یافته های نوین کشاورزی
سال چهارم- شماره۳- بهار ۱۳۸۹

نتایج کاربرد سیلیس و پتاسیم بر شاخص‌های زراعی و عملکرد دانه برنج رقم طارم هاشمی

مرتضی سام دلیری ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد چالوس، گروه زراعت، چالوس، ایران.
حمیدرضا مبصر، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قائم‌شهر، گروه زراعت، قائم‌شهر، ایران.
سلمان دستان*، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه زراعت، تهران، ایران.
آرش قاسمی میانایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه زراعت، تهران، ایران.

چکیده

به منظور بررسی اثرات مقادیر سیلیس و پتاسیم بر شاخص‌های زراعی و عملکرد دانه برنج رقم طارم هاشمی، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی واقع در شهرستان ساری اجرا شد. مقادیر سیلیس در چهار سطح ۰، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰ کیلوگرم در هکتار به عنوان عامل اصلی و مقادیر پتاسیم در چهار سطح ۰، ۳۰، ٦۰ و۹۰ کیلوگرم در هکتار پتاس خالص به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد حداکثر عملکرد دانه (٦۱۲ گرم در متر مربع) تحت میزان ۷۵۰ کیلوگرم سیلیس در هکتار حاصل شد، چون بیشترین تعداد پنجه در کپه، تعداد پنجه بارور، تعداد خوشه در متر مربع، تعداد کل خوشه‌چه در خوشه و تعداد خوشه‌چه پر نیز تحت این تیمار به دست آمد. بیشترین تعداد پنجه بارور، درصد خوشه‌چه پر در خوشه، وزن هزار دانه، در نتیجه عملکرد دانه (۵۷۵/۳ گرم در متر مربع) و شاخص برداشت (۳۵/٦ ٪) با کاربرد ۹۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار حاصل شد. حداکثر درصد خوشه‌چه پر در خوشه تحت اثر متقابل مقادیر ۷۵۰ کیلوگرم سیلیس در هکتار × ۹۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار به دست آمد. عملکرد دانه با تعداد کل پنجه در کپه، تعداد پنجه بارور، تعداد خوشه در متر مربع، تعداد کل خوشه‌چه در خوشه و تعداد خوشه‌چه پر در خوشه همبستگی مثبتی نشان داد. شاخص برداشت با طول برگ پرچم، تعداد پنجه بارور، تعداد خوشه در متر مربع، تعداد خوشه‌چه پر، درصد خوشه‌چه پر و عملکرد دانه همبستگی مثبت نشان داد. بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده مقادیر ۷۵۰ کیلوگرم سیلیس در هکتار و۹۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار به علت افزایش شاخص‌های زراعی و عملکرد دانه به عنوان تیمار مناسب معرفی می‌گردند.

واژه های کلیدی: برنج، پتاسیم، سیلیس، شاخص‌های زراعی، عملکرد دانه

---

* نویسنده مسئول: E-mail:Sdastan@srbiau.ac.ir

تاریخ دریافت مقاله: ۸۹/۷/۱٦ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۹/۱۲/۲۳

مقدمه

سیلیس یکی از فراوان‌ترین عناصر در پوسته زمین و خاکستر گیاهان است (۲۲) و به خاطر اثرات مثبت در کشت برنج به عنوان عنصر ضروری برای این گیاه زراعی می‌باشد (۳۲). در گیاه برنج و گندم جذب سیلیس به صورت فعال صورت می‌گیرد و تحت تاثیر میزان تعرق قرار نمی‌گیرد و این عنصر عمدتاً در بخش هوایی قرار دارد و در اپیدرم پهنک برگ، اسکلرانشیم، بافت‌های آوندی و غلاف آوندی وجود دارد، سیلیس در اپیدرم خارجی و در طول دیواره سلولی و در تمام بافت‌های ریشه گیاه وجود دارد و نیز در برگ‌های پیر بیشتر از نوع جوان آن موجود است (۳۸). سیلیس در گیاه برنج باعث افزایش رشد از طریق افزایش تعداد پنجه، سطح برگ و فعالیت‌های فتوسنتزی برگ‌های پایین می‌شود و کمبود آن سبب افتادگی برگ‌ها در برنج و لکه برگی در نیشکر می‌شود (۱۹). سیلیس باعث عمودی شدن برگ‌های برنج و پایداری آن‌ها، افزایش مقاومت به بیماری‌های قارچی و همچنین افزایش درصد خوشه‌چه‌های پر شده و افزایش عملکرد دانه برنج می‌شود (۱۲ و ۱۹). به طور کلی سیلیس از طریق افزایش تعداد کل خوشه‌چه در خوشه، درصد خوشه‌چه‌های پر شده، وزن هزار دانه و کاهش خوابیدگی (ورس)، موجب افزایش عملکرد دانه برنج می‌شود (۱۰). سیلیس در گیاه برنج به کندی حرکت می‌کند و به نظر می‌رسد که جذب سیلیس توسط برنج بعد از مرحله پنجه‌دهی و یا بعد از طویل شدن ساقه شروع می‌شود (۲٤). سیلیس باعث رشد رویشی و افزایش تولیدات ماده خشک می‌شود و تعرق را کاهش می‌دهد و بر کیفیت و عملکرد دانه اثر می‌گذارد (۵). سیلیس برای پایداری عملکرد محصول برنج ضروری می‌باشد (۳۱). در حضور سیلیس برگ‌ها، ساقه‌ها و غلاف‌های گیاهان، به ویژه برنج یک رشد مستقیم نشان می‌دهد و در نتیجه توزیع نور در داخل پوشش گیاهی به طور قابل توجهی بهبود می‌یابد (۱۸ و ۳٦). جذب سیلیس در ارقام مختلف و همچنین در اندام‌های مختلف گیاه برنج متفاوت است (٦ و ٤۱). سیلیس در محدود ساختن خروج غیر ضروری آب و جلوگیری از نفوذ مسیلیوم های قارچی نقش دارد، مطابق این عقیده با افزایش مقادیر سیلیس در برنج خروج آب از گیاه کاهش یافته و قدرت حفظ آب بالا می‌رود (٤٤). مصرف سیلیس در حد مطلوب باعث افزایش تحمل گیاهان کشت شده به شوری و خشکی می‌گردد و حتی ظرفیت نفوذ پذیری آب در خاک را افزایش می‌دهد. در سیستم آبیاری نوین با مصرف سیلیس، ٤۰-۱۰ ٪ در مصرف آب بدون این‌که بر روی کمیت و کیفیت محصول تاثیر منفی داشته باشد، صرفه‌جویی می‌شود (۸). سیلیس باعث بهبود ارتفاع گیاه، طول میانگره، وزن تر، حرکت خمش و مقاومت به شکستگی در گیاه برنج می‌شود و شاخص ورس که از نسبت حرکت خمش به مقاومت به شکستگی به دست می‌آید را نیز افزایش می‌دهد و همچنین باعث افزایش مقاومت به خوابیدگی ورس در گیاه برنج گردد (۲۰). افزایش مصرف سیلیس در گیاه برنج ممکن است تنش آبی داخل گیاه را نیز کاهش دهد (٤۲). عنصر پتاسیم بر خلاف نیتروژن و فسفر اثر قطعی و مشخصی در پنجه‌زنی گیاه برنج نداشته

ولی موجب افزایش تعداد خوشه‌چه‌ها در هر خوشه شده و درصد خوشه‌چه‌های پر و وزن هزار دانه را بالا می‌برد (۱۷). در یک آزمایش دیگر در پنجاب هندوستان، کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم پتاس در هکتار باعث افزایش تعداد پنجه‌ها و وزن هزار دانه و در نتیجه عملکرد دانه شد (۲۵). آزمایش‌های انجام شده در چین نشان داد که کاربرد ۱۱۲ کیلوگرم اکسید پتاسیم در هکتار عملکرد دانه برنج را افزایش داد (۷). نتایج تحقیقات انجام شده در مناطق مختلف نشان داده است که میانگین پاسخ برنج به کاربرد پتاس در بنگلادش، چین، هندوستان و فیلیپین به ترتیب ۷/٦، ۹/۳، ٤/٦ و ٦/٤ کیلوگرم شلتوک به ازای هر کیلوگرم کابرد پتاس بود و در شالیزارهای مازندران ۳ الی ۲۳ کیلوگرم شلتوک بود (٤ و ۲۸). پتاس از نظر آماری بر پنجه‌زنی برنج تاثیری نداشت، ولی این عنصر تاثیر مثبت آشکاری بر تعداد خوشه‌چه در خوشه داشت (۲۳، ۳۷ و ٤۰). پتاس موجب افزایش درصد خوشه‌چه‌های پر شده در هر خوشه شد و کمبود آن موجب عقیمی دانه‌های گرده در مرحله آبستنی و در نتیجه کاهش تعداد خوشه‌چه‌های پر شده گردید (۱٦). با توجه به میزان پتاس قابل دسترس موجود در خاک، افزودن سطوح مختلف کود پتاس تاثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت، عملکرد دانه، تعداد خوشه در واحد سطح، وزن هزار دانه، تعداد پنجه و ارتفاع گیاه نداشت اما باعث افزایش معنی‌دار تعداد خوشه‌چه در خوشه و درصد خوشه‌چه پر شده در خوشه گردید (۱). با توجه به میزان پتاس قابل دسترس موجود در خاک، افزودن سطوح مختلف کود پتاس تاثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه نداشت (۲۱، ۳۵ و ٤۰). لذا با توجه به اهمیت کود سیلیس و پتاس بر رشد و تولید محصول برنج، این طرح تحقیقاتی به منظور بررسی اثرات مقادیر سیلیس و پتاسیم بر شاخص‌های زراعی و عملکرد دانه برنج رقم طارم هاشمی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثرات مقادیر سیلیس و پتاسیم بر بر شاخص‌های زراعی و عملکرد دانه برنج رقم طارم هاشمی، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی واقع در شهرستان ساری با عرض جغرافیایی ۳٦ درجه و ۳۷ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۱۱ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۲/۵ متر از سطح دریا اجرا شد. خاک محل آزمایش لوم رسی بود. نمونه‌برداری خاک قبل از کاشت از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر انجام شد که دارای pH برابر ۷/۱، هدایت الکتریکی ۰/۲۲ میلی‌موس بر سانتی‌متر، ماده آلی برابر ۱/٦٪ و غلظت فسفر و پتاس قابل جذب به ترتیب برابر با ۱۲ و ۱۲۸ میلی‌گرم در کیلوگرم و نیتروژن کل آن برابر۰/۲۲٪ بود.

جدول۱: شرایط آب و هوایی محل آزمایش در طول دوره رشد برنج

ماه‌های سال	حداقل درجه حرارت (سانتی‌گراد)	حداکثر درجه حرارت (سانتی‌گراد)	تبخیر ماهانه (میلی‌متر)	میزان بارندگی (میلی‌متر)
فروردین	۱۰/۵	۱٤/۸	۸٤/٤	۱۸/۲
اردیبهشت	۱۳/٦	۲۱/۸	۹۳/۷	۲۱/۱
خرداد	۲۰/۲	۳۱/۰	۱٦٦/٦	۱۸/۹
تیر	۲۱/۹	۲۹/۰	۱۳٦/۳	۲۲/٤
مرداد	۲۳/۱	۳۲/۹	۱۹۹/۷	۷/۵
شهریور	۲۳/۷	۳۰/۲	۱۸٤/۲	۲۳/۵

آزمایش به فرم کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. مقادیر سیلیس در چهار سطح ۰، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰ کیلوگرم در هکتار (از منبع سیلیکات کلسیم از خاکستر معدنی کوه‌های فیروزکوه و از معدن سیلیس تهیه شده که دارای ٦۰ ٪ سیلیس بود) به عنوان عامل اصلی و مقادیر پتاسیم در چهار سطح (۰، ۳۰، ٦۰ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار پتاس خالص) به فرم سولفات پتاسیم که در دو مرحله و به میزان ۵۰ ٪ قبل از نشاءکاری و ۳۰ روز بعد از نشاءکاری مصرف شد، به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. جهت اجرای عملیات طرح، ابتدا زمین خزانه آماده و عمل تسطیح، ماله‌کشی و کودپاشی انجام شد و سپس بذر توسط محلول ۵ در هزار ویتاواکس تیرام ضدعفونی شدند و در محیط مناسب جوانه دار گردیده و گوشه‌ای از مزرعه به خزانه اختصاص یافت و ٦۰ کیلوگرم بذر برای یک هکتار در خزانه مصرف شد و بعد از آن زمین را به چهار بلوک که هر بلوک به ۱٦ کرت با طول و عرض۵ ×۲ متر مربع تقسیم شد. در زمان کاشت کود اوره به میزان ۷۰ کیلوگرم در هکتار، فسفر خالص به مقدار ۱۱۱ کیلوگرم در هکتار مصرف گردید. زمانی که ارتفاع نشاء به ۲۵ سانتی‌متر رسید به زمین اصلی انتقال یافت و با تراکم ۲۵ بوته در متر مربع کاشت انجام شد و دو روز بعد از نشاءکاری کرت‌های مورد نظر آبیاری شدند. کود اوره در مرحله تشکیل اولین جوانه خوشه در غلاف به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار و در مرحله بعد از خوشه‌دهی کامل به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار برای هر کرت استفاده شد. مبارزه با علف‌های هرز با سم علف‌کش بوتاکلر در زمان چهار روز بعد از نشاءکاری و وجین دستی در طی ۲۰، ۳۸ و۵۰ روز بعد از نشاءکاری انجام شد و همچنین برای مبارزه با کرم ساقه‌خوار برنج دوبار از سم دیازینون (گرانول ۵ ٪) در مرحله انتهای پنجه‌دهی و مرحله گلدهی استفاده گردید و صفات ذیل در طی مراحل رشد مورد ارزیابی قرار گرفتند:

- تعداد کل پنجه در کپه و تعداد پنجه بارور در کپه با شمارش و اندازه‌گیری از روی ۱۲ بوته در مرحله خوشه‌دهی کامل حاصل شد (٤۳).

- تعداد خوشه در متر مربع با شمارش از روی تعداد کپه‌های موجود در یک متر مربع به دست آمد (٤٣).
- تعداد کل خوشه‌چه در خوشه و درصد خوشه‌چه‌های پر شده با شمارش از روی ۲۰ خوشه در هر کرت حاصل شدند، همچنین وزن هزار دانه با شمارش ۱۰ نمونه صدتایی و توزین آن‌ها بر اساس رطوبت ۱۲ ٪ به دست آمد (٤٣).
- عملکرد دانه (شلتوک) و عملکرد بیولوژیک با برداشت بوته‌ها از ٤ متر مربع از وسط هر کرت با رطوبت ١٤ ٪ اندازه‌گیری شد و از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت حاصل شد و به صورت درصد بیان گردید (٤٣).

آنالیز و تجزیه آماری داده‌های حاصل از این آزمایش با نرم افزار آماری MSTAT-C و SAS انجام گردید و مقایسات میانگین بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

تعداد کل پنجه در کپه از نظر آماری تحت تاثیر تیمار مقادیر سیلیس در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول ۲). کمترین (۱۰/۱ عدد) و بیشترین (١٤/٨ عدد) پنجه به ترتیب با مصرف ۲۵۰ و ۷۵۰ کیلوگرم سیلیس در هکتار به دست آمد (جدول ۲). صدقی و همکاران (١٣٨٦) بیان کردند تعداد پنجه در کپه تحت تاثیر مصرف سیلیس قرار نگرفت. سیلیس در گیاه برنج، باعث افزایش تعداد پنجه گردید (۵ و۳۰). مقادیر مختلف پتاسیم تاثیر معنی‌داری بر تعداد پنجه در کپه نداشت که با نتایج این تحقیق مغایرت داشت (۱ و ٤٠).

تعداد پنجه بارور در کپه از نظر آماری تحت تاثیر مقادیر سیلیس و پتاسیم در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول ۲). کمترین (۷/۲ عدد) و بیشترین (۱۲/۱ عدد) تعداد پنجه بارور در کپه به ترتیب با مصرف ۲۵۰ و ۷۵۰ کیلوگرم سیلیس در هکتار نتیجه شد، با مصرف پتاسیم تعداد پنجه بارور به نسبت ١٦/٣٪ روند افزایشی داشت، به طوری‌که کمترین تعداد پنجه بارور تحت تیمار بدون مصرف پتاسیم حاصل شد (جدول ۲). سیلیس در گیاه برنج، باعث افزایش تعداد پنجه گردید (۵ و ۳۰). ولی مبصر و همکاران (۲۰۰۸) دریافتند تعداد پنجه موثر در کپه تحت تاثیر مصرف سیلیس قرار نگرفت. اصفهانی و همکاران (١٣٨٤) دریافتند مقادیر مختلف پتاسیم تاثیر معنی‌داری بر تعداد پنجه بارور در کپه نداشت.

جدول ۲: تجزیه واریانس شاخص‌های زراعی و عملکرد دانه برنج تحت تاثیر مقادیر سیلیس و پتاسیم

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		پنجه در کپه	پنجه در بارور	خوشه در متر مربع	خوشه‌چه در خوشه	خوشه‌چه پر (درصد)
تکرار	۳	۵٤/۳۰*	۲٦/۸۱^{ns}	۱۷۸۰/۰^{ns}	۲۷۷/۵^{ns}	۱٦۱/۹^{ns}
مقادیر سیلیس(a)	۳	٦٤/۲۰*	٦۳/۵۲*	۱۲٤۵٤/۹*	۹۵۱/۰*	۳۲٦/٤*
خطا	۹	۱٤/۸٦	۱۷/٦۳	۳۷۲۲/۳	۲۳٤/۷	٦۲/۳
مقادیر پتاسیم (b)	۳	۰/۱۷^{ns}	۸/۸۵*	٤٤۷/۳^{ns}	٤٦/۰^{ns}	۱۳٤/۵**
a × b	۹	۲/۱۳^{ns}	۳/۷۲^{ns}	۲۲۲/۷^{ns}	۱۳/۷^{ns}	۱۹/۰*
خطا	۳٦	۲/٦۹	۲/۵۵	۵۰۸/٦	۲۹/۵	٦/۵
ضریب تغییرات (٪)		۱۳/٤٦	۱٦/٤۵	٦/۳۱	٦/۸۸	۲/۹٤

*و**: به ترتیب بیانگر تفاوت معنی دار در سطح آماری ۵ درصد و ۱ درصد می باشند

ادامه جدول۲:

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		خوشه‌چه پوک	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
تکرار	۳	۱۲۸/۰*	۲٤/٦**	۲۹٤۳٤/۸^{ns}	۲٤۱۷٤۸/٦**	۱۱۳/٤^{ns}
مقادیر سیلیس(a)	۳	۱۵۵/۵*	۱۲۱/۷**	٤۸۰۹۸/۹*	۲۱۲٦٤۳/۷**	۳۹/٦^{ns}
خطا	۹	۲٦/٤	۲/۳	۱٦٤۷۱/۷	۲۹۳۹۰/۷	٤۰/۸
مقادیر پتاسیم(b)	۳	۸۳/۳**	۲٤/۸**	٦۲۳۵/۵**	۱۰۳۱٤/۵^{ns}	۲۷/۱*
a × b	۹	۱۱/۰*	۲/۲^{ns}	۸۰۸/۳^{ns}	۸۳۷۱/٤^{ns}	۱۱/۷^{ns}
خطا	۳٦	٤/۱	۱/۵	۹۹۹/۲	۹۸٤۵/۵	۷/۰۰
ضریب تغییرات (٪)		۱۹/۲۳	٤/۹٦	۵/۷۳	٦/۱۹	۷/٦۵

*و**: به ترتیب بیانگر تفاوت معنی دار در سطح آماری ۵ درصد و ۱ درصد می باشند

تعداد خوشه در متر مربع از نظر آماری تحت تنها تاثیر تیمار مقادیر سیلیس در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری را نشان داد (جدول ۲). با مصرف سیلیس تا ۷۵۰ کیلوگرم در هکتار تعداد خوشه در متر مربع به نسبت ۱٤/۵٪ افزایش یافت، به طوری‌که بیشترین (۳۹۸/۹ خوشه) تعداد خوشه در متر مربع با مصرف ۷۵۰ کیلوگرم سیلیس در هکتار حاصل شد و تحت مقادیر دیگر سیلیس در یک سطح آماری قرار گرفتند (جدول ۳). نتایج تحقیقات حاکی از آن است که با کمبود سیلیس، تعداد خوشه کاهش می‌یابد (۳۰). اصفهانی و همکاران (۱۳۸٤) دریافتند مقادیر مختلف پتاسیم تاثیر معنی‌داری بر تعداد خوشه در واحد سطح نداشت که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. تعداد کل خوشه‌چه در خوشه از نظر آماری تنها تحت تاثیر مقادیر سیلیس در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول ۲).

بیشترین (۸۹/٤ عدد) و کمترین (۷۰/۹ عدد) خوشه‌چه در خوشه تحت مقادیر ۷۵۰ و ۲۵۰ کیلوگرم سیلیس در هکتار به دست آمد و تحت تیمار بدون مصرف سیلیس و با مصرف ۵۰۰ کیلوگرم سیلیس در هکتار حاصل شد که به ترتیب برابر ۷۷ و ۷۸/٤ عدد بود (جدول ۳). ما و تاکاهاشی (۱۹۹۰) گزارش کردند سیلیس در گیاه برنج، باعث افزایش تعداد خوشه‌چه در خوشه شد که با نتایج آگاری و همکاران(۱۹۹۳) مطابقت داشت. عدم وجود سیلیس باعث کاهش ۱۰٪ کل تعداد خوشه‌چه‌های خوشه گردید (۱۳).

جدول ۳: مقایسه میانگین شاخص‌های زراعی و عملکرد دانه برنج تحت تاثیر مقادیر سیلیس و پتاسیم

تیمارها	تعداد کل پنجه در کپه	پنجه بارور در کپه	تعداد خوشه در متر مربع	تعداد خوشه‌چه در خوشه	درصدخوشه‌چه پر در خوشه
مقادیر سیلیس					
شاهد (بدون مصرف)	۱۱/۳ b	۹/۸ab	۳٤۱/۸b	۷۷/۰ab	۹۰/۵a
۲۵۰ کیلوگرم در هکتار	۱۰/۱ b	۷/۲b	۳٤٦/۹b	۷۰/۹b	۸۰/۷b
۵۰۰ کیلوگرم در هکتار	۱۲/٦ab	۹/۸ab	۳٤۱/۲ b	۷۸/٤ab	۸۵/٦ab
۷۵۰ کیلوگرم در هکتار	۱٤/۸ a	۱۲/۱ a	۳۹۸/۹ a	۸۹/٤a	۸۹/۸a
مقادیر پتاسیم					
شاهد (بدون مصرف)	۱۲/۳a	۸/۷ b	۳۵۵/۳a	۷۷/۱ a	۸۲/۹c
۳۰ کیلوگرم در هکتار	۱۲/۲a	۹/۷ab	۳٦۳/۹a	۸۰/۲ a	۸٦/۲b
٦۰ کیلوگرم در هکتار	۱۲/۲a	۱۰/۰ a	۳۵۸/۲a	۷۷/۹ a	۸۷/۷b
۹۰ کیلوگرم در هکتار	۱۲/۱a	۱۰/٤a	۳۵۱/٤a	۸۰/٦ a	۸۹/۸a

حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد

ادامه جدول۳:

تیمارها	تعداد خوشه‌چه پوک	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه (g/m^2)	عملکرد بیولوژیک (g/m^2)	شاخص برداشت
مقادیر سیلیس					
شاهد (بدون مصرف)	۷/۳ b	۲۸/۵ a	٤۹۸/۸ b	۱٤٤٦/۰ b	۳٤/٦a
۲۵۰ کیلوگرم در هکتار	۱٤/۵a	۲۲/٦ c	۵۱۲/۱ b	۱۵۸۵/۰a	۳۳/۱a
۵۰۰ کیلوگرم در هکتار	۱۱/۲ ab	۲۲/۸ bc	۵۸۳/٦ab	۱٦۹۲/۰a	۳۳/۹a
۷۵۰ کیلوگرم در هکتار	۹/۳ b	۲۳/۹ b	٦۱۲/۰a	۱٦۸٦/۰a	۳۳/۸a
مقادیر پتاسیم					
شاهد (بدون مصرف)	۱۳/٦ a	۲۲/۹ c	۵۳۰/٦ c	۱۵۹۳/۰ a	۳۲/۸ b
۳۰ کیلوگرم در هکتار	۱۰/۹ b	۲٤/۱ b	۵٤۱/۳ bc	۱۵۹۲/۰a	۳٤/٦ab
٦۰ کیلوگرم در هکتار	۹/٤ c	۲٤/۹ b	۵۵۹/٤ab	۱۵۸۳/۰a	۳۵/٤a
۹۰ کیلوگرم در هکتار	۸/۳ c	۲۵/۹ a	۵۷۵/۳a	۱٦۳۹/۰a	۳۵/٦a

حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد

درصد خوشه‌چه پر در خوشه از نظر آماری تنها تحت تاثیر مقادیر سیلیس و اثر متقابل مقادیر سیلیس در مقادیر پتاسیم در سطح احتمال پنج درصد و تحت تاثیر مقادیر پتاسیم در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری را نشان داد (جدول ۲). کمترین (۸۰/۷ ٪) درصد خوشه‌چه پر در خوشه با مصرف ۲۵۰ کیلوگرم سیلیس در هکتار حاصل شد و بیشترین درصد خوشه‌چه پر در خوشه تحت تیمار بدون مصرف سیلیس و با مصرف ۷۵۰ کیلوگرم سیلیس در هکتار به دست آمد که به ترتیب برابر ۹۰/۵ و ۸۹/۸ ٪ بود. با مصرف پتاسیم درصد خوشه‌چه پر در خوشه به نسبت ۷/۷٪ روند افزایشی نشان داد، به طوری‌که کمترین (۸۲/۹ ٪) و بیشترین (۸۹/۸ ٪) تحت تیمار بدون مصرف پتاسیم و با مصرف ۹۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار حاصل شد (جدول ۳). حداکثر درصد خوشه‌چه پر در خوشه (۹۳/۲ ٪) تحت اثر متقابل مقادیر ۷۵۰ کیلوگرم سیلیس در هکتار × ۹۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار و حداقل آن (۷٤/۵ ٪) تحت اثر متقابل مقادیر ۲۵۰ کیلوگرم سیلیس در هکتار × بدون مصرف پتاسیم حاصل شد. با مصرف سیلیس درصد خوشه‌چه‌های پر شده افزایش یافت (١٤، ۳۱ و ۳٤). پتاسیم باعث افزایش درصد خوشه‌چه پر در خوشه گردید و کمبود آن در مرحله آبستنی موجب عقیمی دانه گرده شد و در نتیجه تعداد خوشه‌چه پر کاهش می‌یابد (۲۳ و ۳۷).

تعداد خوشه‌چه پوک در خوشه از نظر آماری تنها تحت تاثیر مقادیر سیلیس و اثر متقابل مقادیر سیلیس × مقادیر پتاسیم در سطح احتمال پنج درصد و تحت تاثیر مقادیر پتاسیم در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری را نشان داد (جدول ۲). بیشترین (١٤/۵ عدد) تعداد خوشه‌چه پوک با مصرف ۲۵۰ کیلوگرم سیلیس در هکتار و کمترین آن تحت تیمار بدون مصرف سیلیس و با مصرف ۷۵۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار حاصل شد که به ترتیب برابر ۷/۳ و ۹/۳ عدد بود. با مصرف پتاسیم تعداد خوشه‌چه پوک به نسبت ۳۹ ٪ روند کاهشی نشان داد، به طوری‌که کمترین (۸/۳ عدد) و بیشترین (۱۳/٦ عدد) تحت تیمار با مصرف ۹۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار و بدون مصرف پتاسیم در هکتار حاصل شد (جدول۳). بیشترین تعداد خوشه‌چه پوک در خوشه (۱۹/۸ عدد) تحت اثر متقابل میزان ۲۵۰ کیلوگرم سیلیس در هکتار × بدون مصرف پتاسیم حاصل شد. چائومینگ و همکاران (۱۹۹۹) نشان دادند با افزایش کود سیلیکاته به همراه کلرید پتاسیم، درصد خوشه‌چه پوک در برنج کاهش یافت. پتاسیم باعث افزایش درصد خوشه‌چه پر در خوشه گردید و کمبود آن در مرحله آبستنی موجب عقیمی دانه گرده شد و در نتیجه تعداد خوشه‌چه پر کاهش می‌یابد (۲۳ و ۳۷). وزن هزار دانه از نظر آماری تحت تاثیر مقادیر سیلیس و پتاسیم در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری را نشان داد (جدول۲). حداکثر (۲۸/۵ گرم) و حداقل (۲۲/٦ گرم) وزن هزار دانه تحت تیمار بدون مصرف سیلیس و با مصرف ۲۵۰ کیلوگرم سیلیس در هکتار حاصل شد. با مصرف پتاسیم وزن هزار دانه به نسبت ۱۱/٦ ٪ افزایش یافت، کمترین (۲۲/۹ گرم) و

بیشترین (۲۵/۹ گرم) وزن هزار دانه تحت تیمار بدون مصرف سیلیس و با مصرف ۹۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار بود (جدول ۳).

سیلیس در گیاه برنج، باعث افزایش وزن هزار دانه شد (۱۰ و ۲۷). اصفهانی و همکاران (۱۳۸٤) دریافتند مقادیر مختلف پتاسیم تاثیر معنی‌داری بر وزن هزار دانه نداشت، ولی فلاح و سعادتی (۱۳۸٤) بیان کردند مصرف پتاسیم موجب افزایش وزن هزار دانه شد. عملکرد دانه از نظر آماری تحت تاثیر مقادیر سیلیس در سطح احتمال پنج درصد و تحت تاثیر مقادیر پتاسیم در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۲). با مصرف سیلیس عملکرد دانه به نسبت ۱۸/۵ ٪ افزایش یافت، به طوری‌که کمترین (٤۹۸/۸ گرم در متر مربع) و بیشترین (٦۱۲ گرم در متر مربع) عملکرد دانه به ترتیب تحت تیمار بدون مصرف سیلیس و با مصرف ۷۵۰ کیلوگرم سیلیس در هکتار حاصل شد. همچنین با مصرف پتاسیم عملکرد دانه به نسبت ۷/۸ ٪ روند افزایشی داشت، به طوری‌که حداقل (۵۳۰/٦ گرم در متر مربع) و حداکثر (۵۷۵/۳ گرم در متر مربع) عملکرد دانه تحت تیمار بدون مصرف پتاسیم و با مصرف ۹۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار به دست آمد (جدول ۳). چائومینگ و همکاران (۱۹۹۹) گزارش کردند در مجموع مصرف سیلیس در برنج باعث افزایش عملکرد دانه از طریق افزایش تعداد خوشه‌چه، درصد خوشه‌چه پر شده و وزن هزار دانه می‌گردد. مائود و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند سیلیس عملکرد دانه را افزایش می‌دهد. ما و تاکاهاشی (۱۹۹۰) گزارش کردند سیلیس در گیاه برنج، باعث افزایش عملکرد دانه شد. با مصرف سیلیس عملکرد دانه به طور غیر معنی‌داری افزایش یافت (۳٤). اصفهانی و همکاران (۱۳۸٤) بیان کردند سطوح مختلف کود پتاسیم تاثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه برنج ندارد. این نتیجه با نتایج ویلسون و همکاران (۱۹۹٦) و ایکبال و همکاران (۱۹۹۰) مطابقت داشت، بنابراین واکنش عملکرد برنج به کود پتاسیم در مکان‌های مختلف و بسته به مقادیر پتاسیم قابل دسترس خاک متفاوت است. مارشنر(۱۹۵) گزارش کرد در مجموع مصرف پتاسیم در برنج باعث افزایش عملکرد دانه از طریق افزایش تعداد خوشه‌چه، درصد خوشه‌چه پر شده و وزن هزار دانه می‌گردد که با نتایج ماتسو و همکاران (۱۹۹۵) و ددیتا و گومز(۱۹۸۰) مطابقت داشت. عملکرد بیولوژیک از نظر آماری تنها تحت تاثیر مقادیر سیلیس در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول۲). حداقل (۱٤٤٦ گرم در متر مربع) عملکرد بیولوژیک تحت تیمار بدون مصرف سیلیس حاصل شد و با مصرف ۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰ کیلوگرم سیلیس در هکتار به ترتیب برابر ۱۵۸۵، ۱٦۹۲ و ۱٦۸٦ گرم در متر مربع به دست آمد (جدول۳). آگاری و همکاران (۱۹۹۳) نشان دادند که کودهای سیلیکاته با اثر بر رشد رویشی موجب افزایش تولید ماده خشک شده در نتیجه موجب بالا رفتن عملکرد گیاه برنج می‌شود. ماتسو و همکاران (۱۹۹۵) بیان کردند سیلیس باعث رشد رویشی و افزایش ماده خشک گیاه برنج می‌شود که با نتایج صدقی و همکاران (۱۳۸٦) مطابقت داشت. اصفهانی و همکاران (۱۳۸٤) دریافتند مقادیر مختلف پتاسیم تاثیر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک نداشت.

ماتسو و همکاران (۱۹۹۵) بیان کردند پتاسیم باعث رشد زایشی و افزایش ماده خشک گیاه برنج می‌شود. شاخص برداشت از نظر آماری تنها تحت تاثیر مقادیر پتاسیم در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول ۲). با مصرف پتاسیم تا میزان ۹۰ کیلوگرم در هکتار شاخص برداشت به نسبت ۷/۹٪ روند افزایشی نشان داد، به طوری‌که حداقل (۳۲/۸ ٪) شاخص برداشت تحت تیمار بدون مصرف پتاسیم حاصل شد و حداکثر شاخص برداشت با مصرف ٦۰ و ۹۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار نتیجه شد که به ترتیب برابر ۳۵/٤ و ۳۵/٦ ٪ بود (جدول ۳). صدقی و همکاران (۱۳۸٦) نشان دادند که شاخص برداشت تحت تاثیر مصرف سیلیس قرار نگرفت اما روند آن افزایشی بود زیرا میزان عملکرد دانه را نسبت به عملکرد کاه با شدت بیشتری افزایش داد. اصفهانی و همکاران (۱۳۸٤) دریافتند مقادیر مختلف پتاس تاثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت نداشت. پتاس به علت افزایش برخی از اجزای عملکرد موجب افزایش شاخص برداشت می‌شود (۲۹).

ضرایب همبستگی بین صفات

عملکرد دانه با تعداد کل پنجه در کپه، تعداد پنجه بارور، تعداد خوشه در متر مربع و تعداد کل خوشه‌چه در خوشه همبستگی مثبتی نشان داد. عملکرد بیولوژیک با تعداد کل پنجه در کپه، تعداد پنجه بارور، تعداد خوشه در متر مربع، تعداد کل خوشه‌چه در خوشه و عملکرد دانه همبستگی مثبت داشت. شاخص برداشت با تعداد خوشه‌چه پوک در خوشه همبستگی منفی نشان داد، ولی با تعداد پنجه بارور، تعداد خوشه در متر مربع، درصد خوشه‌چه پر و عملکرد دانه همبستگی مثبت نشان داد. تعداد خوشه‌چه در خوشه با تعداد کل پنجه در کپه، تعداد پنجه بارور در کپه و تعداد خوشه در متر مربع همبستگی مثبت داشت. وزن هزار دانه با تعداد پنجه بارور و درصد خوشه‌چه پر همبستگی مثبت ولی با تعداد خوشه‌چه پوک در خوشه همبستگی منفی داشت (جدول٤). ساها و همکاران (۱۹۹۸) نیز دریافتند که بین تعداد خوشه در متر مربع با تعداد خوشه‌چه‌های پر شده همبستگی بالایی وجود دارد. تعداد پنجه در کپه همبستگی مثبت و بسیار بالائی با عملکرد دانه نشان داد. وانگ و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند که قابلیت پنجه‌زنی بالا در برنج‌های هیبرید تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه نداشته است. میلر و همکاران (۱۹۹۱) گزارش کرده‌اند که قابلیت پنجه‌زنی یکی از مهم‌ترین صفات برنج است به طوری‌که پنجه‌ها می‌توانند تولید بعدی خوشه‌ها را تحت تأثیر قرار بدهند که این صفات یعنی قابلیت پنجه‌زنی با عملکرد دانه همبستگی بسیار بالایی دارد. در این بررسی حداکثر عملکرد دانه به میزان ٦۱۲ گرم در متر مربع با مصرف میزان ۷۵۰ کیلوگرم سیلیس در هکتار حاصل شد، چون بیشترین تعداد پنجه در کپه، تعداد پنجه بارور، تعداد خوشه در متر مربع، تعداد کل خوشه‌چه در خوشه نیز تحت این تیمار به دست آمد. حداکثر تعداد پنجه بارور، درصد خوشه‌چه پر در خوشه، وزن هزار دانه، در نتیجه عملکرد دانه با ۵۷۵/۳ گرم در متر مربع و شاخص برداشت معادل ۳۵/٦ ٪ با کاربرد ۹۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار حاصل شد.

جدول ٤: ضرایب همبستگی بین صفات تحت مقادیر سیلیس و پتاسیم در برنج رقم طارم هاشمی

صفات	تعداد پنجه در کپه	تعداد پنجه بارور در کپه	تعداد خوشه در متر مربع	تعداد خوشه‌چه در خوشه	درصد خوشه‌چه پر	تعداد خوشه‌چه پوک	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
تعداد کل پنجه در کپه	۱									
تعداد پنجه بارور در کپه	۰/۸۸**	۱								
تعداد خوشه در متر مربع	۰/۱۸	-۰/۱۲	۱							
تعداد خوشه‌چه در خوشه	۰/۳۵**	۰/۳۷**	۰/۵۲**	۱						
درصد خوشه‌چه پر	۰/۳۱*	۰/۵۷**	۰/۰۷	۰/۲٦*	۱					
تعداد خوشه‌چه پوک	-۰/۱۵	-۰/٤٤**	۰/۰۲	-۰/۰۱	-۰/۹۱**	۱				
وزن هزار دانه	۰/۰۷	۰/۳٤**	-۰/۱۷	-۰/۰۰۱	۰/۵۷**	-۰/۵٦**	۱			
عملکرد دانه	۰/٤۰**	۰/۳۵**	۰/٤۸**	۰/۳۹**	۰/۱۸	-۰/۱٤	-۰/۲۳*	۱		
عملکرد بیولوژیک	۰/٤۳**	۰/۳۲**	۰/۳۵**	۰/٤۳**	۰/۰۰٤	۰/۱۳	-۰/۳۲**	۰/۵۰**	۱	
شاخص برداشت	۰/۰۸	۰/۲۲*	۰/۲۹*	۰/۱۱	۰/٤٤**	-۰/٤۷**	۰/۲۰	۰/۵۹**	-۰/۱۱	۱

*و**: به ترتیب بیانگر تفاوت معنی دار در سطح آماری ۵ درصد و ۱ درصد می باشند

عملکرد دانه با تعداد کل پنجه در کپه، تعداد پنجه بارور، تعداد خوشه در متر مربع و تعداد کل خوشه‌چه در خوشه همبستگی مثبتی نشان داد. بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده، مقادیر ۷۵۰ کیلوگرم سیلیس در هکتار و ۹۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار به علت افزایش شاخص‌های زراعی و عملکرد دانه به عنوان مقادیر کودی مناسب معرفی می‌گردند.

منابع

۱- اصفهانی، م.، صدرزاده، م.، کاووسی، م. و دباغ محمدی نسب، ع. ۱۳۸٤. اثرات مقادیر مختلف کود نیتروژن و پتاسیم بر رشد، عملکرد و اجزاء عملکرد دانه برنج رقم طارم. مجله علوم زراعی ایران. ۷ (۳). ۲۲٦-۲٤۰.

۲- صدقی، ع. ۱۳۸٦. بررسی اثرات مقادیر سیلیس و تقسیط نیتروژن در واکنش با مصرف سیلیس در برنج رقم طارم هاشمی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین – پیشوا. ۹۰ صفحه.

۳- فلاح، و. و سعادتی، ن. ۱۳۷٤. بررسی تأثیر زمان مصرف پتاس بر روی برنج مازندران (گزارش نهائی). انتشارات مؤسسه تحقیقات برنج کشور، معاونت مازندران، آمل.

٤- ملکوتی، م. ج.، داودی، م. ج.، سعادتی، ن.، ولی‌نژاد، م.، رمضانپور، م. ر.، محمودی، م. و محمدیان، م. ۱۳۸۰. تعیین حد بحرانی پتاسیم برای برنج و بررسی پاسخ آن به کلرور پتاسیم در اراضی شالیزاری مازندران. مجله علمی پژوهشی خاک و آب، ویژه‌نامه مصرف بهینه کود. ۱۲ (۱٤): ٥٤-٦۲.

5- Agarie, S., Uchida, H., Agata, W., Kubota, F. and Kaufman, B. 1993. Effect of silicon on growth, dry matter production and photosynthesis in rice; Crop Pro and Improv Tech. NO. 34: 225-234.

6- Alina, K. 1984. Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press, Boca Raton, FL., USA.

7- Bao, L. 1985. Effect and management of potassium fertilizer on wetland rice in China. PP. 282-292. In: Wetland Soils. Int. Rice Res. Inst. Los Banos, Philippines.

8- Bocharnikova, E. A. and Matichenkov, V. 2008. Using Si fertilizers for reducing irrigation water application rate.Silicon in Agriculture Conference, Wild Coast Sun, South Africa, 26-31 October.

9- Chabra, D., Kashaninejad, M. and Rafiee, S. 2006. Study and comparison of waste contents in different rice dryers. Proceeding of the First National Rice Symposium. Amol, Iran.

10- Chaoming, Z., Jianfei, L. and Liping, Ch. 1999. Yield effects on the application of silicon fertilizer early hybrid rice. Journal Article. 2: 79-80.
11- Dahatonde, B. N. 1995. Effect of NPK fertilization on growth and yield of paddy. PKV Research Journal. 19: 184-185.
12- Datnoff. L. E., Raid, R. N., Snyder, G. H. and Jones, D. B. 1991. Effect of Calcium Silicate on blast and brown spot intensites and yields of rice. Plant Dis. 75: 729- 732.
13- Datnoff, L. E., Dren, C. W. and Snyder, G. H. 1997. Silicon fertilizer for disease management of rice in Florida. Crop Production. 16(6): 525-531.
14- Datnoff, L. E., Snyder, G. H. and Korndorfer, G. H. 2001. Silicon in Agricalture. Studies in Plant Science. Amsterdam: Elsevier, 403pp.
15- De Datta, S. K. and Gumez, K. A. 1980. Changes in phosphorus and potassium response in wetland rice soils in south and south-east Asia. International Rice Research Institute. Los Banos, Philippines.
16- De Detta, S. K. and Mikkelsen, D. S. 1985. Potassium nutrition of rice. In: Munson, R.D., summer, M.E., Bishop, W.D., Potassium in Agriculture. American society of agronomy, CSSA, SSSA, Madison, WI, PP. 665-699.
17- Dobermann, A. and Fairhurst, T. 2000. Nutrient disorders and nutrient management. Hand book series.
18- Elawad, S. H. and Green, V. E. 1979. Silicon and rice plant environment, a review of recent research. Riv. Riso 28: 235-253.
19- Elawad, S. H., Gascho, G. J. and Stret, J. J. 1982. Response of sugar cane of silicate source and rate. I. Growth and yield. Agron. J. 74: 781-783.
20- Fallah, A. 2008. Studies effect of silicon on lodging parameters in rice plant under hydroponics culture in a greenhouse experiment. Silicon in Agriculture Conference, Wild Coast Sun, South Africa, 26-31 October.
21- Iqbal, J., Cheema, A. A., Niazi, M. N. and Dogar, M. S. 1991. Response of potassium application to rice and wheat in salt affected soils. Technique, 8: 19-30.
22- Jones, L. H. and Handereck, K. A. 1976. Silica in soils and plants. Agron. J. 19: 107- 109.
23- Kalita, V., Ojha, N. J. and Talukdar, M. C. 1995. Effect of levels and time of potassium application onyield and yield attributes of upland rice. Journal of potassium Research, 11: 203-206.
24- Kato, N. and Owa, N. 1990. Dissolution mechanism of silicate slage fertilizers in paddy. Soil Sci. 4: 609-610.
25- Kolar, J. S. and Grewal, H. S. 1989. Response of rice to potassium. Int. Rice Res. Newsletter. 14 (3): 33.
26- Lioyd, G., Wu, T. Wilson, and Mcclung, A. M. 1998. Contribution of rice tillers to drymatter accumulation and yield. Agron. J. 90: 317- 323.
27- Ma, J. F. and Takahashi, E. 1990. Effect of silicic acid on phosphorus uptuke by rice plant. Soil. Sci. Plant. Nutr. 35: 227- 234.
28- Mahapatra, I. C. and Prasad, P. 1970. Response of rice to potassium in relation to its transformation and availability under waterlogged conditions. Fert. News 15 (2): 34-41.
29- Marchner, H . 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd edition. Academic press. 890p.
30- Matsuo, T., Kumazawa, K., Ishii, R., Ishihara, K. and Hirata, J. 1995. Science of the rice plant, Food and Agriculture Policy Research Center, Tokoyo, Japan, No . 2, PP. 1240.
31- Mauod, M., Crusciol, C. A. and Grass, H. 2003. Nitrogen and fertilizer of upland rice. Piracicaba. Vol. 60. NO. H.
32- Mengel, K. and Kirkby, E. A. 1987. Principles of Plant Nutrition 4th Edition International Potash Ins. Bern, Swizerland. 687 pp.
33- Miller, B. C., Hill, J. E. and Roberts, S. R. 1991. Plant population effects on growth and yield water seeded rice. Agron J. 83: 291-297.
34- Mobasser, H. R., Ghanbari-Malidareh, A. and Sedghi, A. H. 2008. Effect of silicon application to nitrogen rate and spliting on agronomical characterstics of rice (*Oryza sativa* L.). Silicon in Agriculture Conference, Wild Coast Sun, South Africa, 26-31 October.
35- Prasad, B. and Prasad, J. 1997. Response of rice to potassium application in calcareous soils. Journal of Potassium Research. 13: 50-57.
36- Savant, N. K., Snyder, G. H. and Datnoff, L. E. 1997. Silicon management and sustainable rice production. Adv. Agron. 58: 151-199.
37- Singh, S. and Jain, M. C. 2000. Growth and yield response of traditional tall and improved semi-tall rice cultivars to moderste and high nitrogen, phosphorus levels. Indian Journal of Plant Physiology. 5: 38-46.
38- Tanaka, A. and Park, Y. D. 1996. Significant of the absorption and distribution of silica in the growth of rice plants. Soil Sci. plant Nutr. 12: 25-28.
39- Wang, G., Dobernann, A., Witt, C., Sun, Q. and Fu, R. 2001. Performance of site-specific nuterient management for irrigated rice in southeast China Agron J. 93:869-878.

40- Wilson, C. E., Salton, N. A., Dickson, P. A., Norman, R. J. and Wells, B. R. 1996. Rice response to phosphorus and potassium fertilizer application. Research series-Arkansas Agriculture Experiment Station. 450: 15-18.

41- Windslow, M. D., Okada, K. and Correa-Victoria, F. 1997. Silicon deficiency and the adaptation of tropical rice ecotypes. Plant Soil. 188: 239-248.

42- Yoshida, S. 1975. Factors that limit the growth and yields of upland rice. IRRI. Los Banos. Phillippines. PP: 46-71.

43- Yoshida, S. 1981. Fundamentals of Rice Crop Science. International Rice Research Institute, Los Banos, Lagunna, Philippines.

44- Yoshida, S., Ohinishi, Y. and Kitagishi, K. 1962. Chemical forms, mobility and deposition of silicon in the rice plant, Soil Sci. Plant Ntr. 8:15-21.