اثر قطع آبیاری و کاربرد پتاسیم بر صفات زراعی و حرکت خمش برنج رقم طارم محلی

داریوش زکوی[1*]، مرتضی سام‌دلیری[2]، حمیدرضا مبصر[1]، سلمان دستان[3]، سید حسام‌الدین حسین‌زاده[3]

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قائم‌شهر، گروه زراعت، قائم‌شهر، ایران.
۲- دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس، گروه زراعت، چالوس، ایران.
۳- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه کشاورزی، مازندران، ایران.
*dzakavi@yahoo.com

چکیده

این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ای واقع در شهرستان نور در سال ۱۳۸۸ اجرا شد. قطع آبیاری به مدت ۱۵ روز در چهار مرحله‌ی ابتدا، اواسط و انتهای پنجه‌زنی (آغازه گل آذین) و مرحله خوشه‌دهی کامل به عنوان عامل اصلی و مقادیر ۰، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار پتاس خالص از منبع کلرور پتاسیم به عنوان عامل فرعی بودند. نتایج نشان داد بیشترین عملکرد دانه (۵۴۰/۲۰ گرم در متر مربع) با قطع آبیاری در مرحله اواسط پنجه‌زنی حاصل شد. قطع آبیاری در مرحله‌ی خوشه‌دهی کامل موجب کاهش معنی‌دار تعداد پنجه بارور و عملکرد دانه گردید. با افزایش پتاسیم در مقایسه با تیمار شاهد طول خوشه و عملکرد دانه به ترتیب به نسبت ۱۰/۴۸ و ۱۶/۳۹٪ روند افزایشی داشتند، ولی ارتفاع گیاه و حرکت خمش میانگره ۴ به میزان ۱/۳۳ و ۸/۴۹ درصد کاهش نشان دادند. بیشترین ارتفاع گیاه تحت اثر متقابل قطع آبیاری در مرحله اواسط پنجه‌زنی × تیمار شاهد مشاهده شد. بنابراین، مرحله خوشه‌دهی کامل به قطع آبیاری بسیار حساس است، زیرا باعث کاهش عملکرد دانه و اجزای آن شد.

واژگان کلیدی: برنج، پتاسیم، حرکت خمش، قطع آبیاری.

مقدمه

برنج یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی دنیاست و بعد از گندم جایگاه دوم را از نظر تولید سالانه به خود اختصاص داده و غذای اصلی نیمی از مردم دنیا را تشکیل می‌دهد (Chabra *et al.*, 2006). نیاز آبی محصولات زراعی متفاوت می‌باشد و چون برنج گیاهی نیمه آبزی است در مقایسه با دیگر محصولات زراعی به آب بیشتری نیاز دارد، آب نیز از جمله عواملی است که بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیکی برنج تاثیر می‌گذارد، بر این اساس کمبود آب می‌تواند روی فرآیند انبساط سلول توسط تغییرات فیزیکی و متابولیکی تاثیر بگذارد (Boyer and Kramer, 1995). بازدارندگی رشد برگ برنج در کم آبی به خصوص می‌تواند در طول مراحل استقرار اولیه دانه رخ دهد، درست زمانی که حداکثر سطح برگ برای افزایش محصول لازم است، از دلائل این مسئله می‌توان به کاهش انعطاف‌پذیری دیواره سلول‌ها و کاهش پتانسیل اسمزی و فشار تورژسانس در کم آبی اشاره کرد (Lu and Neumann, 1998). استون و همکاران (Stone *et al.*, 2001) اظهار داشتند میزان دسترسی به رطوبت خاک، مهم‌ترین عامل در تعیین عملکرد گیاهان زراعی در مناطق نیمه خشک

می‌باشد. در پایان دوره کم آبی سطح برگ برنج در مقایسه با شرایط غرقابی کاهش می‌یابد (Fukai and Prasertask, 1997). گریک و همکاران (Grigg *et al.,* 2000) در مطالعه‌ای دریافتند وقتی آبیاری به تاخیر افتاد، وزن خشک شاخه‌ها کاهش یافت. پانتوان و همکاران (Pantuwan *et al.,* 2002) نشان دادند ارقام مختلف برنج در مرحله رویشی به تنش خشکی حساسیت بیشتری دارند و تنش در این مرحله موجب کاهش عملکرد بیشتری در مقایسه با مرحله زایشی می‌گردد. عنصر پتاسیم بر خلاف نیتروژن و فسفر اثر قطعی و مشخصی در پنجه‌زنی گیاه برنج نداشته ولی موجب افزایش تعداد خوشه‌چه‌ها در خوشه، درصد خوشه‌چه‌های پر و وزن هزار دانه می‌شود (Dobermann and Fairhurst, 2000). پتاس از نظر آماری بر پنجه‌زنی برنج تاثیری نداشت (Wilson *et al.,* 1996)، ولی این عنصر تاثیر مثبت آشکاری بر تعداد خوشه‌چه در خوشه داشت (Singh and Jain, 2000). پتاس موجب افزایش درصد خوشه‌چه‌های پر در خوشه شد و کمبود آن موجب عقیمی دانه‌های گرده در مرحله آبستنی و در نتیجه کاهش تعداد خوشه‌چه‌های پر گردید (De Detta and Mikkelsen, 1985). 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 در خوشه گردید (Esfahani *et al.,* 2005). باقری و همکاران (Bagheri *et al.,* 2011)، ویلسون و همکاران (Wilson *et al.,* 1996) و داهاتوند (Dahatonde, 1995) بیان کردند با توجه به میزان پتاس قابل دسترس موجود در خاک، افزودن سطوح مختلف کود پتاس تاثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه نداشت. هدف اساسی از این تحقیق شناخت حساس‌ترین مرحله رشد برنج به کمبود آب، تعیین اثر کاربرد پتاسیم و قطع آبیاری بر صفات زراعی و حرکت خمش برنج و همچنین تعیین اثر پتاسیم برای مقابله با قطع آبیاری بود.

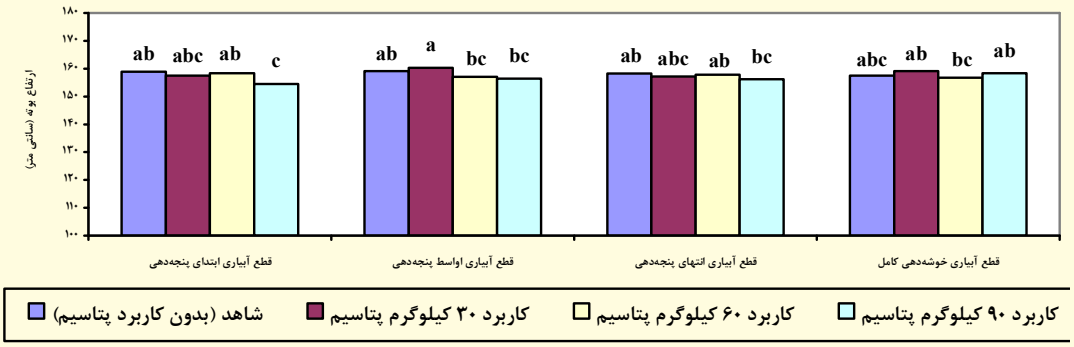
مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثرات قطع آبیاری و کاربرد پتاسیم بر صفات زراعی و حرکت خمش برنج رقم طارم محلی، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی واقع در شهرستان نور با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۳ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۲۱- متر از سطح دریا در سال ۱۳۸۸ 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 ۷/۴۱، هدایت الکتریکی ۰/۷ میلی‌موس بر سانتی‌متر، ماده آلی برابر ۳/۳ درصد و غلظت فسفر و پتاس قابل جذب به ترتیب برابر با ۲۶/۵ و ۱۸۰ میلی‌گرم در کیلوگرم و نیتروژن کل آن برابر ۰/۱۳ درصد بود. آزمایش به فرم کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. قطع آبیاری به مدت ۱۵ روز در چهار مرحله‌ی ابتدا، اواسط و انتهای پنجه‌زنی (آغازه گل آذین) و مرحله خوشه‌دهی کامل به عنوان عامل اصلی و مقادیر ۰، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار پتاس خالص از منبع کلرور پتاسیم که در دو مرحله و به میزان ۵۰ درصد قبل از نشاءکاری و ۵۰ درصد در زمان تشکیل اولین جوانه خوشه در غلاف مصرف شد، به عنوان عامل فرعی بودند. عملیات کاشت، داشت و برداشت بر اساس دستورالعمل یوشیدا Yoshida, (1981) انجام شد و صفات تعداد کل پنجه، تعداد پنجه بارور، ارتفاع گیاه، طول خوشه، حرکت خمش میانگره ۴، تعداد کل پنجه در کپه، تعداد پنجه بارور در کپه و عملکرد دانه اندازه‌گیری حاصل شد. حرکت خمش

میانگره ۴ با انتخاب ۱۲ ساقه ار بین ۴ کپه در هر کرت از حاصل‌ضرب طول گیاه از قاعده میانگره ۴ تا راس خوشه با وزن تر همین بخش (شمارش از بالا به پایین) حاصل شد و بر حسب گرم در سانتی‌متر بیان گردید (Islam *et al.*, 2007). آنالیز و تجزیه آماری داده‌های حاصل از این آزمایش با نرم افزار آماری MSTAT-C انجام شد و مقایسات میانگین بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد.

نتایج

ارتفاع گیاه از نظر آماری تحت تاثیر مقادیر پتاسیم در سطح احتمال ۱٪ و تحت اثر متقابل قطع آبیاری × پتاسیم در سطح احتمال ۵٪ قرار گرفت (جدول ۱). با کاربرد پتاسیم ارتفاع گیاه کاهش یافت، به طوری‌که کمترین ارتفاع (۱۵۶/۴۰ سانتی‌متر) با مصرف ۹۰ کیلوگرم پتاسیم و بیشترین ارتفاع گیاه تحت تیمار شاهد (۱۵۸/۵۰ سانتی‌متر) و مصرف ۳۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار (۱۵۸/۶۰ سانتی‌متر) به دست آمد (جدول ۲). حداکثر ارتفاع گیاه (۱۶۰/۳۰ سانتی‌متر) تحت اثر متقابل قطع آبیاری در مرحله اواسط پنجه‌زنی × کاربرد ۳۰ کیلوگرم پتاسیم و حداقل ارتفاع (۱۵۴/۵۰ سانتی‌متر) تحت اثر متقابل قطع آبیاری در مرحله ابتدای پنجه‌زنی × کاربرد ۹۰ کیلوگرم پتاسیم مشاهده شد (نمودار ۱).



نمودار ۱. اثر متقابل قطع آبیاری × مقادیر پتاسیم بر ارتفاع گیاه.

طول خوشه از نظر آماری تحت اثر قطع آبیاری در سطح احتمال ۵٪ و تحت تاثیر پتاسیم در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). کوتاهترین خوشه (۲۵ سانتی‌متر) با قطع آبیاری در مرحله حداکثر پنجه‌زنی نتیجه شد و بلندترین خوشه با قطع آبیاری در مراحل ابتدا و اواسط پنجه‌زنی (به ترتیب ۲۶/۵۰ و ۲۶/۶۰ سانتی‌متر) به دست آمد. با کاربرد پتاسیم طول خوشه به میزان ۱۰/۴۸ درصد افزایش یافت، به طوری‌که بلندترین خوشه با کاربرد ۶۰ و ۹۰ کیلوگرم پتاسیم (به ترتیب ۲۶/۷۰ و ۲۷/۴۰ سانتی‌متر) و کوتاهترین خوشه تحت تیمار شاهد (۲۴/۸۰ سانتی‌متر) و کاربرد ۳۰ کیلوگرم پتاسیم (۲۵/۴۰ سانتی‌متر) حاصل گردید (جدول ۳).

حرکت خمش میانگره ۴ تحت تاثیر قطع آبیاری در سطح احتمال ۵٪ و تحت اثر مقادیر پتاسیم در سطح احتمال ۱٪ قرار گرفت (جدول ۲). کمترین حرکت خمش میانگره ۴ با قطع آبیاری در مراحل ابتدای پنجه‌زنی (۲۰۱۲ گرم در سانتی‌متر) و خوشه‌دهی کامل (۲۰۷۲/۷۰ گرم در سانتی‌متر) و بیشترین حرکت خمش با قطع آبیاری در مراحل اواسط و حداکثر پنجه‌زنی (برابر ۲۱۳۶/۱۰ و ۲۱۶۱/۸۰ گرم در سانتی‌متر) حاصل گردید. با

کاربرد پتاسیم حرکت خمش میانگره ۴ به نسبت ۸/۴۹ درصد کاهش یافت، به طوری‌که بالاترین حرکت خمش تحت تیمار شاهد (۲۱۸۶/۴۰ گرم در سانتی‌متر) و کاربرد ۳۰ کیلوگرم پتاسیم (۲۱۴۵/۷۰ گرم در سانتی‌متر) و پائین‌ترین حرکت خمش با کاربرد ۶۰ و ۹۰ کیلوگرم پتاسیم (به ترتیب برابر ۲۰۴۹/۹۰ و ۲۰۰۰/۷۰ گرم در سانتی‌متر) مشاهده شد (جدول ۳).

تعداد کل پنجه در کپه از نظر آماری تحت تاثیر قطع آبیاری در سطح احتمال ۱٪ و تحت اثر مقادیر پتاسیم در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین (۱۷/۵۰ عدد) و کمترین (۱۵ عدد) تعداد پنجه در کپه به ترتیب با قطع آبیاری در مراحل ابتدای پنجه‌زنی و خوشه‌دهی کامل مشاهده گردید. حداقل تعداد پنجه در کپه (۱۶/۲۰ عدد) با کاربرد ۹۰ کیلوگرم پتاسیم و حداکثر تعداد پنجه تحت تیمار شاهد (۱۶/۴۰ عدد) و کاربرد ۶۰ کیلوگرم پتاسیم (۱۶/۲۰ عدد) حاصل گردید (جدول ۳). تعداد پنجه بارور در کپه از نظر آماری تنها تحت اثر قطع آبیاری در سطح احتمال ۵٪ قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین تعداد پنجه بارور (۶/۷۰ عدد) با قطع آبیاری در مرحله ابتدای پنجه‌زنی و کمترین تعداد آن (۱۴/۶۰ عدد) با قطع آبیاری در مرحله خوشه‌دهی کامل به دست آمد (جدول ۳).

عملکرد دانه تحت تاثیر قطع آبیاری و مقادیر پتاسیم در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۴). حداکثر عملکرد دانه (۵۴۰/۲۰ گرم در متر مربع) به علت افزایش تعداد خوشه در متر مربع با قطع آبیاری در مرحله اواسط پنجه‌زنی مشاهده شد. همچنین حداقل عملکرد دانه (۴۸۹/۵۰ گرم در متر مربع) با قطع آبیاری در مرحله خوشه‌دهی کامل مشاهده گردید. با کاربرد پتاسیم عملکرد دانه به علت افزایش طول خوشه، تعداد خوشه در متر مربع و وزن هزار دانه به نسبت ۱۶/۳۹ درصد افزایش یافت، به طوری‌که بیشترین عملکرد دانه با کاربرد ۶۰ و ۹۰ کیلوگرم پتاسیم (به ترتیب برابر ۵۳۶/۴۰ و ۵۴۹/۵۰ گرم در متر مربع) به دست آمد و کمترین عملکرد دانه به علت کاهش طول خوشه تحت تیمار شاهد (۴۷۲/۱۰ گرم در متر مربع) و کاربرد ۳۰ کیلوگرم پتاسیم (۴۹۳/۸۰ گرم در متر مربع) حاصل گردید (جدول ۵).

جدول ۱. میانگین مربعات اثر قطع آبیاری و کاربرد پتاسیم بر خصوصیات وابسته به ورس برنج رقم طارم محلی.

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع گیاه	طول خوشه	حرکت خمش میانگره ۴	تعداد پنجه در کپه	پنجه بارور در کپه	عملکرد دانه
تکرار	2	10.04^{ns}	1.94^{ns}	23132.05^{ns}	4.51^{**}	16.90^{**}	10234.10^{*}
قطع آبیاری (a)	3	2.23^{ns}	6.17^{*}	54152.60^{*}	13.38^{**}	12.90^{*}	5151.23^{**}
خطا	6	2.37	1.44	54115.20	0.43	3.70	909.90
مقادیر پتاسیم (b)	3	12.51^{**}	15.51^{**}	87471.80^{**}	2.09^{*}	4.80^{ns}	15665.10^{*}
a × b	9	5.10^{*}	2.24^{ns}	12658.70^{ns}	0.33^{ns}	2.20^{ns}	523.30^{ns}
خطا	24	2.54	1.54	7878.60	0.68	2.90	1047.90
ضریب تغییرات (٪)	-	1.01	4.77	4.23	5.15	10.87	6.30

* و **: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد.

جدول ۳. مقایسه میانگین خصوصیات وابسته به ورس برنج رقم طارم محلی تحت تاثیر قطع آبیاری و مقادیر پتاسیم.

تیمارها	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	طول خوشه (سانتی‌متر)	حرکت خمش میانگره ۴ (گرم بر سانتی‌متر)	تعداد پنجه در کپه	پنجه بارور در کپه	عملکرد دانه (گرم در متر مربع)
قطع آبیاری						
ابتدای پنجه‌زنی	157.40 a	26.50 a	2012.00 b	17.50 a	16.70 a	510.40 ab
اواسط پنجه‌زنی	158.30 a	26.60 a	2136.10 a	16.30 b	16.00 ab	540.20 a
حداکثر پنجه‌زنی	157.40 a	25.00 b	2161.80 a	15.50 bc	15.00 ab	511.50 ab
خوشه‌دهی کامل	157.90 a	26.00 ab	2072.70 b	15.00 c	14.60 b	489.50 b
مقادیر پتاسیم						
بدون مصرف	158.50 a	24.80 b	2186.40 a	16.40 a	15.80 a	472.10 b
۳۰ کیلوگرم در هکتار	158.60 a	25.40 b	2145.70 a	16.00 ab	15.40 a	493.80 b
۶۰ کیلوگرم در هکتار	157.60 ab	26.70 a	2049.90 b	16.20 a	16.50 a	536.40 a
۹۰ کیلوگرم در هکتار	156.40 b	27.40 a	2000.70 b	15.40 b	15.00 a	549.50 a

*: میانگین‌ها با حروف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد هستند.

بحث

کمبود آب سبب کاهش انعطاف پذیری دیواره سلولی ساقه می‌شود و مانعی برای طویل شدن ساقه است (Neumann, 1993). همچنین در کم آبی، تقسیم سلول‌ها متوقف می‌شود (Hsiao, 1973). دستان و همکاران (Dastan *et al.,* 2011b) دریافتند با کاربرد پتاس ارتفاع گیاه برنج کاهش یافت که با نتایج فقیه و همکاران (Faghih *et al.,* 2011b) مطابقت دارد. گریک و همکاران (Grigg *et al.,* 2000) نیز در مطالعه‌ای دریافتند وقتی آبیاری در برنج به تاخیر افتد، وزن خشک خوشه‌ها کاهش می‌یابد. پتاس باعث افزایش طول خوشه در گیاه برنج شد (Faghih *et al.,* 2011b). کمبود آب از طریق اثر گذاری بر انتقال آنزیم‌های فتوسنتزی موجب کاهش فتوسنتز و وزن خشک دانه می‌شود (Bocharnikova and Matichenkov, 2008). دستان و همکاران (Dastan *et al.,* 2011b) و فقیه و همکاران (Faghih *et al.,* 2011a) دریافتند با کاربرد پتاسیم به علت کاهش طول میانگره ۳ و ۴، طول ساقه و ارتفاع گیاه حرکت خمش میانگره ۴ نیز کاهش یافت. با کاهش مقدار آب، وزن خشک برگ و تعداد پنجه‌ها نیز به شدت کاهش می‌یابد، همچنین با کاهش مقدار آب به ویژه در ابتدای رشد گیاه برنج شاخص سطح برگ نیز به شدت کاهش می‌یابد (Inanaga *et al.,* 1995). اصفهانی و همکاران (Esfahani *et al.,* 2005) دریافتند مقادیر مختلف پتاس تاثیر معنی‌داری بر تعداد پنجه در کپه نداشت که با نتایج این تحقیق مغایرت دارد. قطع آبیاری در زمانی که حداکثر سطح برگ برای افزایش محصول لازم است سبب کاهش رشد و تعداد پنجه در کپه گردید (Lu and Neumann, 1998; Fukai and Prasertask, 1997). پژوهشگران دریافتند مقادیر مختلف پتاس تاثیر معنی‌داری بر تعداد پنجه در کپه نداشت (Esfahani *et al.,* 2005; Wilson *et al.,* 1996; Yoshida, 1981) که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت. کمبود آب بر فعالیت انبساط سلولی توسط تغییرات فیزیکی و متابولیکی اثر گذاشته بنابراین سطح برگ را محدود کرده و باعث جلوگیری از جذب نور، افت فتوسنتز و در نتیجه کاهش عملکرد می‌شود (Bocharnikova and Matichenkov, 2008; Lu and Neumann, 1998). در مجموع مصرف پتاس در برنج باعث افزایش عملکرد دانه از طریق افزایش تعداد خوشه‌چه، درصد خوشه‌چه پر شده و وزن هزار دانه می‌گردد (Matsuo *et al.,* 1995; Marchner, 1995).

نتیجه‌گیری

به طور کلی از نتایج این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت مرحله خوشه‌دهی کامل به قطع آبیاری بسیار حساس بوده، زیرا اجزای عملکرد مانند تعداد کل پنجه و پنجه بارور در کپه و در نهایت عملکرد دانه کمترین بوده است، همچنین با کاربرد پتاسیم می‌توان با کنترل ورس و افزایش مقاومت گیاه به عوامل نامساعد و تنش‌های محیطی موجب افزایش عملکرد گردید.

منابع

۱. اصفهانی م صدرزاده م کاوسی م و دباغ محمد نسب ع، ۱۳۸۴. اثرات مقادیر متفاوت نیتروژن و پتاسیم بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد برنج رقم طارم. مجله علوم زراعی ایران. ۷(۳): ۲۲۶-۲۴۰.

۲. دستان س قاسمی میانایی آ مبصر ح ر و میرهادی م ج، ۱۳۹۰. نتایج کاربرد سیلیس و پتاسیم بر خصوصیات مورفولوژیکی وابسته به ورس و عملکرد کمی برنج رقم طارم هاشمی. دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران. دانشگاه تبریز. ۱۴-۱۲ شهریور.

۳. فقیه م م تشکری ع مبصر ح ر یدی ر و دستان س، ۱۳۹۰. بررسی نتایج دو ساله دور آبیاری و کاربرد کود پتاس بر خصوصیات مورفولوژیکی وابسته به ورس و عملکرد کمی برنج رقم شیرودی. دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران. دانشگاه تبریز. ۱۴-۱۲ شهریور.

۴. فقیه م م مبصر ح ر دستان د و یدی ر، ۱۳۹۰. بررسی نتایج دو ساله دور آبیاری و کاربرد کود پتاس بر شاخص‌های زراعی، عملکرد دانه و شاخص برداشت برنج رقم شیرودی. دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران. دانشگاه تبریز. ۱۴-۱۲ شهریور.

5. **Bagheri R Mobasser HR Ghanbari-Malidareh A and Dastan S, 2011.** Effects of seedling age and potassium rate on morphological characteristics related-lodging on yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.) in Iran. American-Eurasian J. of Agri. and Environ. Sciences. 11(2)261-268.
6. **Bocharnikova EA 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.
7. **Boyer J and Kramer P, 1995.** Water Relation of Plants and Soils. San Diego. USA. Academic Press: 495 pp.
8. **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.
9. **Dahatonde BN, 1995.** Effect of NPK fertilizer on growth and yield of paddy. PKV Res. J. 19: 184-185.
10. **De Detta SK and Mikkelsen DS, 1985.** Potassium nutrition of rice. In: Munson RD, Summer ME, Bishop WD, Potassium in Agric. American Society of Agron, CSSA, SSSA, Madison, WI, PP. 665-699.
11. **Dobermann A and Fairhurst T, 2000.** Nutrient disorders and nutrient management. Hand book series.
12. **Fukai S and Prasertask A, 1997.** Nitrogen availability and water stress interaction on rice growth and yield. Field Crop Res. 52:249-260.

13. **Grigg B, Beyrouty CA Norman RJ Gbur EE Hanson M and Wells BR, 2000.** Rice responses to changes in floodwater and N timing in southern USA. Field Crop Res. 66: 73-79.
14. **Hsaio TC, 1973.** Effects of water deficit on photosynthetic capacity Physiol. Plant. 71:142-149.
15. **Inanaga S Okasaka A and Tanaka A, 1995.** Does silicon exist in association with organic compounds in rice plant. Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr. 11: 111-117.
16. **Islam MS Peng RS Visperas M and Ereful N, 2007.** Lodging related morphological traits of hybrid rice in a tropical irrigated ecosystem. 101: 240-248.
17. **Lu Z and Neumann PM, 1998.** Water stressed maize, barley and rice seedling show species diversity in mechanisms of leaf growth inhibition; J. of Experimental Botany. 49(329):1945-1952.
18. **Marchner H, 1995.** Mineral nutrition of higher plants. 2nd edition. Academic press. 890p.
19. **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.
20. **Neumann PM, 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.
21. **Pantuwan G Fukai S Cooper M Rajatasereekul S and O'Toole JC, 2002.** Yield response of rice (*Oryza sativa* L.) to drought under rainfed types. Field Crop Res. 73: 169–180.
22. **Singh S and Jain MC, 2000.** Growth and yield response of traditional tall and improved semi-tall rice cultivars to moderate and high nitrogen, phosphorus levels. Indian J. of Plant Physiol. 5:38-46.
23. **Stone L Goodrum RDE Jafar MN and Khan AH, 2001.** Rooting front and water depletion depths in grain sorghum and sunflower. Agron. J. 1105-1110.
24. **Wilson CE Salton NA Dickson PA Norman RJ and Wells BR, 1996.** Rice response to phosphorus and potassium fertilizer application. Research series-Arkansas Agriculture Experiment Station. 450: 15-18.
25. **Yoshida S, 1981.** Fundamentals of rice crop science. International Rice Research Institute, Los Banos, Lagunna, Philippines.