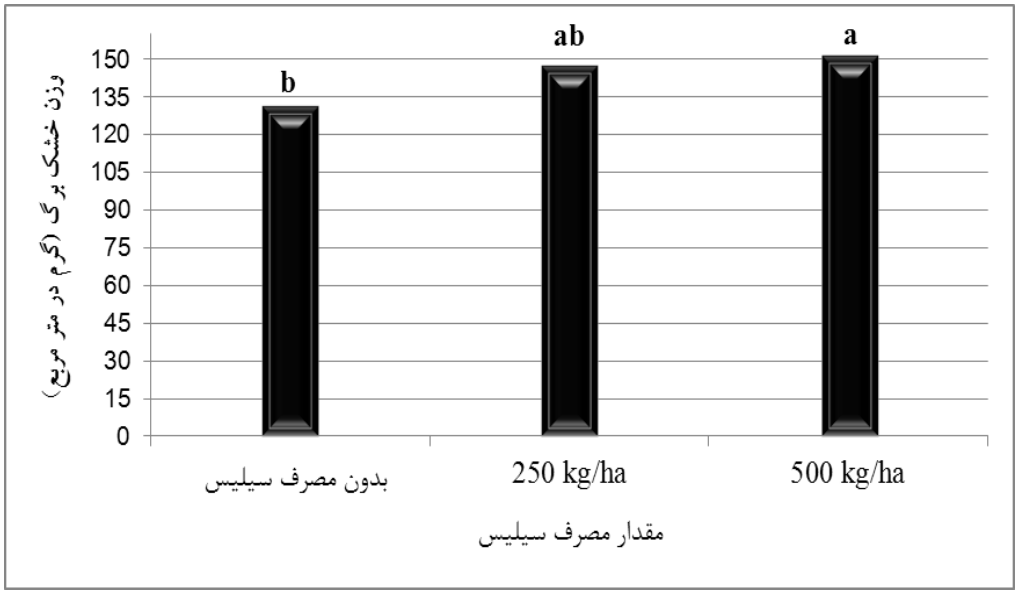
۴-۳-۷- وزن خشک برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر واریته بر وزن خشک برگ در سطح یک درصد و اثر مقدار مصرف سیلیس (D) در سطح ۵ درصد معنی‌دار است اما اثرات متقابل (V×S)، (V×D)، (S×D) و (V×S×D) معنی‌داری نشدند (جدول پیوست ۳). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد، میانگین وزن خشک برگ در لاین ۸۴۳ برابر با ۱۷۹ گرم در متر مربع و در رقم طارم‌هاشمی برابر با ۱۰۸ گرم در متر مربع می‌باشد (شکل ۴-۱۷)، همچنین نتایج نشان داد که با مصرف ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سیلیس وزن خشک برگ ۱۲/۰۱ درصد و با مصرف ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سیلیس وزن خشک برگ ۱۵/۲۹ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت (شکل ۴-۱۸). گائو و همکاران (۲۰۰۶) در آزمایشات خود دریافتند که با افزایش غلظت سیلیس در محلول غذایی وزن خشک برگ به طور کاملا

معنی‌داری افزایش یافت. فلاح (۲۰۰۰) نیز نتیجه گرفت که مصرف سیلیس با تحریک رشد گیاه باعث افزایش وزن خشک ساقه و برگ در گیاه برنج می‌شود. همچنین تجمع سیلیس در گیاه به عنوان یک عنصر معدنی سبب افزایش وزن خشک گیاه می‌شود و با توجه به اینکه تجمع این عنصر در برگ‌ها بیشتر است، تاثیر آن روی وزن خشک برگ بیشتر می‌باشد.



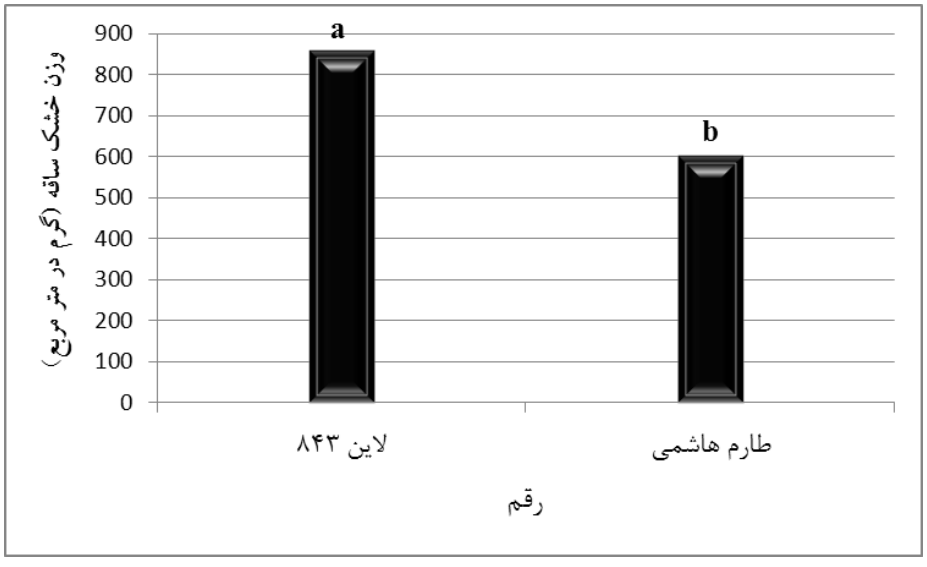
شکل۴- ۱۷- مقایسه میانگین وزن خشک برگ بین دو رقم مورد مطالعه



شکل۴- ۱۸- مقایسه میانگین اثر مقدار مصرف سیلیس بر وزن خشک برگ

۴-۳-۸- وزن خشک ساقه

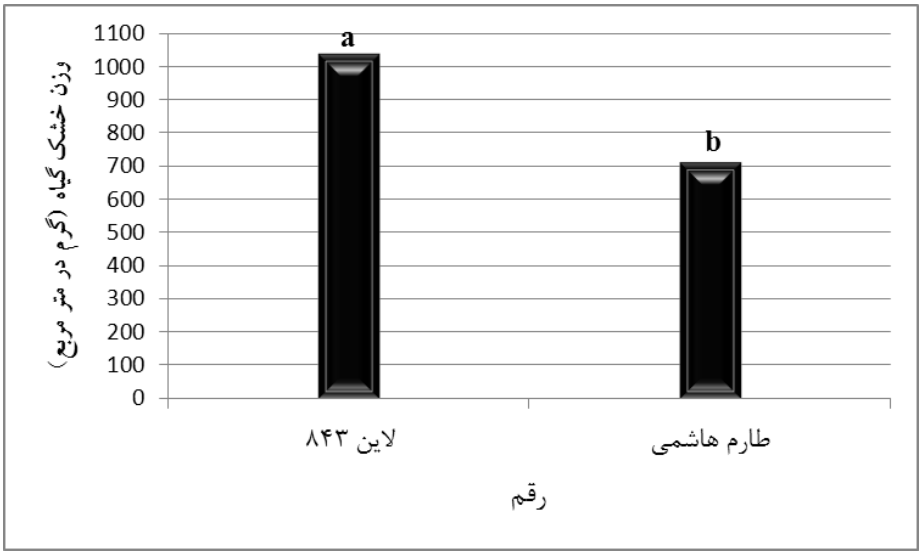
با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول پیوست ۳) اثر واریته بر وزن خشک ساقه در سطح یک درصد معنی‌دار شد و اثر مقدار مصرف سیلیس (D) و اثرات متقابل (V×S)، (V×D)، (S×D) و (V×S×D) تاثیر معنی‌داری روی این صفت نداشتند. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد، میانگین وزن خشک ساقه در لاین ۸۴۳ برابر با ۸۶۱ گرم در متر مربع و در رقم طارم‌هاشمی برابر با ۶۰۶ گرم در متر مربع می‌باشد (شکل ۴-۱۹)، همچنین مقدار مصرف کودهای سیلیسی از نظر آماری تاثیر معنی-داری روی وزن خشک ساقه نداشت اگرچه با مصرف ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار سیلیس وزن خشک ساقه ۱۲ درصد افزایش پیدا کرد. لی و همکاران (۱۹۸۹) در آزمایشات خود دریافتند که مصرف کودهای سیلیسی باعث افزایش وزن خشک ساقه در گندم می‌شود. الاواد و همکاران (۱۹۸۲) نیز اعلام کردند، سیلیس با تحریک رشد ساقه، رشد گندم را افزایش داده و باعث افزایش ماده خشک گردیده است (الاواد و همکاران، ۱۹۸۲).



شکل۴- ۱۹- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه بین دو رقم مورد مطالعه

۴-۳-۹- وزن خشک کل گیاه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنها اثر واریته بر وزن خشک کل در سطح یک درصد معنی-دار است اما اثر مقدار مصرف سیلیس (D) و اثرات متقابل (V×S)، (V×D)، (S×D) و (V×S×D) تاثیر معنی‌داری روی این صفت نداشتند (جدول پیوست ۴). نتایج مقایسه میانگین نشان داد، میانگین وزن خشک کل در لاین ۸۴۳ برابر با ۱۰۴۰ گرم در متر مربع و در رقم طارم‌هاشمی برابر با ۷۱۴ گرم در متر مربع می‌باشد (شکل ۴-۲۰). مقدار مصرف منابع سیلیس اگرچه از نظر آماری تاثیر معنی‌داری روی وزن خشک کل نداشت ولی با مصرف ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار سیلیس وزن خشک کل گیاه ۱۲/۵ درصد، نسبت به شاهد افزایش پیدا کرد. آزمایشی که کایا و همکاران (۲۰۰۶) روی گیاه ذرت انجام دادند نشان داد که کاربرد عنصر سیلیس منجر به افزایش وزن خشک گیاه شد. در آزمایشی که توسط گلچین و عزیزآبادی (۱۳۹۰) انجام شد دریافتند که کاربرد سیلیس در گلرنگ موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک کل در این گیاه می‌شود.

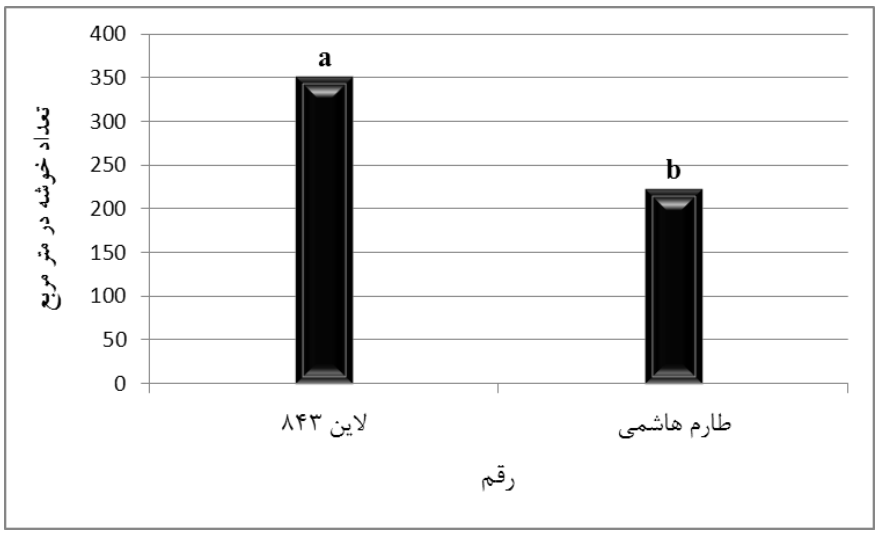


شکل۴- ۲۰- مقایسه میانگین وزن خشک کل گیاه بین دو رقم مورد مطالعه

۴-۴- تاثیر کود سیلیس بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه برنج

۴-۴-۱- تعداد خوشه

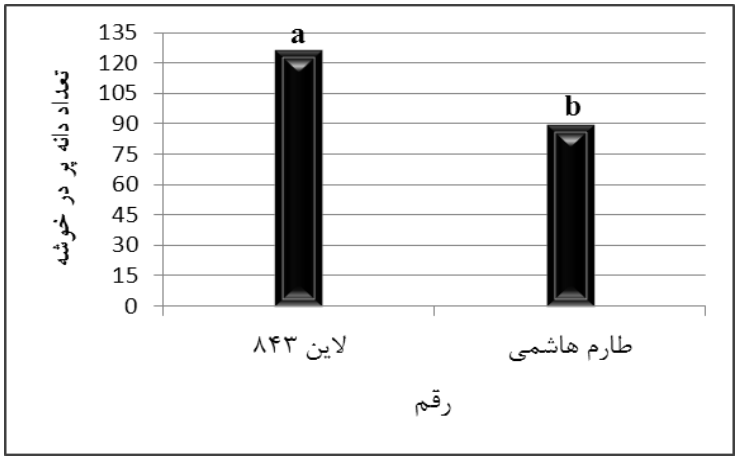
در تجزیه واریانس این صفت تنها اثر واریته بر تعداد خوشه در متر مربع در سطح یک درصد معنی‌دار شد و اثر مقدار مصرف سیلیس (D) و اثرات متقابل (V×S)، (V×D)، (S×D) و (V×S×D) تاثیر معنی‌داری روی این صفت نداشتند (جدول پیوست ۴). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد، میانگین تعداد خوشه در لاین ۸۴۳ برابر با ۳۵۲/۸۹ و در رقم طارم‌هاشمی برابر با ۲۲۴/۰۶ می‌باشد (شکل ۴-۲۱). مقدار مصرف سیلیس نیز از نظر آماری تاثیر معنی‌داری بر تعداد خوشه در متر مربع نداشت اگرچه با مصرف ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سیلیس تعداد خوشه در متر مربع ۸/۹۲ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش پیدا کرد. ماتسئو و همکاران (۱۹۹۵) اعلام کردند، کمبود این عنصر بر تعداد خوشه در غلات تاثیر منفی دارد. اوکادا و تاکاهاشی (۱۹۶۵) نیز گزارش کردند اگرچه اثر سیلیس روی تعداد خوشه در زمین‌های پست روند افزایشی داشت ولی این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار نشد.



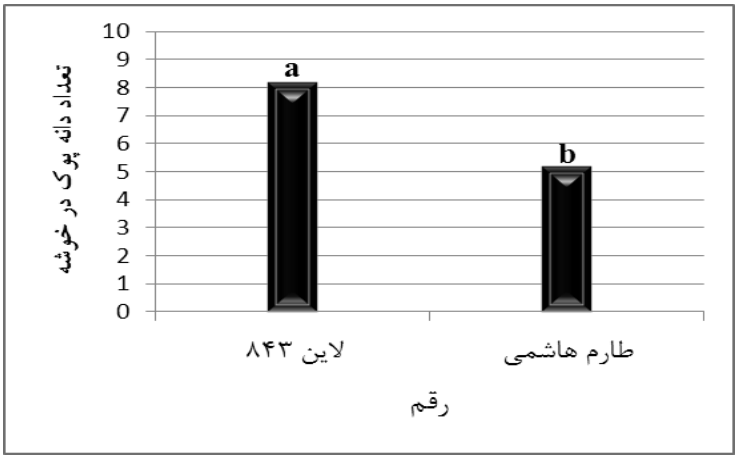
شکل۴- ۲۱- مقایسه میانگین تعداد خوشه بین دو رقم مورد مطالعه

۴-۴-۲- تعداد دانه پر، پوک و تعداد کل دانه در خوشه

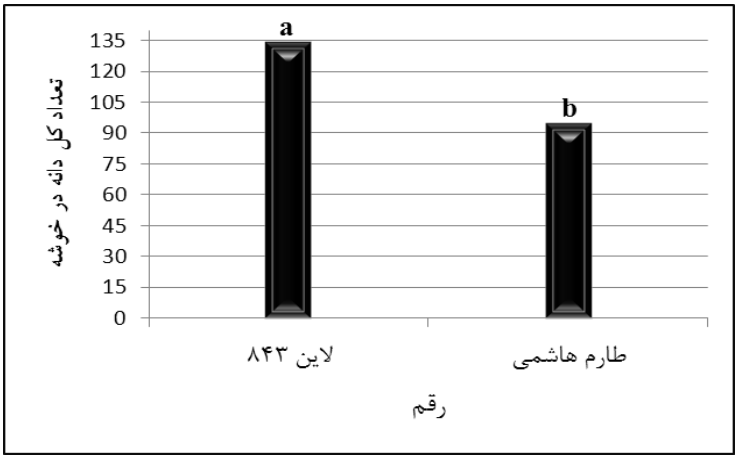
نتایج تجزیه واریانس این سه صفت نشان داد که تنها اثر واریته در سطح احتمال یک درصد روی آن‌ها اثر معنی‌دار داشته است و اثر مقدار مصرف سیلیس (D) و اثرات متقابل (V×S)، (V×D)، (S×D) و (V×S×D) معنی‌داری نشدند (جدول پیوست ۴). نتایج حاصل از آزمون LSD نشان داد که میانگین تعداد دانه پر در خوشه در لاین ۸۴۳ برابر با ۱۲۷ و در رقم طارم‌هاشمی برابر با ۹۰ عدد (شکل ۴-۲۲)، تعداد دانه پوک در خوشه در لاین ۸۴۳ برابر با ۸ عدد و در رقم طارم‌هاشمی برابر با ۵ عدد (شکل ۴-۲۳) و تعداد کل دانه در خوشه در لاین ۸۴۳ برابر با ۱۳۵ و در رقم طارم‌هاشمی برابر با ۹۵ عدد می‌باشد (شکل ۴-۲۴). مقایسه میانگین مربوط به مقدار مصرف سیلیس (D) در هیچ یک از این صفات معنی‌دار نشد، ولی کمترین تعداد دانه پر و تعداد کل دانه و بیشترین تعداد دانه پوک در خوشه مربوط به تیمار شاهد بود، به طوری که در مقایسه با شاهد، مصرف کود سیلیس توانست تعداد دانه پر و تعداد کل دانه در خوشه را به ترتیب ۳/۲۳ و ۲/۲۶ درصد افزایش و تعداد دانه پوک در خوشه را ۱۱/۸۴ درصد کاهش دهد. مائود و همکاران (۲۰۰۳)، افزایش عملکرد دانه با مصرف سیلیس را به افزایش تعداد خوشه‌چه در خوشه، درصد پر شدن دانه، درصد دانه رسیده و وزن هزاردانه نسبت دادند و اعلام کردند که سیلیس سبب افزایش عملکرد خوشه‌چه و تعداد دانه می‌شود و برای پایداری محصول برنج ضروری است. اما در آزمایشی که توسط کمالی‌مقدم و همکاران (۱۳۸۶) روی گیاه گندم انجام شد، اعلام کردند که سطوح مختلف سیلیس بر تعداد دانه در خوشه تاثیر معنی‌داری نداشت. نصری و همکاران (۱۳۸۷) نیز اعلام کردند که استفاده از این عنصر به عنوان منبع کودی سبب افزایش تعداد دانه در خورجین، در گیاه کلزا می‌شود.



شکل۴-۲۲- مقایسه میانگین تعداد دانه پر در خوشه بین دو رقم مورد مطالعه



شکل۴-۲۳- مقایسه میانگین تعداد دانه پوک در خوشه بین دو رقم مورد مطالعه



شکل۴- ۲۴- مقایسه میانگین تعداد کل دانه در خوشه بین دو رقم مورد مطالعه

۴-۴-۳- وزن هزار دانه

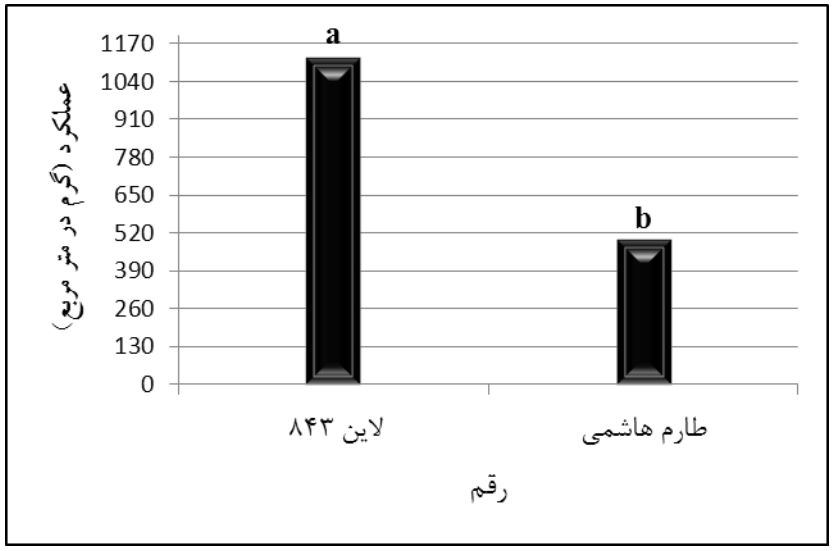
نتایج تجزیه واریانس نشان داد تنها اثر مقدار مصرف سیلیس (D) روی وزن هزاردانه در سطح یک درصد معنی‌دار است و اثر واریته (V) و اثرات متقابل (V×S)، (V×D)، (S×D) و (V×S×D) تاثیر معنی‌داری روی این صفت نداشتند (جدول پیوست ۵). نتایج مقایسه میانگین مربوط به مقدار مصرف کود سیلیس نشان داد که کمترین وزن هزاردانه مربوط به تیمار شاهد برابر با ۲۶/۰۶ گرم و بیشترین وزن هزاردانه مربوط به تیمار ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار (D_3) برابر با ۲۶/۹۳ گرم می‌باشد به طوری که مصرف کود سیلیس توانست وزن هزاردانه را ۳/۳۶ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش دهد، لازم به ذکر است که تیمار ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار سیلیس، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند (شکل ۴-۲۵). نصری و خلعتبری (۱۳۸۹) دریافتند که مصرف سیلیس در کلزا سبب افزایش وزن هزاردانه می‌شود. گرامی (۱۳۸۳) نیز طی آزمایشی روی برنج نتیجه گرفت که با افزایش سطح سیلیس وزن هزاردانه افزایش می‌یابد.

شکل۴- ۲۵- مقایسه میانگین اثر مقدار مصرف سیلیس بر وزن هزاردانه

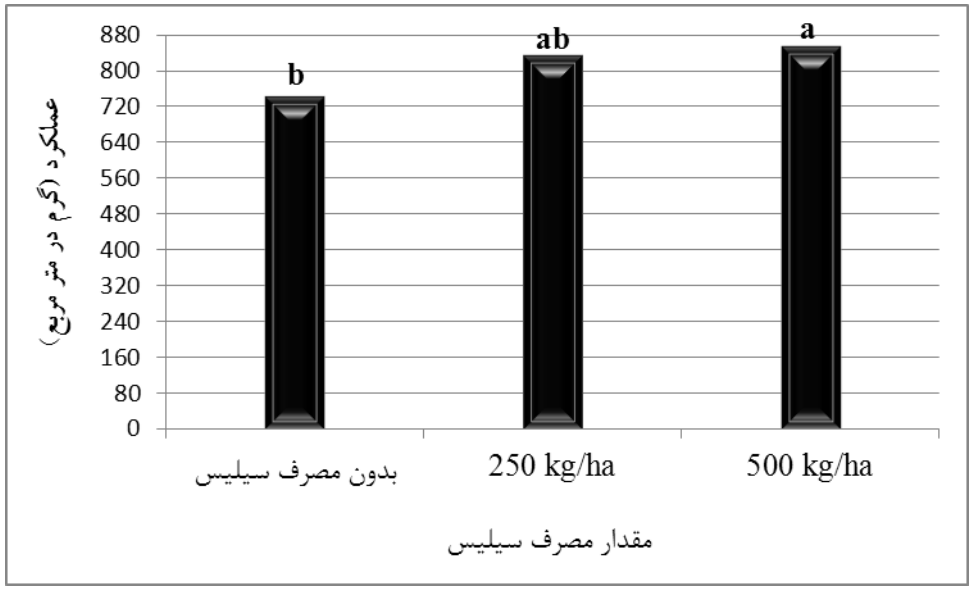
۴-۴-۴- عملکرد

نتایج تجزیه واریانس (جدول پیوست ۵) نشان داد که بین دو رقم مربوطه از لحاظ عملکرد اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد و اثر مقدار مصرف سیلیس (D) نیز در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد اما اثرات متقابل (V×S)، (V×D)، (S×D) و (V×S×D) معنی‌داری نشدند. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد، میانگین عملکرد در لاین ۸۴۳ برابر با ۱۱۲۶ گرم در متر مربع و در رقم طارم‌هاشمی برابر با ۵۰۱ گرم در متر مربع است (شکل ۴-۲۶)، همچنین مقایسه میانگین مربوط به مقدار مصرف عنصر سیلیس نشان داد که بین مصرف ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار و عدم مصرف سیلیس اختلاف معنی‌داری در عملکرد وجود دارد به طوری که بیشترین میانگین عملکرد مربوط به تیمار ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار (D_3) برابر با ۸۵۷/۸ گرم در متر مربع و کمترین میانگین عملکرد مربوط به تیمار شاهد (D_1) برابر با ۷۴۶/۵ گرم در متر مربع بود، در واقع با مصرف ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سیلیس مقدار عملکرد ۱۲/۱۶ درصد و با مصرف ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سیلیس مقدار عملکرد ۱۴/۹ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت (شکل ۴-۲۷). رودریگز و همکاران (۲۰۰۴) در آزمایشات خود به اثرات مثبت سیلیس بر افزایش عملکرد گیاه اشاره کردند. در آزمایشی که توسط کایا و همکاران (۲۰۰۶) انجام شد، اعلام کردند، کاربرد کود سیلیس در گیاه ذرت منجر به افزایش تولید در این گیاه می‌شود. نصری و خلعتبری (۱۳۸۹) نیز دریافتند که مصرف کودهای سیلیسی سبب افزایش عملکرد در گیاه کلزا می‌شود. ژانگ و همکاران (۲۰۰۸) نیز اعلام نمودند که با کاربرد سیلیس عملکرد گیاه برنج افزایش می‌یابد. محققان دلایل مختلفی را به افزایش عملکرد گیاه در نتیجه مصرف سیلیس نسبت داده اند به عنوان مثال آگاری و هم کاران (۱۹۹۳) اعلام کردند این عنصر با سرعت بخشیدن به رشد رویشی، افزایش تولید ماده خشک و کاهش تعرق، باعث افزایش کیفیت دانه و در نهایت عملکرد اقتصادی می‌گردد. ساموئل و همکاران (۱۹۹۳) بیان کردند که افزایش رشد و عملکرد گیاه در حضور سیلیس از طریق بهبود توانایی مکانیکی ساقه و برگ‌ها در جذب نور و افزایش ظرفیت

فتوسنتزی گیاه می‌باشد. باک و همکاران (۲۰۰۸) نیز اظهار داشتند، اثر سیلیس بر عملکرد به سبب توسعه مکانیسم‌هایی، موجب کاهش ورس، کاهش تعرق و افزایش ظرفیت فتوسنتزی می‌شود. فلاح (۱۳۸۰) نیز این افزایش عملکرد در نتیجه مصرف سیلیس در گیاه برنج را به افزایش تعداد سنبلچه در خوشه، درصد دانه رسیده و وزن هزاردانه نسبت داده است.



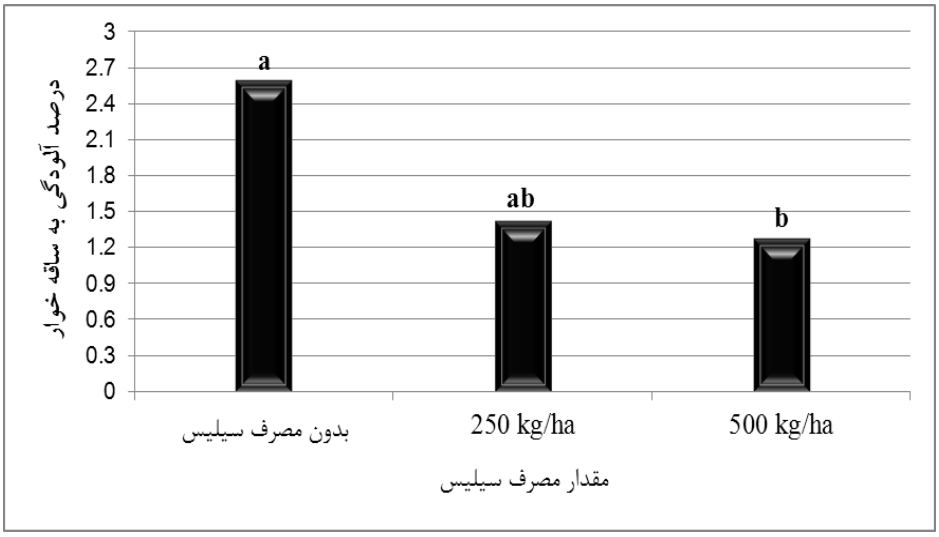
شکل۴- ۲۶- مقایسه میانگین عملکرد بین دو رقم مورد مطالعه



شکل۴- ۲۷- مقایسه میانگین اثر مقدار مصرف سیلیس بر عملکرد

۴-۵- تاثیر کود سیلیس بر تحمل به کرم ساقه‌خوار در گیاه برنج

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر مقدار مصرف سیلیس (D) و اثر متقابل رقم، نوع کود و مقدار مصرف سیلیس (V×S×D) در مورد این صفت در سطح ۵ درصد معنی‌دار شدند اما اثر واریته (V) و اثرات متقابل (V×S) (V×D) و (S×D) از نظر آماری تاثیر معنی‌داری روی این صفت نداشتند (جدول پیوست ۵). مقایسه میانگین بین مقادیر مختلف کود سیلیس نشان داد که بیشترین درصد آلودگی مربوط به تیمار شاهد (D_1) برابر با ۲/۵۹ درصد و کمترین درصد آلودگی به ساقه‌خوار مربوط به تیمار ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار (D_3) برابر با ۱/۲۸ درصد می‌باشد، ضمن اینکه بین تیمار (D_2) و (D_3) از لحاظ آماری اختلاف معنی داری وجود ندارد (شکل ۴-۲۸). مقایسه میانگین اثر متقابل رقم، نوع کود و مقدار مصرف سیلیس (V×S×D) نیز نشان داد که بیشترین درصد آلودگی مربوط به تیمار $V_2S_2D_1$ برابر با ۴/۳ درصد و کمترین درصد آلودگی به ترتیب مربوط به تیمارهای $V_1S_1D_2$، $V_1S_1D_3$ و $V_2S_2D_3$ برابر با ۰/۷۰۷ درصد است. به عبارت دیگر با افزایش مصرف کودهای سیلیسی میزان آلودگی به کرم ساقه‌خوار کاهش و تحمل گیاه به این آفت افزایش یافته است (جدول ۴-۱). انباشتگی سیلیس در اپیدرم بافت‌های گیاه، یک مکانیسم اصلی است که یک سیستم دفاعی را در برابر حمله حشرات و قارچ‌ها ایجاد می‌کند (بیل و همکاران، ۲۰۰۸). بوسکو پریز و مریک (۱۹۹۰) علت طغیان ساقه‌خواران در مزارع ذرت در نیجریه شرقی را به دلیل میزان کم سیلیس، در خاک منطقه می‌دانند. دجامین و پاتچ (۱۹۶۷) نیز، علت مقاومت بعضی از واریته‌های برنج به ساقه-خوار (*Chilo suppresalis* Walker) را در تفاوت میزان سیلیس ساقه در واریته‌های مختلف ذکر کرده‌اند.



شکل۴- ۲۸- مقایسه میانگین اثر مقدار مصرف سیلیس بر آلودگی به کرم ساقه‌خوار برنج

جدول۴-۱- مقایسه میانگین اثر رقم، نوع کود و مقدار مصرف سیلیس بر آلودگی به کرم ساقه‌خوار برنج

رقم	نوع کود سیلیس	مقدار مصرف سیلیس	درصد آلودگی به ساقه‌خوار
لاین ۸۴۳	SiO_2 73%	بدون مصرف سیلیس	۲/۶۵ ab
		۲۵۰ کیلوگرم در هکتار	۰/۷۰۷ b
		۵۰۰ کیلوگرم در هکتار	۰/۷۰۷ b
	بقایای معدن	بدون مصرف سیلیس	۲/۰۶ ab
		۲۵۰ کیلوگرم در هکتار	۱/۹۴ b
		۵۰۰ کیلوگرم در هکتار	۱/۸۴ b
طارم‌هاشمی	SiO_2 73%	بدون مصرف سیلیس	۱/۳۶ b
		۲۵۰ کیلوگرم در هکتار	۱/۶۵ b
		۵۰۰ کیلوگرم در هکتار	۱/۸۶ b
	بقایای معدن	بدون مصرف سیلیس	۴/۳ a
		۲۵۰ کیلوگرم در هکتار	۱/۴ b
		۵۰۰ کیلوگرم در هکتار	۰/۷۰۷ b

اعدادی که حداقل یک حرف مشترک دارند در سطح ۵ درصد معنی دار نمی‌باشند.

۴-۶- توصیه‌ها و پیشنهادات

کودهای سیلیسی یکی از منابع موثر در افزایش رشد و عملکرد در مزارع برنج می‌باشد.

با توجه به اینکه بیشترین مصرف سموم شیمیایی برای مبارزه با آفت کرم ساقه‌خوار در استان-های شمالی و در مزارع برنج انجام می‌شود لذا برای کاهش خسارت آفت کرم ساقه‌خوار، هزینه تولید و همچنین زیان‌های مصرف بی‌رویه سموم شیمیایی، مصرف کود سیلیس یکی از راه‌کارهای مناسب می‌باشد.

کود بقایای معدن سیلیس سوادکوه، به عنوان یک منبع مناسب کود سیلیسی می‌باشد که تاثیر آن با SiO_2 73% برابری می‌کند، مشروط بر اینکه حلالیت سیلیس آن افزایش یابد.

با توجه به نتایج بدست آمده، مصرف ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار سیلیس تاثیر بیشتری را روی صفات مورد بحث داشته است اما با توجه به اینکه بین مصرف ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار سیلیس در تمام صفات از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری وجود ندارد، در نتیجه برای کاهش هزینه‌های مربوط به خرید کود و اعمال آن در مزرعه، تیمار ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار (۳۴۲ کیلوگرم در هکتار SiO_2 73% و ۱۱۳۶ کیلوگرم در هکتار بقایای معدن سیلیس سوادکوه) بهترین سطح مصرفی کود سیلیس در مزرعه می‌باشد.

علی‌رغم ذخایر فراوان این عنصر در کشور و نقش غیر قابل انکار آن به عنوان یک غذای ضروری برای افزایش تولید ماده خشک، میزان فتوسنتز، عملکرد و کاهش حساسیت به آفات، سیلیس همچنان به عنوان یک عنصر فراموش شده در تغذیه گیاه بوده و تحقیقات کمی در مورد آن صورت گرفته است، بنابراین پیشنهاد می‌شود این آزمایش در چند سال متمادی انجام شود.

به علت انجام این آزمایش در کرت‌های بتونی، بهتر است در سال‌های آینده، آزمایش به صورت پایلوت در زمین کشاورزی انجام شود.

به علت تفاوت در نوع خاک، مواد آلی و شرایط محیطی بهتر است آزمایش در مناطق مختلف انجام شود.

علاوه بر تحقیقات کمی که در این زمینه انجام گرفته، از موانع موثر در کاهش استفاده از این کود، می‌توان به عدم دسترسی و گران بودن آن نیز اشاره کرد. برای مثال کود SiO_2 73% یک کود گران قیمت است که تولید آن در کشور ژاپن می‌باشد. همچنین استفاده از بقایای معدن سیلیس به عنوان یک کود، برای کشاورز بسیار سخت و دشوار خواهد بود، چون درصد سیلیس آن پایین (۲۲٪) و به میزان ۱ تا ۲ تن در هکتار باید مصرف شود تا موثر واقع شود. سیلیکات پتاسیم نیز که یک کود سیلیکاته محلول می‌باشد بسیار گران قیمت بوده و استفاده از آن برای کشاورز صرفه اقتصادی ندارد در نتیجه دولت باید راه‌کارهای مناسبی را برای استفاده بیشتر از این کود در کشاورزی ارائه دهد.

پیوست‌ها

شکل پیوست۱- لاین ۸۴۳ و رقم طارم‌هاشمی

شکل پیوست۲- مزرعه آماده کشت

بلوک ۳	بلوک ۲	بلوک ۱
$V_1S_1D_2$	$V_2S_1D_2$	$V_2S_2D_2$
$V_1S_2D_1$	$V_1S_2D_3$	$V_1S_2D_3$
$V_2S_2D_2$	$V_2S_2D_1$	$V_2S_2D_3$
$V_2S_2D_1$	$V_1S_1D_1$	$V_2S_2D_1$
$V_1S_2D_2$	$V_2S_1D_3$	$V_1S_1D_3$
$V_2S_1D_3$	$V_1S_1D_2$	$V_2S_1D_1$
$V_1S_1D_1$	$V_2S_2D_3$	$V_1S_1D_2$
$V_2S_1D_2$	$V_1S_1D_3$	$V_1S_1D_1$
$V_1S_1D_3$	$V_1S_2D_1$	$V_2S_1D_2$
$V_2S_1D_1$	$V_2S_2D_2$	$V_2S_1D_3$
$V_2S_2D_3$	$V_2S_1D_1$	$V_1S_2D_1$
$V_1S_2D_3$	$V_1S_2D_2$	$V_1S_2D_2$

شکل پیوست ۳- نقشه کشت

شکل پیوست ۴- تهیه خزانه

شکل پیوست ۵- آماده‌سازی مزرعه برای کاشت

شکل پیوست ۶- اعمال کودهای پایه و سیلیسی

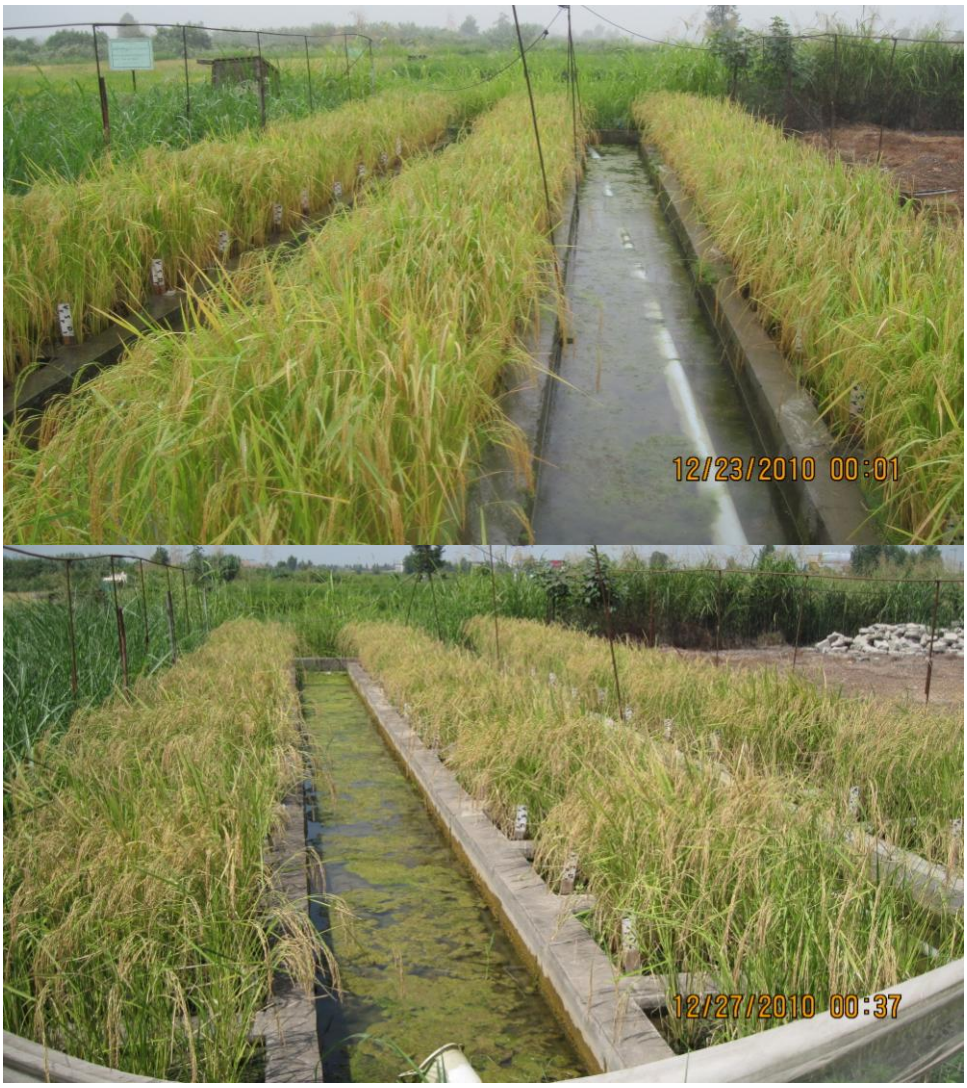
شکل پیوست ۷- نشاکاری

شکل پیوست ۸- وجین

شکل پیوست ۹- گل‌دهی رقم طارم‌هاشمی

شکل پیوست ۱۰- گل‌دهی لاین ۸۴۳

شکل پیوست ۱۱- آلودگی به کرم ساقه‌خوار



شکل پیوست ۱۲- برداشت

جدول پیوست ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

عوامل مورد تجزیه	نتیجه آزمون
عمق (Cm)	۰-۲۵
هدایت الکتریکی ($EC\times10^3$)	۱/۴۱
اسیدیته گل اشباع	۷/۴۴
کربن آلی (%)	۱/۵۰
نیتروژن کل (%)	۰/۱۶۸
فسفر قابل جذب (p.p.m)	۳۰/۲
پتاسیم قابل جذب (p.p.m)	۱۱۴
درصد شن	۲۰
درصد سیلت	۵۴
درصد رس	۲۶
بافت خاک	Silt lom

جدول پیوست ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در گیاه برنج تحت شرایط استفاده از سیلیس

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		سیلیس ساقه	سیلیس برگ	تعداد پنجه	زاویه برگ دوم با ساقه	سطح برگ پرچم
تکرار (r)	۲	۷۰/۷۵ ns	۴۴۵/۰۲۷ ns	۸۶۱/۵۸ ns	۱/۳۵ ns	۱۲۳۵۰/۷۷ ns
واریته (V)	۱	۱۴۱۸/۷۷**	۱۰۴۵/۴۴**	۲۱۳۴۴۴**	۴۲۵/۱۸**	۲۶۵۳۸۴۳۳/۰۵**
نوع کود سیلیس (S)	۱	۲۳۵/۱۱ ns	۱۰۰ ns	۶۰۸/۴۴ ns	۵/۶۰۱ ns	۲۲۷۶/۸۸ ns
مقدارمصرف سیلیس (D)	۲	۹۲۱/۰۸۳**	۴۶۸/۳۶ *	۲۱۲۱/۳۳ *	۱۵/۴۷۱*	۲۵۹۳۰۵/۸۸ *
اثر متقابل (VS)	۱	۱۸/۷۷ ns	۱۲۴۸/۴۴**	۱۸۶/۷۷ ns	۱/۳۶۸ ns	۷۲۷۳۸/۰۹ ns
اثر متقابل (VD)	۲	۴۷۰/۵۲۷ *	۳۱۸/۳۶۱*	۳۶۷ ns	۴/۲۸۵ ns	۸۲۳۷۵/۸۲ ns
اثر متقابل (SD)	۲	۳۳۷/۸۶۱ ns	۳۴/۰۸۳ ns	۳۲۴/۷۷ ns	۳/۰۵۳ ns	۱۸۸۲۰/۴ ns
اثر متقابل (VSD)	۲	۷۹/۱۹۴ ns	۵۸/۵۲ ns	۳۴۹/۷۷ ns	۲/۷۸۴ ns	۵۸۴۸۶/۱۵ ns
خطای کل	۲۲	۱۳۲/۲۹۵	۹۵/۲۷	۵۳۹/۱۲۸	۳/۴۱۶	۸۱۲۵۰/۶۲
ضریب تغییرات		۱۵/۲۶۸	۸/۸۲۴	۷/۳۹۸	۱۰/۶۳۷	۱۷/۰۱

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌دار بودن و معنی‌دار بودن در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

جدول پیوست ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در گیاه برنج تحت شرایط استفاده از سیلیس

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		سطح سایر برگها	سطح کل برگ ها	ارتفاع بوته	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه
تکرار (r)	۲	۴۹۶۹/۳۶۵ ns	۳۲۷۵۳/۹۵ ns	۱۰۳/۹ ns	۷۳۴/۳۷ ns	۱۵۹۰۵ ns
واریته (V)	۱	۷۴۶۵۹۴۴۹**	۱۹۰۲۲۲۴۸۲**	۳۳۱۶**	۴۵۸۸۵**	۵۸۷۸۶۳**
نوع کود سیلیس (S)	۱	۲۵۷۸۸۵۰/۵ ns	۲۴۲۷۸۷۲ ns	۹/۴۵۵ ns	۷۰۲/۳۸ ns	۴۳۱/۰۸۱ ns
مقدارمصرف سیلیس (D)	۲	۱۳۷۷۵۹۳/۱ ns	۲۶۲۱۹۱۷ ns	۱۶/۶۳۸ ns	۱۳۴۴/۶۷ *	۲۲۲۸۱/۲ ns
اثر متقابل (VS)	۱	۱۹۲۲۵۸۵/۶ ns	۲۷۴۳۲۴۱ ns	۷۳/۸۱ ns	۴۷۷/۵۳۱ ns	۶۶۰/۴۴ ns
اثر متقابل (VD)	۲	۴۱۹۰۰۴/۵ ns	۸۴۹۷۵۳ ns	۴۷ ns	۳۶۰/۰۸۶ ns	۶۲۸۳/۹۲ ns
اثر متقابل (SD)	۲	۷۲۲۸۱۷/۲ ns	۸۹۱۲۴۱ ns	۱۰/۸۷ ns	۹۹۱/۹۹ ns	۲۲۵۶۷/۱ ns
اثر متقابل (VSD)	۲	۱۰۱۴۰۲۴/۸ ns	۱۴۹۳۲۹۸/۳ ns	۴۹/۵۳ ns	۷۳۱/۱۹۴ ns	۱۴۷۸۷/۸ ns
خطای کل	۲۲	۹۰۳۵۴۵/۹۹	۱۴۳۰۵۴۶/۴۸	۴۸/۶۲	۵۳۷/۷۷	۱۴۱۵۰/۸
ضریب تغییرات		۱۸/۸۸	۱۷/۸۲۷	۶/۲۶۵	۱۶/۱۶۴	۱۶/۲۱۸

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌دار بودن و معنی‌دار بودن در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

جدول پیوست ۴- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در گیاه برنج تحت شرایط استفاده از سیلیس

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		وزن خشک کل	تعداد خوشه در متر مربع	تعداد دانه پر	تعداد دانه پوک	تعداد دانه در خوشه
تکرار (r)	۲	۲۱۵۱۹/۶۳ ns	۱۴۸۸/۸۶۱ ns	۷۳/۹۰۴ ns	۱/۲۹۸ ns	۹۴/۳۰۳ ns
واریته (V)	۱	۹۶۲۲۲۶/۹۳**	۱۴۹۳۸۲/۲**	۱۲۱۵۱/۷**	۸۱/۶۶۱**	۱۴۲۰۵/۴۶**
نوع کود سیلیس (S)	۱	۲۲۳۳/۹۸ ns	۷۳۸/۰۲۷ ns	۱۲۲/۱۳ ns	۰/۳۱۳ ns	۱۳۷/۳۵ ns
مقدارمصرف‌سیلیس(D)	۲	۳۴۵۷۲/۲۶ ns	۱۹۰۷/۵۲ ns	۳۹/۸۰۵ ns	۲/۲۹۶ ns	۲۲/۹۷۲ ns
اثر متقابل (VS)	۱	۲۲۶۱/۱۶ ns	۴/۶۹۴ ns	۹/۳۱۲ ns	۰/۲۳۳ ns	۶/۹۸۷ ns
اثر متقابل (VD)	۲	۹۴۶۶/۵ ns	۱۹/۰۸۳ ns	۴/۲۱۲ ns	۲/۹۷۲ ns	۶/۴۶ ns
اثر متقابل (SD)	۲	۳۳۰۰۳/۲۳ ns	۳۴۴/۶۹ ns	۵/۲۸۱ ns	۸/۴۷۷ ns	۱۳/۸۳۸ ns
اثر متقابل (VSD)	۲	۲۱۶۱۱/۴۶ ns	۶۱۸/۰۲۷ ns	۱۵/۵۳۵ ns	۷/۹۲۷ ns	۳۴/۵۲۳ ns
خطای کل	۲۲	۱۹۷۰۰/۳۴	۱۱۱۲/۹۸۲	۴۸/۳۵	۳/۰۴۸	۵۴/۶۸۹
ضریب تغییرات		۱۶/۰۰۵	۱۱/۵۶۴	۶/۴۲	۲۶/۰۱۷	۶/۴۳

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌دار بودن و معنی‌دار بودن در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

جدول پیوست ۵- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در گیاه برنج تحت شرایط استفاده ازسیلیس

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		وزن هزار دانه	عملکرد	میزان آلودگی به کرم ساقه خوار
تکرار (r)	۲	۰/۰۲ ns	۲۰۶۴۰/۸۶ ns	۱/۵۲۲ ns
واریته (V)	۱	۰/۷۲۵ ns	۳۵۱۲۵۰۰/۶ **	۰/۴۸۱ ns
نوع کود سیلیس (S)	۱	۰/۴۴۶ ns	۹۱۰/۰۲۷ ns	۲/۷۴۵ ns
مقدار مصرف سیلیس (D)	۲	۲/۴۶۱ **	۴۲۱۰۸/۶۹ *	۶/۲۳۲ *
اثر متقابل (VS)	۱	۰/۰۰۳۸ ns	۶۶۷/۳۶۱ ns	۰/۰۱۵ ns
اثر متقابل (VD)	۲	۰/۱۷۷ ns	۳۸۸۸/۰۲۷ ns	۰/۱۵۹ ns
اثر متقابل (SD)	۲	۰/۱۷۶ ns	۳۰۱۶/۸۶۱ ns	۱/۰۶۹ ns
اثر متقابل (VSD)	۲	۰/۷۵۵ ns	۴۴۱۱/۱۹۴ ns	۷/۴۵۷ *
خطای کل	۲۲	۰/۳۲۷	۱۴۳۹۲/۸۶	۱/۹۱۹
ضریب تغییرات		۲/۱۵۳	۱۴/۷۴	۷۸/۳۵۱

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌دار بودن و معنی‌دار بودن در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

منابع

۱. ابراهیم زاده ح. ۱۳۸۰. **فیزیولوژی گیاهی** (مبحث تغذیه و جذب)، انتشارات دانشگاه تهران. ۵۹۷ صفحه.

۲. اخوت م. و وکیلی د. ۱۳۷۶. **برنج** (کاشت، داشت، برداشت)، انتشارات فارابی. ۲۱۲ صفحه.

۳. بهتاش ف.، طبابایی س.ج.، ملکوتی م.ج.، سرورالدین م.ح.و اوستان ش. ۱۳۸۹. اثر کادمیوم و سیلیسیم بر رشد و برخی ویژگی های فیزیولوژیکی چغندر لبویی. مجله دانش کشاورزی پایدار. جلد۲. شماره ۱. ص:۶۷-۵۳.

۴. بندانی م. و عبدل زاده ا. ۱۳۸۶. اثر تغذیه سیلیکون در تحمل به شوری گیاه پوکسینلیا دیستنس *Puccinellia distans***.** مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. جلد۱۴.شماره۳. ص: ۹-۱.

۵. پاداشت دهکایی ف. ۱۳۷۸. آثار نیتروژن و سیلیس روی بیماری بلاست برنج. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۰، شماره ۴، ص: ۷۴۲-۷۳۵.

۶. پیوست غ.، زارع م.ر. و سمیع‌زاده ح. ۱۳۸۷. اثر متقابل سطوح مختلف سیلیسیم و تنش شوری بر رشد کاهوپیچ تحت شرایط کشت درسیستم لایه نازک محلول غذایی(NFT). مجله علوم و صنایع کشاورزی، ویژه علوم باغبانی، جلد۲۲، شماره ۱. ص: ۸۸-۷۹.

۷. حسینی م. و نیکنامی م. ۱۳۸۰ . بررسی عوامل مؤثر بر بکارگیری زنبور تریکوگراما در کنترل کرم ساقه خوار برنج توسط شالیکاران شهرستان آمل. مجله ی علوم کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی، جلد ۷، شماره ۱، ص: ۱۰۷-۹۵.

۸. حق پرست م. و عزیزی پ. ۱۳۶۳. تاثیر سیلیکات سدیم بر قابلیت استفاده جذب فسفر و مشاهده اثر جنبی آن بر روی مقاومت گیاه برنج (بینام) در مقابل کرم ساقه خوار. گزارش طرح تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان.

۹. خدابنده ن. ۱۳۷۲. **زراعت غلات،** انتشارات دانشگاه تهران. ۴۵۴ صفحه.

۱۰. خدابنده ن. ۱۳۸۴. **غلات**. چاپ هشتم. انتشارات دانشگاه تهران. ۵۳۷ صفحه.

۱۱. خسروشاهی م.، دزفولیان ع. و نیکخو ف. ۱۳۵۴. بررسی تأثیر سموم حشره کش گرانول و محلول علیه آفت ساقه خوار برنج. نشریه مؤسسه آفات و بیمار یهای گیاهی، شماره ۴۰. ص: ۲۶-۱۶.

۱۲. خوشگفتارمنش، ا. ح. ۱۳۸۶. **مبانی تغذیه گیاهی،** انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. ۴۸۵ صفحه.

۱۳. دستان س.، قاسمی میانایی آ.، مبصر ح.ر. و میر هادی م.ج. ۱۳۹۰. نتایج کاربرد سیلیس و پتاسیم بر خصوصیات مرفولوژیکی وابسته به ورس و عملکرد کمی برنج رقم طارم هاشمی. دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران. تبریز. ۱۴-۱۲ شهریور. ص: ۸۶-۸۲.

۱۴. رضوانی ن. و شاه حسینی ج. ۱۳۵۵. بررسی اکولوژی آفت ساقه خوار برنج در مازندران شرقی. نشریه مؤسسه بررسی آفات و بیماری های گیاهی. نشریه شماره ۴۳. ص: ۳۸-۱.

۱۵. سالاردینی ع. و مجتهدی م. ۱۳۶۷. **اصول تغذیه گیاه** (ترجمه)، مرکز نشر دانشگاهی. ۲۴۴ صفحه.

۱۶. سرمدنیا غ. و کوچکی ع. ۱۳۷۶. **فیزیولوژی گیاهان زراعی،** انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۰۰ صفحه.

۱۷. سیدلر فاطمی ل.، طباطبایی ج. و فلاحی ا. ۱۳۸۸. اثر سیلیسیوم بر رشد و عملکرد گیاه توت فرنگی در شرایط تنش شوری. مجله علوم باغبانی، جلد۲۳ ، شماره۱: ص: ۹۵-۸۸.

۱۸. شهدی کومله، ع. ۱۳۷۹. بررسی تاثیر متقابل کاربرد سیلیسیوم و فسفر در وضع ظاهری، عملکرد و برخی خصوصیات شیمیایی خاک شالیزار. گزارش نهایی. موسسه تحقیقات برنج کشور، رشت: ۱۴.

۱۹. شهدی کومله ع. و کاوسی م. ۱۳۸۳. بررسی اثر متقابل سیلیسیوم و فسفر بر رشد و عملکرد برنج (*Oryza sativa* L.). مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۵، شماره ۳، ص: ۵۸۶-۵۸۱.

۲۰. صائب ح.، نوری قنبلانی ق. و رجبی غ. ۱۳۸۰. مقایسه مقاومت تعدادی از ژنوتیپ های برنج استان گیلان نسبت به کرم ساقه خوار نواری برنج و بررسی نقش سیلیس در ایجاد مقاومت. مجله علوم کشاورزی، جلد ۷، شماره۴. ص: ۲۵-۱۷.

۲۱. طبری م.، قهاری ح. و علی‌نیا ف. ۱۳۸۵. ارزیابی خسارت کرم ساقه خوار برنج (*Chilo suppressalis* Walker) روی ارقام مختلف برنج. مجله کشاورزی دانشگاه ابوریحان، جلد ۷، شماره ۲. ص: ۴۶-۳۷.

۲۲. عبداللهی مبرهی ش. ۱۳۷۶. تعیین پایدار عملکرد لاین‌های پیشرفته برنج. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. ۹ صفحه.

۲۳. عسکریان زاده ع. و جعفری س. ۱۳۸۶. بررسی اثر کود سیلیکات پتاسیم در مزارع نیشکر بر میزان آلودگی به ساقه خواران .*Sesamia spp* و عملکرد نیشکر. مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج. ص: ۸۱۰-۸۰۹.

۲۴. علیان نژاد ش. و محدثی ع. ۱۳۸۷. گزارش نهایی طرح تحقیقی و ترویجی با عنوان مقایسه لاین برنج ۸۴۳ با ارقام رایج منطقه. مرکز تحقیقات برنج کشور، مازندران، آمل. شماره مصوب: ۸۷/۱۸۲.

۲۵. فلاح ا. ۱۳۸۰. نقش سیلیس در گیاهان. انتشارات موسسه تحقیقات برنج کشور. ۳۲ صفحه.

۲۶. فلاح ا. ۱۳۸۲. بررسی تاثیر مصرف سیلیس بر روی رشد و عملکرد برنج. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. معاونت موسسه تحقیقات برنج مازندران. ۱۵ صفحه.

۲۷. قائمی م.ر. ۱۳۶۸. نتایج بررسی تاثیر رژیم آبیاری بر عملکرد محصول برنج (رقم بینام)، گزارش پژوهشی تحقیقات مازندران. ۶ صفحه.

۲۸. قهاری ح.، ساکنین ح. و استوان ه. ۱۳۸۴ . اثرات بیولوژیک سه حشره کش دیازینون، اتریمفوس و کلرپیریفوس روی تراکم و فعالیت بندپایان غیر هدف. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گرگان، جلد۱۲، شماره ۴. ص: ۱۳۷-۱۲۵.

۲۹. کافی م.، لاهوتی م.، زند ا.، شریفی ح. و گلدانی م. ۱۳۷۹. **فیزیولوژی گیاهی** (ترجمه). جلد اول، جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۵۶ صفحه.

۳۰. کاوسی م. ۱۳۸۲. تعیین غلظت بحرانی سیلیسیوم در دو رقم برنج (بینام و خزر) تحت شرایط گلدانی. موسسه تحقیقات برنج کشور. بخش تحقیقات خاک و آب. شماره مصوب: ۰۴۸-۸۱-(۱۴-۷۹)-۱۸-۱۱۸.

۳۱. کمالی مقدم ع.، ملکوتی م.ج. و لطف اللهی م. ۱۳۸۳. بررسی تاثیر سیلیسیم (Si) بر عملکرد و میزان پروتئین گندم. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. ایستگاه تحقیقات خاک و آب کرج. ۲ صفحه.

۳۲. کمالی مقدم ع.، ملکوتی م.ج. و لطف اللهی م. ۱۳۸۶. بررسی تاثیر مولیبدن (Mo) و سیلیسیم (Si) بر عملکرد و میزان پروتئین گندم. مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج. ص: ۶۸۴-۶۸۳.

۳۳. گرامی م. ۱۳۸۳. بررسی اثر سیلیس و ازت بر روی رشد و عملکرد برنج در شرایط گلدانی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده علوم پایه (گروه زیست شناسی). دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.

۳۴. گلچین ا. و عزیز آبادی ا. ۱۳۹۰. بررسی تاثیر سیلیسیم و پتاسیم بر شاخص های رشد گلرنگ. دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران، تبریز. ۱۴-۱۲ شهریور. ص: ۱۶۰-۱۵۶.

۳۵. محقق پ.، خوشگفتارمنش ا.ح.، شیروانی م. و قاسمی س. ۱۳۸۸. تاثیر تغذیه سیلیسیم بر رشد و عملکرد دو ژنوتیپ خیار در سیستم هیدروپونیک. اولین کنگره ملی هیدروپونیک و تولیدات گلخانه ای، دانشگاه صنعتی اصفهان. ص: ۷۳-۷۲.

۳۶. محمدزاده صوفی ع. ۱۳۷۶. کلیاتی از مبارزه آفات و نکاتی درباره آفت کرم ساقه خوار برنج. سنبله ۸۹. ص: ۶۹-۶۶.

۳۷. مقدس ح. ۱۳۷۳. بررسی پراکندگی و بیواکولوژیک کرم ساقه خوار برنج در استان اصفهان (گزارش پژوهشی سال ۱۳۷۲). سازمان کشاورزی استان اصفهان.

۳۸. مقدس ح. و نصیری م.ص. ۱۳۷۴ . گزارش آفت پروانه کرم ساقه خوار برنج (*Chilo suppressalis* Walker) از مزارع برنج کاری استان اصفهان و بررسی بیولوژی و پراکنش آن در منطقه‌ی آلوده. خلاصه مقالات چهاردهمین کنگره گیاهپزشکی ایران، صفحه ۷۸.

۳۹. موسوی م. ۱۳۵۸. کرم ساقه خوار برنج در گیلان. نشریه مؤسسه بررسی آفات و بیمار یهای گیاهی، شماره ۴۷. ص: ۱۹۷-۱۷۹.

۴۰. نصری م. و خلعتبری م. ۱۳۸۹. بررسی تراکم کاشت و عنصر سیلیس بر عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیک در کلزا هیبرید (*Hyola-42*). خلاصه مقالات همایش ملی دستاوردهای نوین در تولید گیاهان با منشاء روغنی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد.

۴۱. نصری م.، خلعتبری م.، پاک نژاد ف.، حسن پور ج. و کسرایی پ. ۱۳۸۷. تاثیر سطوح مختلف محلول پاشی عنصر سیلیسیم و تراکم کاشت بر خصوصیات کمی کلزا – *Hyola (42)* در شرایط آب و هوایی ورامین. فصلنامه (دانش کشاورزی ایران). جلد ۵. شماره ۳. ص: ۳۲۵-۳۱۵.

۴۲. نصیری محلاتی م.، کوچکی ع.، رضوانی مقدم پ. و بهشتی ع. ۱۳۸۰. **اگرواکولوژی**. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۴۵۳ صفحه.

۴۳. نورمحمدی ق.، سیادت ع. و کاشانی ع. ۱۳۸۰. **زراعت غلات**. جلد اول. انتشارات شهید چمران. ۴۴۶ صفحه.

۴۴. هاشمی دزفولی ا.، کوچکی ع. و بنایان م. ۱۳۷۵. **افزایش عملکرد گیاهان زراعی** (ترجمه)، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۸۸ صفحه.

۴۵. همیشگی م. و بابا اکبری م. ۱۳۸۷. **تکنولوژی برنج** (کاشت، داشت، برداشت). انتشارات سازمان نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی کشور. ۲۷۷ صفحه.

46. Agarie, S., Uchida, H., Agata, W., Kubota, F. and Kaufamn, B. 1993. Effect of silicon on growth, dry matter production and photosynthesis in rice (*oryza sativa* L.). Crop production and improvement technology. 34:225-234.

47. Ahmad, R., Zaheer, S.H.A. and Ismail, I.S. 1992. Role of silicon in salt tolerance of wheat (*Triticom aestivum* L.). Plant Science. 85:43-50.

48. Akbar Hossainab, K., Horiuchia, T. and Miyagawaa, S. 2001. Effects of silicate materials on growth and grain yield of rice plants grown in clay loam and sandy loam soils. United Graduate School of Agricultural Science, Gifu University, Gifu, 501-1193, Japan. Soil Resource Development Institute (SRDI), Dhaka, 1215, Bangladesh.

49. Arthur, W. 1989. Relationships among nitrogen, silicon and heavy metal uptake by plants. Soil Sci. 147: 457- 460.

50. Ashraf, M. 1995. Adoption of integrated pest management technology by Ohio apple growers, Ph.D. Dissertation, Ohio State University. Dissert. Abst. International.

51. Balastra, M.L., Juliano, C.M. and Villreal, P. 1989. Effect of silica level on some proprietes *oryza sativa* straw and Hult. Canadian Journal of Botany. 67: 2356-2363.

52. Bergmann, W. 1992. Nutritional disorders of plants development: Visual and Analytical Diagnosis. Gustav Fisher Verlag Jena, Stuttgart, New York, 741 pp.

53. Biel, K., Matichenkov, V. and Fomina, I. 2008. Role of silicon in plant defensive system. Silicon in Agriculture Conference South Africa. pp: 28.

54. Bosque Perez, N.A. and Mareck, J.H. 1990. Distribution and species composition of lepidopterist maize borers in southern Nigeria. Bulletin of Entomological Research, 80: 363- 368.

55. Bowen, P.A., Menzies, J.G., Ethret, D.L., Samuels, L. and Glass, A.M.D. 1992. Soluble silicon sprays inhibit powdery mildew development on grape leaves, J. Am. Soc. Hortic. Sci., 117: 906-912.

56. Buchanan, B., Cruissem, W. and Jones, R. 2000. Biochemistry and molecular biology of plants. America Society of Plant Physiologists. pp: 82-91.

57. Buck, G.B., Korndorfer, G.H., Nolla, A. and Coelho, L. 2008. Potassium silicate as foliar spray and rice blast control. J. Of Plant Nutr. 31(2): 231-237.

58. Chaoming, Z., Jianfei, L. and liping, C.H. 1999. Yield Effects on the application of silicon fertilizer in early hybrid Rice, Journal article. 2:79-80.

59. Chen, Y. 1990. Characteristics of Silicon uptaking and accumulation in rice. J. Guizhou Agric. Sci., 6:37-40.

60. Chen, W., Yao, X., Cai, K. and Chen, J. 2010. Silicon Alleviates Drought Stress of Rice Plants by Improving Plant Water Status, Photosynthesis and Mineral Nutrient Absorption. Key Laboratory of Ecological Agriculture of Ministry of Agriculture, South China Agricultural University, Guangzhou, China.

61. Cherif, M., Asselin, A. and Belanger R.R. 1994. Defense responses induced by soluble silicon in cucumber. Roots infected by *Pythium spp.* Phytopathology 84: 236- 242.

62. Cherif, M. and Belanger, R.R. 1992. Use of potassium silicate amendments in recirculating nutrient solutions to suppress *Pythium ultimum* on Long English Cucumber. Plant Disease. 76(10): 1008-1011.

63. Corrales, I., Poschenrieder, C. and Barcello, J. 1997. Influence of silicon pretreatment on aluminum toxicity.in maize roots. Plant and Soil 199: 203- 209.

64. Datnoff, L.E., Deren, C. W. and Snyder, G.H. 1997. Silicon fertilization for disease management of rice in Florida. Crop Prot. 16:525-531.

65. Datnoff, L.E., Raid, R.N., Snyder, G.H. and Jones, D.B. 1991. Effect of Calcium silicate on blast and brown spot intensities and yield of rice. Plant Dis.75:729-735.

66. Datnoff, L.E., Snyder, G.H. and Korndorfer, G.H. 2001. Silicon in Agriculture. Studies in plant science. Amsterdam: Elsevier, 403 pp.

67. Datta, S.K. 2004. Rice biotechnology: a need for developing countries. Bio Forum 7: 31-35.

68. Djamin, A. and Potach, M.D. 1967. Role of silica in resistance to Asiatic rice borer, *Chilo suppressalis* Walker, in rice varieties. Journal of Economic Entomology, 60:347-351.

69. Dobermann, A. and Fairhurst, T. 1997. Field Handbook. Nutritional disorders and nutrient management in rice. International Rice Research Institute (IRRI). Potash and phosphate Institute of Canada (PPIC) 162 pp.

70. Doberman, A. and Fairhurst, T. 2000. Rice nutrient disorders and nutrient management. International Rice Research Institute. LosBanos.

71. Elawad, S.H., Allen, L.H. and Gascho, G.J. 1985. Influence of UV-B radiation and soluble silicates on the growth and nutrient concentration of sugarcane. Soil and Crop Science Society Florida Proceeding, 44:134-141.

72. Elawad, S.H., and Green, V.E. 1979. Silicon and the rice plant environment: A review of recent research. Riv.Riso. 28: 235-253.

73. Elawad, S. H., Gascho, G. J. and Street, J. J. 1982. Response of sugarcane to silicate source & rate. Growth & Yield. Agronomy Journal, 74: 481- 484.

74. Elawad, S.H., Gascho, G.H. and Street, J.J. 1982. Response of sugarcane to silicate source and rate. 2. Leaf freckling and nutrient content. Agronomy. J. 74: 484- 487.

75. Elawad, S.H., Gascho, G.J. and Street, J.J. 1982. Response of sugarcane to silicate source and rate. 1. Growth and yield. Agronomy. J. 74: 781-783.

76. Epstein, E. 1991. Silicon. Annu. Rev. Plant Physiology Plant Molecular Biology 50: 641– 664.

77. Epstein, E. 2009. Silicon: Its manifold roles in plants. Department of Land, Air and Water Resources – Soils and Biogeochemistry, University of California, Davis, CA, USA. pp: 155-160.

78. Epstein, E. 1991. The anomaly of silicon in plant biology. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 91:11-17.

79. Fallah, A. 2000. Effects of silicon and nitrogen on growth, lodging and spikelet filling in Rice (*Oryza sativa* L.). Ph. Thesis. UPLB.

80. Fallah, A., Visperas, R.M. and Alejar, A.A. 2004. The interactive effect of silicon and nitrogen on growth and spikelet filling in rice (*Oryza sativa* L.). Philipp. Agric. Scientist. 87: 174-176.

81. FAO, (Food and agriculture organization of the United Nation). 2007. Available in: WWW.World Wheat production, World Maize production, World Rice production.com.

82. Gao, X., Zou, C.H., Wang, L. and Zhang, F. 2006. Silicon decreases transpiration rate and conductance from stomata of maize plants. J. Plant Nutrition, 29:1637- 1647.

83. Ghasempour, A., Mohammadkhah, A., Najafi, F. and Radjabzadeh, M. 2002. Monitoring of pesticides Diazinon in soil, stem and surface water of rice fields. Analytical Science, 18:779-783.

84. Gillman, J.H., Zlesak, D.C. and Smith, J.A. 2003. Applications of potassium silicate decrease black spot infection in Rosa 132plitt Meipelta (*Fuschia Meidland*). Hort. Sci. 38: 1144-1147.

85. Harris, K.M. 1990. Bio ecology of *Chilo species*. Insect Science Appl., 11:467-477.

86. Hattori, T., Sonobe, K., Inanaga, S., An, P. and Morita, S. 2008. Effects of silicon on photosynthesis of young cucumber seedlings under osmotic stress. Journal of Plant Nutrition 31:1046-1058.

87. Heath, M.C., and Stumpf, M.A. 1986. Untreated and silicon- depleted French bean cells. Physiol. Mol. Plant pathol. 29: 27-39.

88. Heinriches, E.A. 1994. Biology and management of rice insect pests. International Rice Research Institute Publishing, 779 pp.

89. Henriet, C., Draye, X., Oppitz, I., Swennen, R. and Delvaux, B. 2006. Effects, distribution and uptake of silicon.in banana (*Musa spp*.) under controlled condition. J Plant Soil 287: 359-374.

90. Inanaga, S., Okasaka, A. and Tanaka, S. 1995. Does silicon exist in. association with organic compounds in rice plant? Jpn. j. soil sci. plant nutrition: 11: 111-117.

91. Islam, A. and Saha, R.C. 1969. Effects of silicon on the chemical composition of rice in plants. Plant Soil. 30: 446- 458.

92. Iwasaki, K., Maier, P., Fecht, M. and Horst, W.J. 2000. Leaf apoplectic silicon enhances manganese tolerance .of cowpea. Plant Physiology 159: 167-173.

93. James, H.C. and Yoshida, S. 1970. An assessment of the effect silicate application on rice by assimilation method. Soil Sci. Plant Nutr. 16: 212-214.

94. Jianfeng, M. and Takahashi, E. 1990. Effect of silicon on the growth and phosphorus uptake of rice. Plant Soil. 126: 115-119.

95. Joliano, B.O. 1993. Rice in human nutrition. Fao. Food and nutrition series. No. 26, Fao, Rom.

96. Jones, L.H.P. and Handreck, K.A. 1967. Silica in soils, plants and animals. Ad. Agron. 19: 107-149.

97. Jugdaohsingh, R. 2007. Silicon and bone health. J. Nutr. Health Aging, 11(2): 99-110.

98. Kato, N. and Owa, N. 1990. Dissolution mechanism of silicate slag fertilizers in paddy soils. In: international congress of soil science, 14. Kyoto: 4: 609-610.

99. Kaya, C., Tuna, L. and Higgs, D. 2006. Effect of silicon on plant growth and mineral nutrition of maize grown under water–stress condition. J. Plant Nutrition, 29:1469- 1480.

100. Keeping, M.G. and Meyer, J.H. 2000. Increased resistance of sugarcane to *Eldana saccharina* Walker (Lepidoptera: *Pyralidae*) with calcium silicate application. Proceeding South African sugar Technologist Association, 74 pp.

101. Kfir, R. 1993. Diapause termination spotted stem borer, *Chilo partellus* (Lepidoptera: *Pyralidae*) in the laboratory. Ann. Appl. Biol., 123:1-7.

102. Khan, Z.R., Litsinger, J.A., Barrion, A.T., Villanueva, F.F.D., Fernandez, N. J. and Taylor, L.D. 1991. World bibliography of rice stems borers 1974-1990. International Rice Research Institute and International Centre of Insect Physiology and Ecology, 415 pp.

103. Kosobryukhov, A., Shabnova, N., Kreslavsky, V. and Matichenkov, V. 2008. Active silicon for increasing salt tolerance plants. Silicon in Agriculture Conference South Africa. Institute of Basic Biological Problems, Russian Academy of Sciences, Pushchino, Moscow region, Russia 142290.pp:56.

104. Koyama, J. 1977. Preliminary studies on the life table of the rice stem borer, *Chilo suppressalis* (Walker) (Lepidoptera: *Pyralidae*). Appl. Entomol. Zool., 12(3):213-224.

105. Lee, H.R., Kim, J.W. and Lee, I.H. 1994. Studies on the toxicity of insect growth regulators against the fall webworm (*Hyphantria cuneo*

Drury) and the rice stem borer (*Chilo suppressalis* Walker). II. Comparison in enzymeactivities. Korean J. Appl. Entomol., 33(2):88-95.

106. Lewin, L. and Reimann, B.E.F. 1996. Silicon and plant growth Annu, R, V, plant Physiol. 20:289-304.

107. Li, Y.C., Adva, A.K. and Sumner, M.E. 1989. Response of cotton cultivars to aluminum in solution with varying silicon concentration. J. Plant Nutrient 12: 881- 892.

108. Liang Y.C. 1999. Effects of silicon on enzyme activity and sodium, potassium and calcium concentration in barely under salt stress. Plant Physiol, 29:217-224.

109. Liang, Y.C., Ma, T.S.h., Junli, F. and Feng, Y.J. 1994. Silicon availability and response of wheat and rice to silicon in calcareous soils. Commun. In Soil Sci. & Plant Anal., 25: 2285-2297.

110. Liang, Y.C., Shen, Q. and Shenand, Z. 1996. Effect of silicon on salinity tolerance of two barley cultivars. Journal of Plant Nutrition, 19: 173-182.

111. Liang, Y.C, Wong, J.W.C and Long, W. 2005. Silicon-mediated enhancement of cadmium tolerance in maize (*Zea mays* L.) grown in cadmium contaminated soil. Chemosphere 58: 475-483.

112. Ma, J.F. 2004. Role of silicon in enhancing the resistance of plant to biotic and abiotic stresses. Soil Sci. 50:11-18.

113. Ma, J. F., Nishimura, K. and Takahashi, E. 1989. Effect of silicon on the growth of rice plant at different growth stages. Soil Sci. and Plant Nutr. 35: 347- 356.

114. Ma, J.F. and Takahashi, E.1990. Effects of silicon acid on phosphorus uptake by rice plant. Soil Sci. Plant Nutr. 35:227-234.

115. Ma, J.F. and Takahashi, E. 1993. Interaction between Calcium and Silicon in water–cultured rice plants. Plant Soil.148:107-113.

116. Ma, J.F., and Takahashi, E. 2002. Soil, Fertilizer, and plant silicon research in japan. Elsevier, the Netherlands, 281pp.

117. Marsh, S. P. 1998. What Can Agricultural Researchers Do to Encourage the Adoption of Sustainable Farming Systems? (Online). Http: //general. Uwa. Edu. Au /u/depannell/dpap987f.html.

118. Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plant. Academic press. London.

119. Martin, F.W. 1985. Sorghum in: CRC Handbook of tropical food crop: CRC Press. Inc., Ohio. USA.

120. Matichenkov, V. and Kosobrukhov, A. 2004. Si effect on the plant resistance to salt toxicity. 13th International Soil Conservation Organization Conference Brisbane, Australia.

121. Matoh, T. Kairusmee, P. and Takahashi, E. 1986. Salt-induced damage to rice plants and alleviation effect of silicate. Soil Sci. Plant Nutrient 32: 295–304.

122. Matsuo, T., Kumazawa, K., Ishihara, R. and Hirata, H. 1995. Science of the rice plant, Food and Agriculture Policy Research Center, Tokyo (Japan). 2: 1240.

123. Mauod, M., Crusciol, C.A.C., Grassi Filho, L.H. and Correa, J.C. 2003. Nitrogen and silicon fertilization of upland rice. Scientia Agricola. 60: 761-765.

124. Mckeague, J.A., and Cline, M.G. 1963. Silica in Soil Solution. II. The absorption of monosilicic acid by soil and by other substances. Can.J.Soil Sci. 43: 83-46.

125. Menzies, J.G., and Belanger, R.R. 1996. Recent advances in cultural management of diseases of greenhouse crops. Canadian Journal of Plant Pathology. 18: 186-193.

126. Merrill, R.C. 2005. Industrial Applications of the Sodium Silicates, Some Recent Developments, Quartz Company, Philadelphia, Chap. 3, 337.

127. Midega, C.A.O., Ogol, C.K.P.O. and Overholt, W.A. 2005. Life tables, key factor analysis and density relations of natural populations of the spotted maize stem borer, *Chilo partellus* (Lepidoptera*: Crambidae*), under different cropping systems at the Kenyan coast. International J. Tropical Insect Science, 25(2):86-95.

128. Mingjing, Q., Zhaojun, H., Xinjun, X. and Lina, Y. 2003. Triazophos resistance mechanisms in the rice stem borer (*Chilo suppressalis* Walker). Pesticide Biochemistry and Physiology, 77:99-105.

129. Miyake, Y. and Takahashi, E. 1983. Effect of silicon on the growth of solution cultured cucumber plant. Soil. Sci. Plant Nutr. 29: 71- 83.

130. Miyake, Y. and Takahashi, E. 1985. Effect of silicon on the growth of soybean plants in a solution culture. Soil. Sci. plant Nutr. 31: 625- 636.

131. Miyake, Y. and Takahashi, E. 1986. Effect of silicon on the growth and fruit production of strawberry plant in a solution culture. Soil. Sci. Plant Nutr. 32:321- 326.

132. Motomura, H., Mita, N. and Suzuki, M. 2002. Silica accumulation in long- lived leaves of *Sasa veitchii*. Ann.Bot 90: 149- 152.

133. Murillo-Amador, B., Jones, H.G., Kayac, C. and Aguilar, R.L. 2006. Effects of foliar application of calcium nitrate on growth and physiological attributes of cowpea (*Vigna unguiculata*) grown under salt stress. Environmental and Experimental Botany.58:188-196.

134. Naghavi maremati, A., Bahmanyar, M. A., Pirdashti, H. and Salak Gilani, S. 2007. Effect of different rate and type of organic and chemical fertilizer on yield and yield components of different rices cultivars. 10th Iranian Conference of Soil Science, Tehran. pp: 766-767.

135. Neumann, D. and Nieden, U.Z. 2001. Silicon and heavy metals tolerance of higher plants.Phytochemistry 56: 685-692.

136. Okuda, A. and Takahashi, E. 1965. The role of silicon in the mineral nutrition of plant, John the rice Hopkins press. Baltimore. Md. pp: 126-146.

137. Pathak, M.D. 1967. Varietals resistance to rice stems borers at IRRI. Pages 405-418. In: The Major Insect pests of the Rice plant. Proceeding of a Symposium at The International Rice Research Institute. The John Hopkins press, Baltimore, Maryland, USA. pp: 729.

138. Pathak, M.D. and Khan, Z.R. 1994. Stem borers, pp. 5-17. In: Insect pests of rice. IRRI, 89 pp.

139. Parry D.W. and Winslow, A. 1977. Electron – probe microanalysis of silicon accumulation in the leaves and tendrils of *Pisum sativum*. Annuals of Botany 41: 275-278.

140. Polaszek, A. 1998. African cereals stem borers: Economic importance, taxonomy, natural enemies and control. Wallingford, UK: CABI, 530 pp.

141. Prakash, N.P., Narayanaswamy, C. and Hanumantharaju, T.H. 2010. Effect of calcium silicate as a silicon source on growth and yield of rice in different acid soil of Karnataka, southern India. Int. Rice Res. Notes. PP: 414-418.

142. Rafi, M.M., Epstein, E. and Falk, R.H. 1997. Silicon deprivation causes physical abnormalities in wheat (*Triticum aestivum* L.). J. of Plant Physiology. 151: 497-501.

143. Raven, J.A. 1983. Transport and function of silicon in Plants. Biological Review 58: 179-207.

144. Rodrigues, F.A., Korndorfer, G.H., Correa, G.F., Buki, G.B., Silva, O.A. and Datnoff, L.E. 2001. Response of six gramineae species to application of calcium metasilicate. Page 378 in: silicon in agriculture,

Datnoff, L.E., Snyder, G.H. and Korndorfer, G.H. Eds. Studies in plant science, vol. 8. Elsevier science b. v., Amsterdam, the Netherlands.

145. Rodrigues, F.A., McNally, D.J., Datnoff, L.E., Jones, J.B., Labbe, C., Benhamou, N., Menzies, J.G. and Belanger, R.R. 2004. Silicon enhances the accumulation of *diterpenoid phytoalexins* in rice: A potential mechanism for blast resistance. Phytopathology. 94: 177-183.

146. Rossate, L. Laine, P. and Qurry, A. 2001. Nitrogen storage and remobilization in Brassica napus L.during the growth cycle.

147. Salim, m. and Saxena, R.C. 1992. Iron, silica and aluminum stresses and varietal resistance in rice: effects on white backed plant hopper. Crop sci. 32: 212-219.

148. Samuels, A.L., Glass, A.D.M. Ehret, D.L. and Menzies, J.G. 1993. The effects of silicon supplementation on cucumber fruit: changes in surface characteristics. Annals of Botany. 72: 433-440.

149. Savant, N.K., Snyder, G.H. and Datnoff, L.E. 1997. Silicon management and sustainable rice production. Pages 151-199 in: advances in agronomy, v.58.d.l.sparks ed. academic press, san diego, ca.

150. Snyder, G.H., Jones, D.B. and Gascho, G.J. 1986. Silicon fertilization of rice on Everglades's histosols. Soil sci. Soc. Am. J. 50:1259-1263.

151. Sposito, G. 1989. The Chemistry of soils. Oxford University Press, New York.

152. Suzuki, T., Shiraiwa, T. and Horie, T. 2002. Competitiveness of four rice cultivars against Barnyardgrass, *Echinohloa oryzicola* vasing, with reference to root and shoot competition. Plant Pro. Sci., 5(1): 77-82.

153. Takahashi, E., Ma, J. F. and Miyake, Y. 1990. The possibility of silicon as an essential element for higher plant. Comment Agric. Food Chem. 2: 99-122.

154. Takahashi, E. and Miyake, Y. 1977. Silica and plant growth. Proc. Int. Semin. Soil. pp: 603-611.

155. Tanaka, A. and Park, Y. D. 1966. Significance of the absorption and distribution of silicon in the growth of the rice plant. Soil Sci plant Nutr. 12: 23- 27.

156. Tisdale, S. L., Nelson, W. L. and Beaton, J. D. 1985. Soil fertility and fertilizers. 4th ED. Macmillan publishing company. pp: 397- 398.

157. Vandervorm, P.D.J. 1980. Uptake of Si by five plant species, as influenced by variations in Si- Supply. Plant Soil. 56: 113- 156.

158. Vlamis, J. and Williams, D.E. 1967. Manganese and silicon interaction in the gramineae. Plant and soil, 27:131-140.

159. Wang, G.M. and Ihang, C.L. 2003. Effect of Silicon on growth of wheat under drought. Journal of Plant Nutrition, 26: 1055-1063.

160. Winslow, M.D. 1992. Silicon, disease resistance and yield of rice genotypes under upland cultural conditions. Crop Sci. 321: 1208- 1213.

161. Winslow, M.D., Okada, K. and Victoria, F.C. 1997. Silicon deficiency and the adaptation of tropical rice ecotypes. Plant Soil. 188: 234-248.

162. Yoshida, S.1975. Factors that limit the growth and yields of upland rice. In Major Research in Upland Rice. P. 46-71. The International Rice Research Institute. LosBanos.

163. Yoshida, s. 1975. The physiology of silicon in rice. Taipei: food and fertilization technology center, (fftc) technical bulletin, 25:1-27.

164. Yoshida, S. 1978. The availability of silicon in paddy, Soil science, Kodansha. Tokyo (Japan). pp: 293-299.

165. Yoshida, S. 1981. Fundamentals of rice crop science. IRRI.

166. Yoshida, S., Forno, D.A., Cock, J.H. and Gomez, K.A. 1976. Laboratory manual for physiological studies of rice. 3rd ed. Int. Rice. Inst, Los Banos, Laguna, Philippines.

167. Yoshida, S., Narasero, S.A. and Ramirez, A. 1969. Effects of silica and nitrogen supply on some leaf characteristics of the rice plant. Plant and soil. 31: 46-56.

168. Yoshida, S., Ohnishi, Y. and Kitayishi, K. 1962. Chemical forms, mobility and deposition of silicon rice plant. Soil Sci. Plant Nutr. 8: 107-113.

169. Zhang, L.X. and Derer, C.W. 1998. Physiological and phonological effects of silicon application on two rice cultivars. Annual meeting Abstract of ASA, CSSA and SSSA in Baltimore, Maryland. pp: 18- 23.

170. Zhang, C., Wang, L., Nie, Q., Zhang, W. and Zhang, F.S. 2008. Long-term effects of exogenous silicon on cadmium translocation and toxicity in rice (*Oryza sativa* L.). Environmental and Experimental Botany 62: 300-307.

Abstract

The high cost of chemical fertilizers caused that the absorption and utilization of nutrients must be in high performance. Silica is as an essential element for crop plants and an important food source for the growth and yield of rice. If no adequate replacement for this element, plants are faced with a shortage of silica causing serious eating disorder and instability in plant resistance to pests. This experiment was done to investigate the effect of two different sources of silica on growth, yield and tolerance to rice stem borer in Tarom Hashemi variety and 843 lines of rice plant. The experiment was done in farm of rice research center in Amol in 1390 as a factorial based on randomized complete block design in three replications. Treatments under experiment included two rice varieties, line 843 (V_1) and Tarom Hashemi variety (V_2), tow type of silica sources, SiO_2 73% (S_1) and remains of Savadkoh mine 22% (S_2). The amount of silica was used in three levels: 0 (D_1), 250 (D_2) and 500 kg/ha (D_3) of pure silica. The results showed that line 843 in all characters except of plant height, weight of 1000 grains and tolerance to stem borer worm significantly was more compared to the Tarom Hashemi variety and indicate that two silica sources were not significantly difference in all characters. Also showed that treatment with 250 kg/ha of silica is the best treatment of silica fertilizer. The used of this fertilizer significantly increased stem silica, leaf silica, the number of tiller, flag leaf area, leaf dry weight, weight of 1000 grains and yield and also significantly decreased second leaf angle to stem and damage of the rice stem borer. So that this fertilizer increased the flag leaf area to 14%, leaf dry weight to 15.3 % and the yield of the plants to 14.9 %.

Keywords: silica, rice, yield, rice stem borer.

Shahrood University of Technology

Faculty of Agriculture

Department of Agronomy

M.Sc. Thesis

Investigation the effects of two different sources of Silica fertilizer on growth, yield and tolerance to stem borer in two cultivars, Hashemi Tarom and 843 lines in rice plant

Yasser gholami

Supervisors:

Dr. A. Derakhshan shadmehri

Dr. A. Gholami

Advisors:

Dr. A. Falah

Dr. M. Gholipoor

September 2012