مجله پژوهش‌های به زراعی
جلد ۶، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۳

مجله پژوهش‌های به زراعی

اثر رژیم‌های آبیاری و مقادیر نیتروژن و سیلیس بر عملکرد و محتوای نیتروژن گیاه برنج رقم طارم محلی

حسن جعفری[1*]، حمید مدنی[2]، سلمان دستان[3] و عباس قنبری مالیدره[4]

۱- گروه زراعت، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران
۲- گروه زراعت، واحد شهرقدس، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرقدس، ایران
۳- مربی بخش علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
۴- گروه زراعت، واحد جویبار، دانشگاه آزاد اسلامی، جویبار، ایران

تاریخ دریافت: ۹۳/۶/۹ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۰/۱۸

Archive of SID

چکیده

هدف از این تحقیق بررسی اثر سطوح آبیاری و مقادیر نیتروژن و سیلیس بر عملکرد و محتوای نیتروژن برنج بود. آزمایش به‌صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی دشت‌ناز ساری در سال ۱۳۸۶ اجرا شد. آبیاری به‌عنوان عامل اصلی در دو سطح غرقاب دائم و تناوبی، مقادیر نیتروژن به‌عنوان عامل فرعی در چهار سطح ۰، ۴۶، ۹۲ و ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص و مقادیر سیلیس به‌عنوان عامل فرعی‌فرعی در دو سطح ۰ و ۵۰۰ کیلوگرم سیلیس خالص در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که انجام آبیاری غرقابی عملکرد بیولوژیک، غلظت نیتروژن کاه و وزن هزار دانه را افزایش داد. با انجام آبیاری تناوبی بر تعداد پنجه در کپه و شاخص برداشت افزوده شد. بیشترین ارتفاع گیاه، تعداد پنجه در کپه، تعداد خوشه در متر مربع، تعداد کل خوشه‌چه، تعداد خوشه‌چه پر در کپه و در نتیجه حداکثر عملکرد دانه، کاه و بیولوژیک به دست آمد. حداکثر مقدار نیتروژن دانه و کاه با مصرف ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد. حداکثر عملکرد دانه، عملکرد کاه و عملکرد بیولوژیک با مصرف ۵۰۰ کیلوگرم سیلیس در هکتار تولید شد. بیشترین غلظت نیتروژن کاه در تیمار بدون مصرف سیلیس به‌دست آمد. اثر متقابل مقادیر نیتروژن و سیلیس فقط بر عملکرد کاه و غلظت نیتروژن دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌داری بود. بنابراین، مصرف سیلیس موجب کاهش اثر منفی آبیاری دوره‌ای و مقادیر بالای مصرف نیتروژن شد.

واژه‌های کلیدی: برنج، نیتروژن، آبیاری، سیلیس و عملکرد

* نگارنده مسئول (hassanjafari.1980@yahoo.com)

www.SID.ir

مقدمه

کمبود آب برای تولید محصولات کشاورزی روز به روز افزایش می‌یابد و گسترش منابع جدید آب متحمل هزینه‌های زیادی است. بنابراین بهبود و افزایش بازده مصرف آب جهت حفظ امنیت غذایی آینده به خصوص در آسیا که تولید برنج آن تا سال ۲۰۲۵ باید به میزان ۷۰ درصد تولید فعلی افزایش یابد ضروری به نظر می‌رسد (Tuong and Bhuiyan, 1999). در مورد آبیاری غرقابی برنج Tunner & McCauley (1983) عنوان می‌کنند که این روش یک ابزار مدیریتی جهت کنترل آفات، دسترسی آسان به مواد غذایی و جلوگیری از تنش آبی می‌باشد نه یک ضرورت برای گیاه برنج، علاوه بر آن عنوان می‌کنند که اجرای این روش نیاز به مصرف مقادیر زیاد آب دارد. مقایسه روش آبیاری غرقابی پیوسته با روش غرقابی ناپیوسته نشان داده است که روش غرقابی ناپیوسته می‌تواند باعث صرفه‌جویی آب گردد بدون آن که کاهش محسوسی در عملکرد بوجود آید (Li & Cui, 1996). دستان و همکاران (۱۳۸۹) بیان کردند که مرحله ابتدایی پنجه‌دهی به قطع آبیاری بسیار حساس بوده، زیرا اجزای عملکرد مانند طول خوشه، تعداد پنجه و تعداد پنجه بارور در کپه، تعداد خوشه‌چه در خوشه و تعداد خوشه در متر مربع و در نهایت عملکرد دانه کمترین مقدار بوده است و بیشترین عملکرد دانه با قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گلدهی به‌دست آمد. ولی در تحقیقی دیگر زکوی و همکاران (۱۳۹۰) دریافتند که مرحله خوشه‌دهی کامل به قطع آبیاری بسیار حساس است، زیرا اجزای عملکرد مانند تعداد کل پنجه و پنجه بارور در کپه، تعداد خوشه در متر مربع، وزن هزار دانه و در نهایت عملکرد دانه کمترین مقدار را به خود اختصاص داد. نیتروژن مهم‌ترین عنصر محدود کننده رشد برنج می‌باشد و عدم جذب این عنصر در هر مرحله از رشد باعث کاهش عملکرد خواهد شد (Haefel *et al.*, 2006).

Singh *et al.*, (2002) با تقسیط ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به نسبت مساوی در سه مرحله ابتدای نشاءکاری، اواسط پنجه‌زنی و مرحله ظهور خوشه آغازین نشان دادند که جذب نیتروژن برای دو ژنوتیپ در طی دو سال با تقسیط کود نیتروژن افزایش یافت و کمترین جذب نیتروژن در تیمار بدون مصرف نیتروژن بود. با افزایش مصرف نیتروژن، تعداد خوشه در متر مربع، تعداد خوشه‌چه، درصد خوشه‌چه‌های پر شده و وزن هزاردانه افزایش یافت (Dobermann *et al.*, 2002).

Belder *et al* (2005) در چین و فیلیپین، سطوح مختلف مصرف کود نیتروژنه را در مزرعه برنج مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که میزان تولید دانه برنج با افزایش مقدار نیتروژن افزایش یافت. نیتروژن کل گیاه و جذب کود نیتروژن در طول فصل رشد در ۶۰ و ۸۰ روز پس از کاشت در هر دو سال آزمایش در مراحل پنجه‌زنی کامل و ظهور خوشه آغازین به حداکثر رسید که این تفاوت ممکن است به دلیل اختلاف در قابلیت دسترسی به نیتروژن خاک در فصل رشد باشد (Eagle *et al.*, 2001). کاربرد کود نیتروژن بیشتر در اواسط مراحل رشد، بازده مصرف نیتروژن را بهبود می‌بخشد و جذب نیتروژن و عملکرد دانه را افزایش می‌دهد (Zeng and Shannon, 2000).

Wang *et al* (2001) نشان دادند که قابلیت پنجه‌زنی بالا در برنج‌های هیبرید تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه نداشته است. بر اساس یافته‌ها، سیلیکون سودمندی زیادی را برای گیاهان از طریق کاهش تنش ناشی از عوامل زنده و غیر

Archive of SID

www.SID.ir

زنده خواهد داشت. کشت‌های مکرر می‌تواند سطوح سیلیسیم قابل دسترس گیاه را به نقطه‌ای کاهش دهد که کود سیلیس تکمیلی برای حداکثر تولید مورد نیاز باشد (Datnoff *et al*., 2001). عدم وجود سیلیس باعث کاهش۴۰ درصدی در دانه‌های خوشه‌چه‌های بارور شده و کاهش ۱۰ درصدی کل تعداد خوشه‌چه‌های خوشه ها می‌گردد (Ma *et al*., 2004). با افزایش مقدار سیلیس در برگ و ساقه، رشد و عملکرد برنج ۸ درصد افزایش می‌یابد (Datnoff *et al*., 1997). سیلیس عملکرد خوشه‌چه و مقدار دانه را افزایش می‌دهد و برای پایداری عملکرد برنج ضروری است (Mauod *et al*., 2003). سیلیس می‌تواند تراوش الکترولیت‌ها از برگ‌های برنج را کاهش داده و در نهایت فعالیت فتوسنتزی بیشتر در گیاهان رشد یافته تحت کمبود آب یا تنش گرما را افزایش دهد (Datnoff *et al*., 2001). Dastan *et al* (2011) دریافتند که حداکثر عملکرد دانه با مصرف 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. Dastan *et al* (2013) اظهار داشتند که بیشترین تعداد خوشه‌چه در خوشه و عملکرد دانه با کاربرد ۵۰۰ کیلوگرم سیلیس در هکتار به دست آمد. لذا، هدف از این تحقیق بررسی اثر سطوح نیتروژن و سیلیس بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج در دو رژیم آبیاری بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه دشت‌ناز مرکز تحقیقات مازندران با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۷ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۱۱ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۱/۵ متر از سطح دریا در سال ۱۳۸۶ انجام شد. مجموع بارندگی و تبخیر منطقه در طی دوره رشد گیاه به ترتیب ۶۱/۹ و ۵۹۶ میلی‌متر بوده است. بیشترین و کمترین بارندگی به ترتیب در تیر ماه با ۳۱/۷ میلی‌متر و در مرداد ماه با ۰/۱ میلی‌متر بود. حداکثر و حداقل تبخیر به ترتیب در مرداد ماه با ۱۹۹/۷ میلی‌متر و در اردیبهشت ماه با ۹۳/۷ میلی‌متر بود. خاک محل آزمایش لومی رسی بود که نقطه ظرفیت زراعی، نقطه پژمردگی دائم، و وزن مخصوص ظاهری خاک به ترتیب ۳۸، ۲۰ درصد حجمی و ۱/۲۷۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب و متوسط آب قابل استفاده در یک متر عمق خاک برابر ۱۸۰ میلی‌متر بود. نمونه‌برداری خاک قبل از کاشت در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر انجام شد که دارای pH ۷/۶۸، هدایت الکتریکی ۰/۵ میلی موس بر سانتی‌متر، ماده آلی ۲/۴۶ و فسفر، پتاسیم و سیلیس قابل جذب به ترتیب ۳۳/۸، ۴۵۵ و ۳۸ میلی گرم بر کیلوگرم و نیتروژن کل ۰/۲۲ درصد می‌باشد.

آزمایش به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار بود که دارای دو سیستم آبیاری به عنوان کرت اصلی و چهار مقدار کود نیتروژن به عنوان کرت فرعی و مصرف کود سیلیس در دو سطح به عنوان کرت فرعی فرعی در نظر گرفته شد که کرت اصلی شامل: I_1: آبیاری غرقابی دائم و I_2: آبیاری دوره‌ای (تناوبی یا کم آبیاری) بود. کرت فرعی دارای چهار سطح کود نیتروژن به میزان صفر، ۴۶، ۹۲ و ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص و کرت فرعی فرعی نیز در دو سطح کود سیلیس به میزان صفر و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار سیلیس خالص بودند. نیتروژن و سیلیس مورد نیاز برنج بر اساس نوع تیمار به ترتیب از منبع اوره و سیلیکات کلسیم (از خاکستر معدن سیلیس) تأمین شد. آبیاری در تیمار غرقابی مداوم با حفظ ارتفاع آب

Archive of SID

www.SID.ir

به میزان ۵ تا ۷ سانتی‌متر در طول دوره رشد تا قبل از مرحله خمیری انجام پذیرفت. در تیمار کم آبیاری، میزان آب بر اساس میزان تبخیر از تشتک کلاس A و نیاز آبی گیاه و میزان رطوبت موجود در خاک به طور متوسط هر ۷ روز در میان محاسبه و اعمال گردید. رطوبت خاک، بر مبنای درصد تخلیه رطوبت خاک بوده و کمتر از ۶۰ درصد، در کل دوره رشد نگردید. منبع تأمین آب چاه بوده و آبیاری به روش سطحی، انتقال آب از طریق شلنگ و کنترل دقیق مقدار آب با استفاده از کنتور حجمی صورت گرفت و بر حسب لیتر محاسبه شد. برای یکنواختی در توزیع آب در هر کرت آبیاری از لوله سوراخ‌دار متحرک دستی استفاده گردید. مزرعه محل آزمایش در سال زراعی قبل زیر کشت کاهو بوده و در اواخر فروردین ماه سال زراعی زمین اصلی به وسیله گاوآهن برگرداندار شخم زده شد و نیمه دوم اردیبهشت عملیات شخم ثانویه جهت تهیه بستر و کرت‌بندی زمین انجام پذیرفت. برای کشت از برنج رقم طارم محلی که از ارقام باکیفیت، پابلند و زوددرس است، استفاده شد. خزانه برنج در کنار مزرعه اصلی تهیه و در پنجم اردیبهشت بذور جوانه‌زده پنج روزه در خزانه پخش شدند و گیاهچه بعد از سی روز آماده نشاءکاری شد. مزرعه به ۶۴ کرت آزمایشی ۵ × ۲ متر تقسیم‌بندی گردید و نشاءها در ۱۰ ردیف با فاصله ۲۰ سانتی‌متر بین ردیف‌ها و ۱۰ سانتی‌متر روی ردیف کشت گردیدند. تراکم ۵۰ نشا در متر مربع مورد نظر بوده (ولی به علت شرایط غرقابی زمین امکان کنترل دقیق تراکم مقدور نشد و این صفت نیز برای کنترل در نتایج و بحث تجزیه واریانس گردید) و در عمق ۳ سانتی‌متری خاک نشاء شدند. بر اساس آزمایش خاک، مزرعه به کود فسفر و پتاسیم نیاز نداشت. کود نیتروژن با تقسیط ۳۰ درصد یک روز بعد از نشاء برنج، ۳۰ درصد در مرحله ظهور خوشه آغازین و ۳۰ درصد پایانی در مرحله خوشه‌دهی کامل و مصرف سیلیس در زمان تهیه بستر زمین اصلی برای نشاکاری مصرف گردید. مبارزه با علف‌های هرز با سم علف‌کش در زمان ۴ روز پس از نشاکاری انجام شد و یک بار وجین در طی دوره رشد با دست در مرحله حداکثر پنجه‌زنی انجام پذیرفت. برای کنترل آفت کرم ساقه‌خوار یک‌بار سم‌پاشی در مرحله قبل از گلدهی انجام شد. در طول دوره رشد، سم‌پاشی برای کنترل بیماری بلاست انجام نگردید. مزرعه هر سه روز یک‌بار بازدید شد تا میزان آبیاری در کرت‌های غرقاب و کم آبیاری کنترل شود. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه، کاه، و بیولوژیک (ماده خشک)، برداشت از سطح ۴ متر مربع که شامل پنج ردیف کاشت از وسط هر کرت بوده انجام گردید. ابتدا ماده خشک گیاهی هر کرت توزین شد و سپس به‌وسیله کمباین عملیات خرمنکوبی انجام شد و دانه‌ها جدا گردیدند. برای خشک کردن، نمونه‌ها در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شدند و توزین گردیدند. به منظور اندازه‌گیری صفات مورد بررسی قبل از برداشت، از هر کرت به صورت تصادفی نمونه‌برداری شده و صفات زیر اندازه‌گیری گردید. تعداد کل پنجه‌ها و تعداد پنجه‌های بارور در محصول از روی ۸ کپه در هر کرت در مرحله برداشت شمارش گردید. تعداد خوشه در مترمربع در محصول با کوادرات یک متر مربع در وسط هر کرت در دو مکان صورت گرفت. تعداد کل خوشه‌چه در کپه و تعداد خوشه‌چه پر در کپه از روی ۵ کپه در هر کرت شمارش و محاسبه گردید. وزن هزار دانه برحسب گرم با شمارش و توزین پنج نمونه ۱۰۰ دانه‌ای از عملکرد دانه در هر کرت به‌دست آمد. داده‌های بدست آمده با نرم افزار SAS مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند. مقایسه

Archive of SID

www.SID.ir

یانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه از نظر آماری تحت تأثیر مقادیر نیتروژن در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول ۱)، به‌طوری‌که کمترین ارتفاع گیاه در تیمار بدون مصرف نیتروژون (۱۴۲/۶۸ سانتی‌متر) به‌دست آمد و حداکثر ارتفاع گیاه به‌ترتیب با مصرف ۹۲ و ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد که به‌ترتیب برابر ۱۵۰/۱۸ و ۱۵۳/۳۱ سانتی‌متر بود. در شرایط عدم مصرف و کاربرد ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار سیلیس خالص، ارتفاع گیاه به‌طور متوالی برابر ۱۴۷/۵۰ و ۱۴۹/۶۸ سانتی‌متر بود (جدول ۲). دستان و همکاران (۱۳۸۹) اظهار کردند که حداکثر ارتفاع بوته تحت تیمار اثر متقابل مقدار سیلیس و قطع آبیاری برای قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گلدهی با مصرف ۵۰۰ کیلوگرم سیلیس در هکتار حاصل شد. کمبود آب سبب کاهش انعطاف پذیری ساقه می‌شود و مانعی برای طویل شدن ساقه است (Neumann, 1993). همچنین در کم آبی، تقسیم سلول‌ها متوقف می‌شود (Hsiao, 1973).

طول خوشه از نظر آماری تحت تأثیر مقادیر نیتروژن و اثر متقابل آبیاری و مقادیر نیتروژون در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۱). حداقل طول خوشه تحت تأثیر مقادیر نیتروژن برای تیمار بدون مصرف کود نیتروژن (۲۴/۲۸ سانتی‌متر) حاصل شد و برای تیمارهای با مصرف ۴۶، ۹۲ و ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌ترتیب برابر ۲۵/۷۱، ۲۶/۰۸ و ۲۶/۰۵ سانتی‌متر بوده است. همچنین در جدول ۲ مشهود است که طول خوشه تحت آبیاری غرقابی و دوره‌ای به‌ترتیب برابر ۲۵/۴۴ و ۲۵/۶۲ سانتی‌متر، تحت تیمار بدون مصرف سیلیس (۲۵/۲۳ سانتی‌متر) و مصرف ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار سیلیس (۲۵/۸۲ سانتی‌متر) نیز تفاوت معنی‌داری نداشته است (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات متقابل قطع آبیاری و سیلیس نشان داد که کمترین طول خوشه برای تیمار قطع آبیاری در مرحله ابتدای پنجه‌دهی و مصرف ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار سیلیس خالص به دست آمد (دستان و همکاران، ۱۳۸۹). Grigg *et al* (2000) نیز در مطالعه‌ای دریافتند وقتی آبیاری در برنج به تأخیر افتد، وزن خشک خوشه‌ها کاهش می‌یابد.

تعداد پنجه از نظر آماری تحت تأثیر مقادیر نیتروژن در سطح احتمال یک درصد و تحت تیمارهای آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری را نشان داد (جدول ۱). تعداد پنجه در کپه در تیمار آبیاری دوره‌ای نسبت به آبیاری غرقابی بیشتر بوده است که به‌ترتیب برابر ۱۲/۶۲ و ۱۱/۱۵ پنجه بود. بیشترین تعداد پنجه در کپه با مصرف ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۱۵ پنجه) به‌دست آمد و برای تیمارهای بدون مصرف نیتروژن و مصرف ۴۶ و ۹۲ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب برابر با ۹/۶۲ ، ۱۰/۸ و ۱۲/۲۵ پنجه بود. تعداد پنجه در کپه در تیمار بدون مصرف سیلیس و مصرف ۵۰۰ کیلوگرم سیلیس در هکتار اختلاف معنی‌داری نداشت و به‌طور متوالی برابر ۱۲/۰۳ و ۱۱/۵۷ پنجه بود (جدول ۲). قطع آبیاری در زمانی که حداکثر سطح برگ برای افزایش محصول لازم است، سبب کاهش تعداد ساقه در واحد سطح می شود (Lu and Neumann, 1998). عدم تأمین آب کافی در مراحل مختلف رشدگیاه برنج باعث کاهش رشد و تعداد پنجه می‌شود (Fukai and Prasertask, 1997).

Ma and Takahashi (1990) گزارش کردند، سیلیس در گیاه برنج، باعث افزایش تعداد پنجه می‌گردد. سیلیس باعث افزایش تعداد پنجه و خوشه‌چه می‌شود (Agarie *et al.*, 1993).

Archive of SID

www.SID.ir

کمترین تعداد پنجه بارور در کپه تحت تأثیر تیمار تیمار قطع آبیاری در ابتدای پنجه‌دهی با عدم مصرف سیلیس و بیشترین آن برای تیمار قطع آبیاری در مرحله خوشه‌دهی کامل با مصرف ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار حاصل گردید (دستان و همکاران، ۱۳۸۹).

تعداد خوشه در متر مربع از نظر آماری تنها تحت تأثیر مقادیر نیتروژن در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۱)، به‌طوری‌که حداکثر تعداد خوشه در مترمربع به‌ترتیب برای تیمار مصرف ۱۳۸ و ۹۲ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آمد که به‌ترتیب برابر ۴۴۴/۸۸ و ۴۳۸/۱۵ عدد بود و کمترین تعداد خوشه در مترمربع برای تیمار بدون مصرف نیتروژن و مصرف ۴۶ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد که ترتیب برابر ۳۴۱/۹۵ و ۳۴۰/۷۰ خوشه بود. تعداد خوشه در مترمربع برای آبیاری غرقابی و دوره‌ای به‌ترتیب برابر ۴۰۰/۶۱ و ۳۸۲/۲۲ خوشه بوده است. هرچند تعداد خوشه در مترمربع از نظر آماری تحت تأثیر مقدار سیلیس قرار نگرفت، اما در شرایط بدون مصرف سیلیس این تعداد (۳۹۸/۱۱ خوشه) بیشتر از شرایط با مصرف ۵۰۰ کیلوگرم سیلیس در هکتار (۳۸۴/۷۲ خوشه) بوده است (جدول ۲). Elawad *et al* (1982) بیان کردند مصرف سیلیس در گیاه برنج باعث افزایش رشد از طریق افزایش تعداد پنجه و تعداد خوشه در واحد سطح می‌شود و قطع آبیاری در زمانی که حداکثر سطح برگ برای ایجاد افزایش محصول لازم است، موجب کاهش وزن خشک برگ و شاخه‌ها و در نتیجه سبب افت تعداد ساقه در واحد سطح یا خوشه می‌شود که این امر با کاهش انعطاف پذیری دیواره سلولی و کاهش پتانسیل اسمزی صورت می‌گیرد. قطع آبیاری موجب کاهش تعداد خوشه در متر مربع می‌شود (Lu & Neumann, 1998). نتایج تحقیقات حاکی از آن است که با کمبود سیلیس، تعداد خوشه کم می‌شود که در نتیجه آن عملکرد گیاه با کاهش مواجه می‌گردد (Matsuo *et al.*, 1995). حداکثر تعداد خوشه در مترمربع تحت اثر متقابل مقادیر سیلیس و قطع آبیاری برای تیمار با مصرف ۱۰۰۰ کیلوگرم سیلیس در هکتار و قطع آبیاری در مرحله خوشه‌دهی کامل حاصل شد که برابر ۵۲۱/۶ عدد بود (دستان و همکاران، ۱۳۸۹).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- تجزیه واریانس اجزای عملکرد و محتوای نیتروژن دانه و کاه برنج تحت اثر رژیم‌های آبیاری و مقادیر نیتروژن و سیلیس

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع گیاه	طول خوشه	تعداد پنجه در کپه	تعداد خوشه در متر مربع	تعداد خوشه‌چه در کپه	تعداد خوشه‌چه پر در کپه	وزن هزار دانه	محتوای نیتروژن دانه	محتوای نیتروژن کاه و کلش
تکرار	۱	۴۷۲/۷۳	۸/۵۳	۶/۴	۸۹۸۹۷/۸*	۱۱۶۵۹۴/۲	۴۷۲۲۴/۳	۱۱/۴۶	۰/۰۰۹	۰/۰۰۴
آبیاری (I)	۱	۳۶/۰۰	۰/۵۰	۲۰/۳*	۵۴۱۳/۲۷۹	۶۲۸۷۵/۶	۴۴۲۰۵/۱	۴/۶۷*	۰/۰۱۵	۰/۰۱۴*
خطا	۳	۱۵۲/۲۵	۱۴/۵۵	۱/۲۹۲	۴۸۸۵/۵۴۲	۹۴۱۹۲/۱	۸۰۷۲۴/۹	۰/۳۷	۰/۰۰۷	۰/۰۰۰
مقادیر نیتروژن (N)	۳	۳۱۹/۲۳*	۱۱/۵۹*	۴۷/۶**	۵۳۶۶۵**	۱۰۰۸۰۰۶/۲**	۴۸۲۴۷۱**	۰/۹۵	۰/۶**	۰/۴**
I × N	۳	۷۹/۴۲	۹/۵۶*	۱/۲۹۲	۱۲۶۴/۹۳۷	۱۶۲۶۰/۳	۳۴۸۸/۱	۱/۹۷	۰/۰۰۴	۰/۰۲۸
خطا	۱۸	۸۵/۹۸	۲/۷۴	۱/۳۸۹	۸۹۴۱/۲۶۵	۱۶۷۱۰/۶	۱۰۷۱۱/۷	۲/۲۱	۰/۰۲۱	۰/۰۲۴
مقادیر سیلیس (S)	۱	۷۶/۵۶	۵/۵۸	۲/۲۵۰	۲۸۷۰/۲۸۰	۱۰/۶	۳۴۲۲/۳	۰/۲۶	۰/۰۱۱	۰/۰۱۶۷*
I × S	۱	۵۶/۲۵	۰/۰۲	۰/۲۵۰	۲۱/۳۹۱	۳۹۰/۱	۳۹/۱	۰/۰۷	۰/۰۰۵	۰/۰۳۱
N × S	۳	۱۱۴/۷۳	۱/۸۵	۰/۱۲۵	۱۱۴۰/۷۱۴	۱۴۳۴/۳	۱۳۶۱/۴	۰/۵۴	۰/۰۳۲	۰/۱۳۰*
I × N × S	۳	۹۵/۳۳	۰/۹۳	۰/۲۰۸	۱۸۹۶/۷۸۷	۱۵۸۵۵/۳	۱۰۳۲۹/۴	۱/۴۴	۰/۰۸۷*	۰/۰۴۲
خطا	۲۴	۶۹/۵۰	۴/۰۸	۰/۶۰۴	۳۱۷۱/۶۹۵	۱۳۱۷۸/۹	۱۲۱۹۴/۰	۲/۱۳	۰/۰۲۸	۰/۰۳۰
ضریب تغییرات (٪)	-	۵/۶۱	۷/۹۱	۷/۱۸	۱۴/۳۹	۱۲/۴	۱۴/۴	۶/۵۲	۸/۶۵	۱۷/۹۰

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- مقایسه میانگین اجزای عملکرد و محتوای نیتروژن دانه و کاه برنج تحت اثر رژیم‌های آبیاری و مقادیر نیتروژن و سیلیس

تیمارها	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	طول خوشه (سانتیمتر)	تعداد پنجه بارور در کپه	تعداد خوشه در متر مربع	تعداد خوشه‌چه در کپه	تعداد خوشه‌چه پر در کپه	وزن هزار دانه (گرم)	محتوای نیتروژن دانه (درصد)	محتوای نیتروژن کاه و کلش (درصد)
آبیاری									
غرقابی	۱۴۷/۸ a	۲۵/۴ a	۱۰/۳ a	۴۰۰ a	۹۵۵/۷۵ a	۷۹۳/۹۷ a	۲۲/۶۸ a	۱/۹۰۳ a	۰/۹۸۶ a
دوره‌ای	۱۴۹/۳ a	۲۵/۶ a	۱۱/۴ b	۳۸۲ a	۸۹۳/۰۶ a	۷۴۱/۴۱ a	۲۲/۱۴ a	۱/۹۳۳ a	۰/۹۵۷ b
مقادیر نیتروژن									
عدم مصرف (شاهد)	۱۴۲/۷ b	۲۴/۳ b	۹/۲ c	۳۴۱ b	۶۴۰/۲۵ c	۵۶۳/۰۰ c	۲۲/۵۷ a	۱/۶۸۸ b	۰/۷۷۶ c
۴۶ کیلوگرم در هکتار	۱۴۸/۲ ab	۲۵/۷ a	۹/۸ c	۳۴۰ b	۸۶۷/۵۰ b	۷۲۱/۰۰ b	۲۲/۵۵ a	۱/۸۳۳ b	۰/۹۳۱ bc
۹۲ کیلوگرم در هکتار	۱۵۰/۲ a	۲۶/۱ a	۱۱/۶ b	۴۳۸ a	۹۴۱/۸۸ b	۸۰۷/۳۸ b	۲۲/۴۷ a	۲/۰۲۱ a	۱/۰۶۳ ab
۱۳۸ کیلوگرم در هکتار	۱۵۳/۳ a	۲۶/۱ a	۱۲/۹ a	۴۴۴ a	۱۲۴۸/۰۰ a	۹۷۹/۳۸ a	۲۲/۰۵ a	۲/۱۳۱ a	۱/۱۱۴ a
مقدار سیلیس									
عدم مصرف (شاهد)	۱۴۷/۵ a	۲۵/۲ a	۱۱/۱ a	۳۹۸ a	۹۲۴/۸۱ a	۷۶۰/۳۸ a	۲۲/۴۷ a	۱/۹۳۲ a	۱/۰۲۲ a
۵۰۰ کیلوگرم در هکتار	۱۴۹/۷ a	۲۵/۸ a	۱۰/۷ a	۳۸۴ a	۹۲۴/۰۰ a	۷۷۵/۰۰ a	۲۲/۳۵ a	۱/۹۰۵ a	۰/۹۲۰ b

*: حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشند.

Archive of SID

www.SID.ir

تعداد کل خوشه‌چه که از نظر آماری تنها تحت تأثیر مقادیر نیتروژن در سطح احتمال یک درصد قرار گرفته است، به‌طوری‌که حداکثر تعداد کل خوشه‌چه در کپه در تیمار مصرف ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۱۱۲۴ خوشه‌چه) حاصل گردید و در شرایط بدون مصرف نیتروژن کمترین تعداد کل خوشه‌چه در کپه به‌دست آمد که برابر ۶۴۰/۲۵ خوشه‌چه بود. تعداد کل خوشه‌چه در کپه در تیمار مصرف ۴۶ و ۹۲ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌ترتیب برابر ۸۶۷/۵ و ۹۴۱/۸۷ بوده است. تعداد کل خوشه‌چه در کپه در آبیاری غرقابی و دوره‌ای به‌طور متوالی برابر ۹۵۵/۷۵ و ۸۹۳/۰۶ خوشه‌چه بود (جدول ۲). کمبود آب در مرحله باروری باعث کاهش تعداد کل خوشه‌چه در خوشه و وزن خشک برگ می‌شود (Kato & Owa, 1990).

Chaoming *et al* (1999) بیان کردند مصرف سیلیس باعث افزایش تعداد خوشه‌چه شد. تعداد خوشه‌چه پر در کپه تنها تحت تأثیر مقادیر نیتروژن در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت. کمترین تعداد دانه پر در کپه تحت تیمار مقادیر کود نیتروژن برای شرایط بدون مصرف نیتروژن (۵۶۳ عدد) به‌دست آمد و حداکثر تعداد دانه پر با مصرف ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل گردید که برابر ۹۷۹/۳۷ دانه پر بوده است. تعداد دانه پر در کپه تحت آبیاری غرقابی و دوره‌ای به‌ترتیب برابر ۷۹۳/۹۶ و ۷۴۱/۴ عدد می‌باشد، اما تحت مقادیر سیلیس برای تیمار بدون مصرف سیلیس و مصرف ۵۰۰ گرم در هکتار به‌طور متوالی به ۷۶۰/۳۷ و ۷۷۵ عدد رسید (جدول ۲). معمولاً حرکت سیلیس در گیاه برنج به کندی صورت می‌گیرد و فعالیت جذب سیلیس از مرحله طویل شدن ساقه شروع می‌شود (Bocharnikova and Matichenkov, 2008). کمبود آب به خاطر محدود ساختن سطح برگ از جذب نور جلوگیری کرده و موجب کاهش فتوسنتز، انتقال مواد فتوسنتزی و در نتیجه افت درصد خوشه‌چه‌های پر می‌گردد (Inanaga *et al*., 1995; Lu & Neumann, 1998).

وزن هزار دانه از نظر آماری تنها تحت تأثیر تیمار آبیاری در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری را نشان داد (جدول ۱)، به‌طوری‌که وزن هزار دانه در آبیاری غرقابی برابر ۲۲/۶۷ گرم و آبیاری دوره‌ای معادل ۲۲/۱۳ گرم بوده است. وزن هزاردانه تحت تأثیر مقادیر نیتروژن از ۲۲/۰۴ گرم (با مصرف ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) تا ۲۲/۵۷ گرم تحت تیمار بدون مصرف نیتروژن متغیر بوده است. وزن هزار دانه در شرایط عدم مصرف و کاربرد ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار سیلیس به‌ترتیب برابر ۲۲/۴۷ و ۲۲/۳۴ گرم بود (جدول ۲). Chaoming *et al* (1999) بیان کردند، مصرف سیلیس موجب افزایش وزن هزار دانه می‌شود که دلیل آن تجمع سیلیس در پوسته برنج است.

محتوای نیتروژن دانه از نظر آماری تحت تأثیر مقادیر نیتروژن در سطح احتمال یک درصد و اثرات متقابل آبیاری × مقادیر نیتروژن × سیلیس در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت. حداکثر غلظت نیتروژن تحت مقادیر مختلف کود نیتروژن برای تیمار با مصرف ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۲/۱۳ درصد) و کمترین آن (۱/۶۸ درصد) از تیمار بدون مصرف نیتروژن حاصل گردید و برای تیمارهای مصرف ۴۶ و ۹۲ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، به‌ترتیب برابر ۱/۸۳ و ۲/۰۲ درصد بود. غلظت نیتروژن دانه برای تیمارهای عدم مصرف و مصرف ۵۰۰ کیلوگرم سیلیس در هکتار به‌ترتیب برابر ۱/۹۳ و ۱/۹۰ درصد حاصل شد و برای شرایط آبیاری غرقابی آبیاری و دوره‌ای به ترتیب برابر ۱/۹۰ و ۱/۹۳ درصد بود (جدول ۸). کمترین غلظت نیتروژن دانه تحت اثرات متقابل آبیاری × مقادیر نیتروژن × سیلیس برای تیمار با آبیاری غرقابی و بدون مصرف نیتروژن و با کاربرد ۵۰۰ کیلوگرم سیلیس در هکتار حاصل گردید که برابر ۱/۶۱ درصدی بود و حداکثر مقدار این صفت تحت آبیاری

Archive of SID

www.SID.ir

دوره‌ای برای تیمارهای با مصرف ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و همچنین شرایط عدم مصرف و کاربرد ۵۰۰ کیلوگرم سیلیس در هکتار (۲/۱۲ درصد) حاصل گردید (جدول ۵).

محتوای نیتروژن کاه و کلش از نظر آماری تحت تأثیر مقادیر نیتروژن در سطح احتمال یک درصد و اثرات ساده آبیاری و سیلیس و اثر متقابل مقادیر نیتروژن × سیلیس در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری را نشان‌داد (جدول ۱). مصرف ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیشترین (۱/۱۱ درصد) و عدم مصرف آن کمترین (۰/۷۷۶ درصد) درصد نیتروژن در کاه را به خود اختصاص داد. غلظت نیتروژن کاه تحت شرایط بدون مصرف سیلیس (۱/۰۲ درصد) بیشتر از تیمار مصرف ۵۰۰ کیلوگرم سیلیس در هکتار (۰/۹۲ درصد) بوده است و برای آبیاری غرقابی و دوره‌ای نیز به‌ترتیب ۰/۹۸ و ۰/۹۵ حاصل گردید (جدول ۲). همان‌طوری‌که در جدول ۶ ملاحظه می‌شود، بیشترین غلظت نیتروژن کاه تحت اثرات متقابل مقادیر نیتروژن × سیلیس برای تیمار مصرف ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و عدم کاربرد سیلیس (۱/۲۰ درصد) حاصل گردید و حداقل غلظت نیتروژن کاه برای تیمار بدون مصرف نیتروژن و کاربرد ۵۰۰ کیلوگرم سیلیس در هکتار عملکرد دانه از نظر آماری تحت تأثیر مقادیر نیتروژن و سیلیس در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۳). عملکرد دانه تحت تیمار آبیاری غرقابی و دوره‌ای به‌ترتیب برابر ۵/۲۴ و ۵/۲۱ تن در هکتار شده است. میزان عملکرد دانه در شرایط مصرف ۴۶ و ۹۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌ترتیب برابر ۴/۹۵ و ۵/۵ تن در هکتار بوده است. حداکثر عملکرد دانه با مصرف ۵۰۰ کیلوگرم سیلیس در هکتار (۵/۳۶ تن در هکتار) حاصل شد و حداقل عملکرد دانه در شرایط بدون مصرف سیلیس (۵/۰۹ تن در هکتار) به‌دست آمد (جدول ۴). دستان و همکاران (۱۳۸۹) دریافتند که کمترین عملکرد دانه تحت تیمار قطع آبیاری در مرحله ابتدای پنجه‌دهی (۳۲۹/۲ گرم در متر مربع) حاصل شد که علت این امر کاهش شدید ارتفاع گیاه، طول خوشه، تعداد پنجه و پنجه بارور در کپه، تعداد خوشه‌چه در خوشه و در نهایت تعداد خوشه در متر مربع بوده است. همچنین بیشترین عملکرد دانه در شرایط قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گلدهی حاصل شد که برابر ۴۰۸/۷۸ گرم در متر مربع بود. کمبود آب بر فعالیت انبساط سلولی توسط تغییرات فیزیکی و متابولیکی اثر گذاشته، سطح برگ را محدود نموده و با جلوگیری از جذب نور موجب کاهش فتوسنتز و عملکرد می‌شود (Lu & Neumann, 1998). کمبود آب از طریق اثرگذاری بر انتقال آنزیم‌های فتوسنتزی و فعالیت آنزیم ریبولوز بیس فسفات کربوکسیلاز موجب کاهش فتوسنتز و وزن خشک دانه می‌شود (Bocharnikova & Matichenkov, 2008).

Ma & Takahashi (1990) گزارش کردند، سیلیس در گیاه برنج، باعث افزایش رشد از طریق افزایش تعداد پنجه، سطح برگ و فعالیت فتوسنتزی برگ‌های پائینی و افزایش عملکرد دانه از طریق افزایش تعداد خوشه‌چه در خوشه، دانه‌های رسیده و وزن هزار دانه شد. Chaoming *et al* (1999) گزارش کردند، سیلیس از طریق افزایش تعداد کل خوشه‌چه در خوشه، درصد خوشه‌های پر، وزن هزار دانه و کاهش ورس موجب افزایش عملکرد دانه می‌شود، همچنین مصرف سیلیس باعث افزایش تولید ماده خشک می‌گردد.

عملکرد کاه و کلش از نظر آماری تحت تأثیر مقادیر نیتروژن و سیلیس در سطح احتمال یک درصد و تحت اثرمتقابل مقادیر نیتروژن و سیلیس در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری را نشان داد (جدول ۳). حداکثر و حداقل عملکرد تحت مقادیر نیتروژن به‌ترتیب در تیمار مصرف ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و عدم مصرف

Archive of SID

www.SID.ir

نیتروژن به‌دست آمد که به‌ترتیب برابر ۱۳/۲۸ و ۱۰/۴۷ تن در هکتار بوده است. میزان عملکرد کاه با مصرف ۵۰۰ کیلوگرم سیلیس در هکتار بیشتر از تیمار بدون مصرف سیلیس حاصل شد که به‌ترتیب برابر ۱۲/۲۹ و ۱۱/۲۹ تن در هکتار بود. هر چند عملکرد کاه تحت تأثیر آبیاری از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشته است، اما تحت آبیاری غرقابی میزان عملکرد بیشتر از آبیاری دوره‌ای بوده است که به‌طور متوالی برابر ۱۳/۱۱ و ۱۰/۴۷ تن در هکتار بود (جدول ۴). همان‌طوری‌که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، حداکثر عملکرد کاه تحت اثر متقابل نیتروژن با سیلیس برای تیمار مصرف ۵۰۰ کیلوگرم سیلیس در هکتار و ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۸/۵۹ تن در هکتار) به‌دست آمد و کمترین میزان این صفت در تیمار بدون مصرف سیلیس و نیتروژن حاصل شد که برابر ۶/۰۶ تن در هکتار بود. در شرایط آبیاری غرقابی مداوم برای افزایش مصرف کود نیتروژن باید سیستم آبیاری را کنترل کرد و از کم آبیاری استفاده نمود و یا مصرف کود را متعادل و با تقسیط مناسب در طول دوره رشد به کار برد تا اثر متقابل این دو باعث افزایش رشد رویشی نگردد و تولید بیوماس گیاه به تولید دانه منتهی گردد و در غیر این صورت باعث افزایش تولید کاه می‌گردد (قنبری مالیدره و همکاران، ۱۳۸۹). در آزمایشی، مصرف کود سیلیس با ۱۲۲۹۳ و عدم مصرف آن با ۱۱۲۸۷ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد کاه را تولید کردند که این تفاوت ۱۰۰۶ کیلوگرم در هکتار ناشی از تولید تعداد پنجه نابارور بیشتر در تیمار مصرف کود سیلیس بود و احتمالاً محدودیت منبع باعث این مهم شد (قنبری مالیدره و همکاران، ۱۳۸۹؛ Kato & Owa, 1990).

عملکرد بیولوژیک از نظر آماری تحت تأثیر مقادیر نیتروژن و سیلیس در سطح احتمال یک درصد و تحت تیمار آبیاری در سطح احتمال پنج درصد معنی دار گردید (جدول ۳)، به‌طوری که بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن به‌ترتیب برای تیمارهای با مصرف ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۱۹/۴۱ تن در هکتار) و عدم مصرف کود نیتروژن (۱۰/۴۷ تن در هکتار) حاصل گردید. میزان عملکرد بیولوژیک تحت تیمار مصرف ۵۰۰ کیلوگرم سیلیس در هکتار بیشتر از شرایط بدون مصرف سیلیس حاصل شد که به‌طور متوالی برابر ۱۷/۶۵ و ۱۶/۳۷ تن در هکتار بود. همچنین مشاهده می‌شود که عملکرد بیولوژیک با آبیاری غرقابی (۱۸/۳۴ تن در هکتار) نسبت به آبیاری دوره‌ای (۱۵/۶۷ تن در هکتار) بیشتر بوده است (جدول ۴). در رژیم آبیاری دوره‌ای مقادیر بالای نیتروژن به علت وجود آب کم نمی‌تواند در تولید بیوماس نقش جدی داشته باشد. در این شرایط نیتروژن مازاد به علت کمبود آب در رشد دخالت نکرده و گیاه آب زیادی را جذب نمی‌کند و و رشد رویشی زیادی تولید نمی‌کند (Salim & Saxena, 1992). برنج در سیستم آبیاری دوره‌ای به علت عدم وجود شرایط غرقابی تعداد پنجه کل و مؤثر بیشتری تولید کرد که بر اثر رقابت تعداد پنجه نابارور بیشتری داشته و همچنین وزن ماده خشک هر پنجه کمتر بود و گیاه سریع‌تر از رویشی به زایشی می‌رود و مواد ذخیره شده در اندام‌ها را صرف رشد رویشی پنجه‌ها نموده و به دانه منتقل نخواهد کرد (قنبری مالیدره و همکاران، ۱۳۸۹).

شاخص برداشت از نظر آماری تنها تحت اثر مقادیر سیلیس در سطح احتمال پنج درصد معنی‌داری بود (جدول ۳). هرچند تیمار آبیاری بر شاخص برداشت تأثیر معنی‌داری نداشته بود، ولی تحت آبیاری غرقابی این نسبت برابر ۲۸/۶۴ درصد و تحت آبیاری دوره‌ای میزان شاخص برداشت ۳۳/۹۶ درصد بود. شاخص برداشت تحت مقادیر مختلف کود نیتروژن از ۳۰/۵۵ درصد (برای تیمار بدون مصرف نیتروژن) تا ۳۲/۱۲ درصد (برای تیمار مصرف ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) متغیر بوده

Archive of SID

www.SID.ir

است. شاخص برداشت تحت تیمارهای عدم مصرف سیلیس و مصرف ۵۰۰ کیلوگرم سیلیس در هکتار به‌ترتیب برابر ۳۱/۷۹ و ۳۰/۸ درصد بود (جدول ۴). در سیستم آبیاری غرقابی شاخص برداشت پایین بوده که از نظر زراعی با مصرف زیاد آب مطلوب نیست (قنبری مالیدره و همکاران، ۱۳۸۹). در نتیجه علی‌رغم این که سیستم آبیاری غرقابی عملکرد بیولوژیک و کاه بیشتری را تولید کرده ولی در عملکرد دانه تفاوت معنی‌دار نبود که این امر منجر به شاخص برداشت بالا در سیستم آبیاری دوره‌ای شد. بین مقادیر کود نیتروژن شاخص برداشت N_{138} بیشترین بود که این امر نشان دهنده بهره‌وری بالا در مصرف کود نیتروژن بود. شاخص برداشت پایین در N_0 به دلیل عملکرد بیولوژیک کم بوده است (Li & Cui, 1996). با مصرف کود سیلیس شاخص برداشت کاهش یافت که به علت تولید عملکرد بیولوژیک و کاه بالا در تیمار مصرف کود سیلیس بود که دلیل آن تعداد پنجه بارور کمتر و پنجه نابارور بیشتر بود. مصرف کود سیلیس با ۳۰/۸ و شاهد با ۳۱/۸ به ترتیب کمترین و بیشترین شاخص برداشت را تولید کردند (قنبری مالیدره و همکاران، ۱۳۸۹).

جدول ۳- تجزیه واریانس عملکرد کمی و شاخص برداشت برنج تحت اثر رژیم‌های آبیاری و مقادیر نیتروژن و سیلیس

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد کاه و کلش	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
تکرار	۳	۰/۲۴۵	۱۶/۳۱	۱۸/۹۶	۱۴۸/۵۰
آبیاری (I)	۱	۰/۰۰۵	۴۰/۱۸	۴۱/۱۲*	۴۵۳/۸۹
خطا	۳	۰/۵۹۴	۴/۰۴	۳/۸۰	۹۰/۴۴
مقادیر نیتروژن (N)	۳	۳/۴۷۶**	۸/۸۰**	۲۳/۳۲**	۶/۴۸
I × N	۳	۰/۰۱۷	۰/۵۲	۰/۶۵	۱۵/۱۰
خطا	۱۸	۰/۱۰۰	۰/۸۵	۱/۰۷	۱۳/۲۱
مقادیر سیلیس (S)	۱	۰/۴۰۶**	۵/۹۴**	۹/۴۶**	۱۵/۷۶*
I × S	۱	۰/۰۰۴	۰/۰۴	۰/۰۶	۲/۳۸
N × S	۳	۰/۰۰۷	۰/۷۸*	۰/۷۳	۶/۴۶
I × N × S	۳	۰/۰۰۲	۰/۳۴	۰/۳۵	۵/۰۷
خطا	۲۴	۰/۰۰۹	۰/۲۵	۰/۲۵	۳/۵۲
ضریب تغییرات (٪)	-	۳/۰۴	۷/۰۵	۴/۹۱	۵/۹۹

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد کمی و شاخص برداشت برنج تحت اثر رژیم‌های آبیاری و مقادیر نیتروژن و سیلیس

تیمارها	عملکرد دانه (تن در هکتار)	عملکرد کاه و کلش (تن در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)
آبیاری				
غرقابی	۵/۲۴ a	۱۳/۱۱ a	۱۸/۳۴ a	۲۸/۶۴ a
دوره‌ای	۵/۲۱ a	۱۰/۴۷ b	۱۵/۶۷ b	۳۳/۹۶ a
مقادیر نیتروژن				
عدم مصرف (شاهد)	۴/۳۱ d	۱۰/۴۷ c	۱۴/۷۸ c	۳۰/۵۵ a
۴۶ کیلوگرم در هکتار	۴/۹۵ c	۱۱/۱۴ bc	۱۶/۰۹ bc	۳۱/۱۷ a
۹۲ کیلوگرم در هکتار	۵۲/۵۰ b	۱۲/۲۶ ab	۱۷/۷۶ ab	۳۱/۳۷ a
۱۳۸ کیلوگرم در هکتار	۶/۱۳ a	۱۳/۲۸ a	۱۹/۴۱ a	۳۲/۱۲ a
مقدار سیلیس				
عدم مصرف (شاهد)	۵/۰۹ b	۱۱/۲۹ b	۱۶/۳۷ b	۳۱/۷۹ b
۵۰۰ کیلوگرم در هکتار	۵/۳۶ a	۱۲/۲۹ a	۱۷/۶۵ a	۳۰/۸۰ a

*: حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشند.

جدول ۵- اثر متقابل آبیاری در نیتروژن و سیلیس بر محتوای نیتروژن دانه برنج

اثر متقابل	محتوای نیتروژن دانه (درصد)
$I_1N_0Si_0$	۱/۷۲۸ cd
$I_1N_0Si_{5000}$	۱/۶۱۷ d
$I_1N_{46}Si_0$	۱/۶۸۰ cd
$I_1N_{46}Si_{5000}$	۱/۹۴۰ abc
$I_1N_{92}Si_0$	۲/۱۴۸ a
$I_1N_{92}Si_{5000}$	۱/۸۳۸ bcd
$I_1N_{138}Si_0$	۲/۱۴۸ a
$I_1N_{138}Si_{5000}$	۲/۱۲۸ a
$I_2N_0Si_0$	۱/۷۰۰ cd
$I_2N_0Si_{5000}$	۱/۷۰۸ cd
$I_2N_{46}Si_0$	۱/۹۰۳ abc
$I_2N_{46}Si_{5000}$	۱/۸۱۰ bcd
$I_2N_{92}Si_0$	۲/۰۲۵ b
$I_2N_{92}Si_{5000}$	۲/۰۷۲ ab
$I_2N_{138}Si_0$	۲/۱۲۳ a
$I_2N_{138}Si_{5000}$	۲/۱۲۷ a

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

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۶- اثر متقابل نیتروژن و سیلیس بر محتوای نیتروژن کاه و عملکرد کاه برنج

اثر متقابل	محتوای نیتروژن کاه و کلش (درصد)	عملکرد کاه و کلش (تن در هکتار)
N_0Si_0	۰/۸۵۵ cde	۶/۰۶ d
N_0Si_{5000}	۰/۶۹۸ e	۷/۶۵ bc
$N_{46}Si_0$	۱/۰۴۷ abc	۷/۴۴ c
$N_{46}Si_{5000}$	۰/۸۱۵ de	۷/۴۲ c
$N_{92}Si_0$	۰/۹۸۱ bcd	۷/۵۲ bc
$N_{92}Si_{5000}$	۱/۱۴۵ ab	۸/۱۰ ab
$N_{138}Si_0$	۱/۲۰۵ a	۷/۷۵ b
$N_{138}Si_{5000}$	۱/۰۲۲ abc	۸/۵۹ a

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

منابع

دستان، س.، ح. ر. مبصر، ح. ر. توحیدی‌مقدم، ر. یدی، و ع. قنبری مالیدره. ۱۳۸۹. اثر کاربرد سیلیس و قطع آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و حرکت خمش برنج رقم طارم محلی. مجله علمی پژوهشی دانش کشاورزی ایران. ۷ (۳): ۲۲۵-۲۳۷.

زکوی، د.، م. سام دلیری، ح. ر. مبصر، و س. دستان. ۱۳۹۰. اثر قطع آبیاری و کاربرد پتاسیم بر عملکرد دانه، اجزای وابسته به آن و حرکت خمش برنج رقم طارم محلی. فصلنامه علمی پژوهشی دانش نوین کشاورزی پایدار. ۷ (۴): ۴۳-۵۱.

قنبری مالیدره، ع.، ع. کاشانی، ق. نورمحمدی، ح. ر. مبصر،و س. دستان. ۱۳۸۹. اثر مصرف سیلیس و مقادیر نیتروژن در دو سیستم آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج. مجله علمی پژوهشی دانش کشاورزی ایران. ۷ (۴): ۳۴۵-۳۵۹.

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

Belder, P., J. H. J. Spiertz, B. A. M. Bouman, and T. P. Toung. 2005**.** Nitrogen economy and water productivity of lowland rice under water irrigation. Field Crop Research. 93: 169-185.

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

Chaoming, Z., L. Jianfei, and Ch. Liping. 1999**.** Yield effects on the application of silicon fertilizer early hybrid rice. Journal Article. 2: 79-80.

Dastan, S., A. Taheri, S. A. A. Rezaei Taleshi, and M. Siavoshi. 2013**.** Effect of water stress and silicon amount on yield and yield contributing in rice (*Oryza sativa* L.). Annals of Biological Research 4(6): 205-208.

Dastan, S., A. Ghasemi-Mianaie, H. R. Mobasser, and M. J. Mirhadi. 2011**.** Silicon and potassium effects on lodging-related morphological characteristics and agronomical indices of rice (*Oryza sativa*) in Iran. The 5th International Conference on Silicon in Agriculture. Beijing, China, September 13-18.

Archive of SID

www.SID.ir

Hsaio, T. C. 1973. Effects of water deficit on photosynthetic capacity Physio. Plant. 71:142-149.

Inanaga, S., A. Okasaka, and S. Tanaka. 1995**.** Does silicon exist in association with organic compounds in rice plant? Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr. 11: 111-117.

Kato, N. and N. Owa. 1990**.** Dissolution mechanism of silicate stage fertilizers in paddy. Soil Sci. 4: 609-610.

Li, Y. H. and Y. N. Cui. 1996. Real-time forecasting of irrigation water requirements of paddy fields. Agric. Water Manage. 31: 185-193.

Lu, Z. and P. M. Neumann. 1998**.** Water-stressed maize, barley and rice seedling show species diversity in mechanisms of leaf growth inhibition; Journal of Experimental Botany. 49(329): 1945-1952.

Ma, J. F., N. Mitani, S. Nagao, S. Konishi, K. Tamai, T. Iwashita, and Yano, M. 2004. Characterization of Si uptake system and molecular mapping of Si transporter gene in rice. Plant Physiol. 136: 3284–3289

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

Matsuo, T., K. Kumazawa, R. Ishii, and H. Hirata. 1995**.** Science of the Rice, food and Agriculture policy Research center.

Mauod, M., C.A. Crusciol, and H. Grass. 2003**.** Nitrogen and fertilizer of upland rice. Piracicaba. Vol. 60. NO. H.

McCauley, G. N. 1990. Sprinkler vs. flood irrigation in traditional rice production regions of southeast Texas. Agron. J. 82: 677-683.

Neumann, P. M. 1993. Rapid and reversible modification of extension capacity of cell walls in elongating maize leaf tissues responding to root addition and removal of NaCl. Plant cell and Environ. 16: 1107-14.

Datnoff, L. E., C. W. Dren, and G. H. Snyder. 1997**.** Silicon fertilizer for disease management of rice in Florida. Crop Production. 16(6): 525-531.

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

Dobermann, A. C. D., D. Witt, S. Dawe, S. Abdulrachman, H. C. Gines, R. Agarajan, S. Satawa Thananont, T. T. Son, P. S. Tan, G. H. Wang, N. V. Chien, V. T. K. Thoa, C. V. Phung, P. Stalin, P. Muthukrishnan, V. Rani, M. Babu, S. Chatuporn, L. Sook Thon Gsa, Q. Sun, R. Fu, G. C. Simbahun, and M. A. A. Adviento. 2002**.** Site-specific nutrient management for intensive rice cropping system in Asia. Field Crop Research. 74: 37- 66.

Eagle, A. J., J. A. Bird, J. E. Hil, W. R. Horwath, and C. V. Kessel. 2001**.** Nitrogen dynamics and fertilizer use efficiency in rice following straw in corporation and winter flooding. Agronomy Journal. 93: 1346-1354.

Elawad, S. H., G. J. Gascho, and J. J. Stret. 1982**.** Response of sugar cane of silicate source and rate. I. Growth and yield. Agron. J. 74: 781-783.

Fukai, S. and A. Prasertask. 1997**.** Nitrogen availability and water stress interaction on rice growth and yield. Field Crops Res. 52: 249-260.

Grigg, B. C., C. A. Beyrouty, R. J. Norman, E. E. Gbur, M. Hanson, and B. R. Wells, 2000**.** Rice responses to changes in floodwater and N timing in southern USA. Field Crop Research. 66: 73-79.

Haefel, S. M., K. Naklang, D. Harnpichitvitaya, S. Jearakongman, E. Skulkhu, P. Romyen, S. Tabtim, and S. Suriya-Arunroj. 2006**.** Factor affecting rice yield and fertilizer response in rain fed lowlands of northeast Thailand. Field Crop Research. 98: 39- 51.

Archive of SID

www.SID.ir

Turner, F. T. and G. N. McCauley. 1983. Rice. PP. 307-380. In: Teare, I.D., and Peet, M.M. (eds.). Crop-Water Relations. John Wiley & Sons, New York.

Wang, G., A. Dobermann, C. Witt, Q. Sun, and R. Fu. 2001**.** Performance of site-specific nutrient management for irrigated rice in southwest China. Agronomy Journal. 93: 869- 878.

Zeng, L. and M. C. Shannon. 2000**.** Effect to salinity on grain yield and yield components of rice at different seedling densities. Agronomy Journal. 92: 418- 423.

Salim, M. and R. C. Saxena. 1992. Iron, silica and aluminum stresses and varietals resistance in rice: effects on whitebacked planthopper. Crop Sci. 32: 212-219.

Singh, B. Y., J. K. Ladha, K. F. Bronson, V. Balasubramanian, Y. Singh, and C.S. Khind. 2002**.** Chlorophyll-meter and leaf color chart-based nitrogen management for rice and wheat in northwestern India. Agronomy Journal. 94: 821- 829.

Tuong, T. P. and S. I. Bhuiyan. 1999. Increasing water-use efficiency in rice production: farm-level perspectives. Agric. Water Manage. 40: 117-122.

Archive of SID

www.SID.ir