نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد پانزدهم، شماره ۴(۶۰)، زمستان ۱۴۰۰، صفحه ۵۱۴-۴۹۳

مقاله پژوهشی DOI: 10.30495/jcep.2022.689802

کاربرد کودهای شیمیایی پتاسیمی و نیتروژنی بر عملکرد و ورس برنج (*Oryza sativa* L.) در رژیم‌های آبیاری

زهرا ربیعی[۱]، ناصر محمدیان روشن[۲]*، سید مصطفی صادقی[۳]، ابراهیم امیری[۴] و حمیدرضا دورودیان[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۴ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۲/۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۲۴

چکیده

اثر کودهای شیمیایی پتاسیمی و نیتروژنی بر عملکرد و ویژگی‌های وابسته به خوابیدگی برنج رقم گیلانه در رژیم‌های مختلف آبیاری، طی یک آزمایش مزرعه‌ای به‌صورت کرت‌های دوبار خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به‌مدت دو سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در رشت بررسی شد. عامل‌های آزمایشی شامل مدیریت آب در دو سطح غرقاب دایم و فاصله آبیاری ۱۰ روز یک‌بار به‌عنوان عامل اصلی، کود نیتروژنی در سه سطح صفر، ۶۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار به‌عنوان عامل فرعی و کود پتاسیمی در سه سطح صفر، ۸۰ و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار به‌عنوان عامل فرعی فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد دانه به میزان ۳۷۱۳ کیلوگرم در هکتار در تیمار غرقاب، کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنی و ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیمی و کمترین عملکرد در دور آبیاری ۱۰ روز و عدم مصرف دو نوع کود پتاسیمی و نیتروژنه معادل ۶۳۴ کیلوگرم در هکتار را به‌دست داد. دور آبیاری ۱۰ روز سبب کم‌شدن ۴۰ درصدی گشتاور خمش میانگره ۴ شد. با افزایش سطح کود پتاسیمی شاخص خوابیدگی میانگره ۴ کاهش نشان داد که این اثر با افزایش محتوای سلولز به‌میزان ۶۰ درصد در این میانگره بود. در همه سطوح کود نیتروژنه، افزایش مصرف کود پتاسیمی سبب کاهش شاخص خوابیدگی در میانگره‌های ۳ و ۴ گردید. دور آبیاری ۱۰ روز، ارتفاع، گشتاور خمش میانگره، سلولز و همی‌سلولز و عملکرد را کاهش و شاخص خوابیدگی را افزایش داد اما در هر دو رژیم آبیاری با افزایش سطوح دو نوع کود اثر معکوس روی صفات فوق داشت.

واژگان کلیدی: برنج، پتاسیم، سلولز، خوابیدگی بوته، عملکرد.

۱- دانشجوی دکتری زراعت، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران.

۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران.

۳- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران.

۴- استاد گروه مهندسی آب، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران.

* نگارنده‌ی مسئول Nmroshan71@yahoo.com

مقدمه

برنج یکی از غلات مهم و با ارزش در دنیا است که بعد از گندم منبع اساسی و عمده غذایی بیش از ۵۰ درصد جمعیت جهان را تشکیل می‌دهد (Lopez *et al*., 2019; Jabran and Chauhan, 2015). تولید برنج تا سال ۲۰۵۰ باید بیش از ۵۰ درصد افزایش یابد که در نتیجه اصلاح ارقام و اعمال مدیریت‌های صحیح زراعی محقق خواهد شد (Esfahani *et al*., 2005; Asadi *et al*., 2016). آب مهم‌ترین عامل برای تولید پایدار در مناطق برنج‌خیز است. حدود سه‌چهارم برنج تولیدی (نیمی از کل مزارع برنج دنیا) به‌صورت فاریاب است (Carmelita *et al*., 2011). گیاه برنج یک گیاه نیمه‌آبزی است. شکل‌های مختلف آب موجود در خاک برای جذب به‌وسیله ریشه گیاه تعیین‌کننده است (Akhgary, 2004). در صورت عدم وجود مدیریت مناسب و اعمال دور آبیاری بدون مطالعه موجب کاهش رطوبت خاک از حد مناسب و در پی آن کمتر شدن رشد گیاه، عملکرد، تأخیر در رسیدگی، رشد علف‌های هرز، ایجاد ترک در سطح مزرعه، افزایش آب مصرفی در داخل مزرعه می‌شود و تأثیر بر راندمان کاربرد کود دارد (Tabbal *et al*., 2002). اعمال مدیریت صحیح آب و در نتیجه صرفه‌جویی آن، می‌توان بهره‌وری آب را افزایش داد (Bouman *et al*., 2005). بیشتر واریته‌های برنج در شرایط غرقابی عملکرد بیشتری نسبت به شرایط غیرغرقابی تولید می‌کنند. با افزایش عمق آب ارتفاع گیاه برنج افزایش می‌یابد. با افزایش خشکی خاک تعداد پنجه‌زنی کاهش می‌یابد که این همبستگی نزدیکی با کاهش عمق آب دارد. قدرت ساقه گیاه برنج و به دنبال آن مقاومت نسبت به ورس با افزایش ارتفاع گیاه و مقاومت ساقه کاهش می‌یابد (Akhgary, 2004). افزایش دور آبیاری می‌تواند از طریق اثر بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه بر گیاهان اثرگذار باشد که همه این تغییرات می‌توانند رشد و عملکرد گیاه را تغییر دهند (Pandey and Shukla, 2015). تیمار آبیاری، ارتفاع ارقام برنج را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به طوری‌که با کاهش مقدار آب ارتفاع بوته که از صفات مهم در ورس است نیز کاهش می‌یابد (Mohammadi *et al*., 2013). این خود می‌تواند به کاهش فشار آماس در گیاهان به‌علت کمبود رطوبت خاک و توقف افزایش اندازه سلول، بسته شدن روزنه‌ها و کاهش فتوسنتز ظاهری که در نهایت به کاهش تولید ماده خشک و در نتیجه ارتفاع گیاه منتهی می‌گردد، مربوط باشد (Sarmadnia and Kochaki, 1990). ساقه‌های نازک برنج، توان تولید پنجه بیشتری نسبت به ساقه‌های ضخیم دارند و ضخیم بودن ساقه و میان‌گره مقاومت به ورس گیاه را بیشتر می‌کند (Akhgary, 2004).

یکی از مهم‌ترین عوامل که باعث کاهش میزان تولید در سطح جهانی می‌شود، خوابیدگی بوته (ورس) است. خوابیدگی بوته یکی از مشکلات اصلی در تولید غلات است که باعث ایجاد خساراتی مانند کاهش میزان عملکرد، کاهش کیفیت دانه و ایجاد مشکلاتی در برداشت ماشینی محصول می‌شود. با توجه به خصوصیات مورفولوژیک بیشتر غلات که خوشه و دانه‌ها در قسمت انتهایی ساقه تشکیل می‌شوند، تناسب بین استحکام بخش پایینی بوته و وزن قسمت‌های بالایی آن، تعیین‌کننده میزان مقاومت گیاه نسبت به خوابیدگی است (Faraji *et al*., 2014). سه نوع خوابیدگی بوته در برنج‌های غرقابی (تحت آبیاری دایمی) قابل مشاهده است که شامل خمیدگی

ساقه، شکستگی ساقه و خوابیدگی از ناحیه ریشه است. خمیدگی ساقه، نوع اصلی ورس در برنج‌های غرقابی است که علت اصلی آن افزایش وزن خوشه در دوره رسیدگی و افزایش طول میانگره پایینی با افزایش سطح آب و شرایط نامساعد آب و هوایی از جمله وقوع باد و باران در اواخر فصل رشد است (Kono, 1995). خوابیدگی بوته بسته به زمان وقوع می‌تواند تا ۵۰ درصد کاهش عملکرد محصول را به‌دنبال داشته باشد. مقاومت به خوابیدگی به مقاومت ساقه در برابر نیروی خارجی که عنوان مقاومت به شکستگی نشان داده می‌شود، بستگی داشته و در واقع مقدار نیروی لازم برای شکستن بافت گیاهی است (Broomand *et al*., 2013). شاخص خوابیدگی همبستگی مثبتی با طول ساقه و طول میانگره‌ها داشته و خوابیدگی بوته غالباً در میانگره‌های پایینی ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متر از سطح زمین گزارش شد. همچنین، همبستگی مثبت بین وزن تر ساقه و میانگره‌ها، قطر بزرگ و کوچک میانگره‌ها، مساحت سطح مقطع میانگره، مقاومت به شکستگی و گشتاور خمشی وجود داشت (Li *et al*., 2009). از آن‌جایی که گشتاور خمشی صفتی است که در آن طول و وزن میانگره‌ها و خوشه مستتر است (Faraji *et al*., 2017). همبستگی مثبت و معنی‌دار مقاومت به شکستگی میانگره‌ها با قطر، ضخامت، نسبت وزن به طول میانگره‌ها نشان داده شد. بین مقاومت به شکستگی میانگره‌ها با درجه خوابیدگی در مزرعه همبستگی منفی وجود دارد و مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم را مهم‌ترین صفت در انتخاب ارقام مقاوم به خوابیدگی معرفی کردند (Islam *et al*., 2007).

غرقاب شدن مزرعه برنج قابلیت دسترسی بعضی از عناصر از قبیل بخشی از فسفر، پتاس، کلسیم، سلسیم و آهن را زیاد می‌کند. تغذیه عناصر معدنی شامل؛ تأمین، جذب و مصرف عنصر غذایی برای رشد و عملکرد گیاهان زراعی ضروری است (Akhgary, 2004). مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد برنج و سایر محصولات زراعی نقش کلیدی دارد (Sadati Valojai *et al*., 2021). عدم مصرف نیتروژن در گیاه برنج در ابتدای پنجه‌دهی موجب کاهش ارتفاع بوته و عدم مصرف نیتروژن در مرحله خوشه‌دهی کامل سبب کاهش وزن هزار دانه و خمش بوته می‌شود (Khosravi *et al*., 2011). مصرف ۱۲۰ کیلوگرم کود نیتروژن به همراه آبیاری هر ۵ روز یک بار، بالاترین عملکرد دانه در هکتار را سبب گردید (Ashouri, 2012). با افزایش سطوح مختلف کود نیتروژنه در آبیاری هر ۴ روز یک بار، عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، به طوری‌که بالاترین عملکرد دانه (۵۷۲۵ کیلوگرم در هکتار) و شاخص برداشت ۴۷/۲ درصد) در تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و آبیاری هر چهار روز یک بار به‌دست آمد (Alhassan and Saddiqe, 2016). افزایش نیتروژن موجب گسترش و حجیم شدن ریشه‌ها و جذب بیشتر رطوبت از خاک می‌شود. علاوه بر آن، باعث تسریع رشد رویشی، افزایش حجم بخش هوایی گیاه و افزایش تعرق گیاه می‌گردد (Ghanbari *et al*., 2014).پتاسیم بعد از نیتروژن و فسفر، از جمله عناصر پرمصرف بوده و در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه از جمله کم‌آبی و افزایش مقاومت به ورس نقش کلیدی دارد (Malakouti, 1999; Mahbub *et al*., 2006). تأمین پتاسیم گیاه، متابولیسم نیتروژن را تحت تأثیر قرار داده و سنتز پروتئین در گیاه را افزایش می‌دهد. نیتروژن از طریق تحریک رشد رویشی، موجب آبدار شدن

اندام گیاهی می‌شود که مستعد حمله بیماری‌ها و خوابیدگی بوته است و پتاسیم این حساسیت را با ایجاد مقاومت از بین می‌برد (Akhgari, 2004). رضایی (Rezaei, 2010) با بررسی کود پتاسیمی بر خصوصیات زراعی و مورفولوژیکی وابسته به ورس در برنج رقم طارم محلی نشان داد که با مصرف کود پتاسیمی به میزان ۹۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد دانه نسبت به شاهد ۱۲/۵ درصد افزایش یافت. اثر متقابل نیتروژن و پتاسیم بر ارتفاع بوته و تعداد پنجه در بوته معنی‌دار شد. یزدپور (Yazdpour, 2014) نشان دادند که کاربرد نانوسیلیکون‌ها باعث افزایش مقاومت به شکستگی و کاهش شاخص خوابیدگی میانگره‌ها در برنج شد. با افزایش مصرف کود نیتروژن میزان مقاومت به شکستگی میانگره شماره ۴ کاهش یافت. کاربرد کود کلرید پتاسیم، عملکرد و اجزای عملکرد دانه و مقاومت به شکستگی ساقه افزایش و شاخص خوابیدگی میانگره‌ها کاهش یافت (Asadi *et al*., 2013).

افزایش انتقال مواد فتوسنتزی و توسعه ریشه و مقاوم‌ترشدن برنج در مقابل خوابیدگی بوته به دلیل تولید مقدار بیشتری سلولز و همی‌سلولز در ساقه در نتیجه استفاده مطلوب از کود پتاسیمی است. خوابیدگی بوته برنج در طول دوره رسیدگی نه‌تنها از طریق سایه‌اندازی بر روی سایر بوته‌ها باعث کاهش فتوسنتز و عملکرد آنها می‌شود، بلکه با قطع مسیر انتقال مواد در آوندها از انتقال آب، مواد غذایی و مواد پرورده در امتداد آوندهای چوب و آبکش جلوگیری کرده و باعث کاهش فراهمی مواد پرورده در فرآیند پرشدن دانه‌ها می‌شود (Kashiwagi *et al*., 2005; Dastan *et al*., 2012; Farazi *et al*., 2018). نیتروژن معمولاً مقدار نسبی این ترکیبات را کاهش می‌دهد. بنابراین، استفاده از کودهای پتاسیمی می‌تواند اثر منفی کودهای نیتروژن را در مورد خوابیدن ساقه و یا ورس بی‌اثر سازد (Malakouti, 2000). این پژوهش با هدف بررسی کودهای شیمیایی پتاسیمی و نیتروژنه در رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و برخی صفات وابسته به خوابیدگی بوته برنج رقم گیلانه طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در دو سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در مزرعه‌ای آزمایشی در روستای کشل‌ورزل استان گیلان، به‌صورت کرت‌های دوبار خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عرض جغرافیایی محل آزمایش ۳۷ درجه و ۱۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۱ درجه و ۵۵ دقیقه شرقی بود. محل آزمایش دارای آب و هوای معتدل و مرطوب است و میزان بارندگی سالانه بر حسب میانگین ۱۰ ساله برابر با ۱۳۳۰ میلی‌متر می‌باشد (Anonymus, 2019). اطلاعات هواشناسی منطقه در طول اجرای این آزمایش در جدول ۱ آمده است. قبل از اجرای آزمایش، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در آزمایشگاه بخش آب و خاک موسسه تحقیقات برنج رشت، اندازه‌گیری شد (جداول ۲). فاکتورهای آزمایشی شامل مدیریت آب در دو سطح غرقاب دایم و فاصله آبیاری ۱۰ روز یک‌بار به‌عنوان عامل اصلی، کود نیتروژنه در سه سطح صفر، ۶۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار به‌عنوان عامل فرعی و کود پتاسیمی در سه سطح صفر، ۸۰ و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار به عنوان عامل فرعی فرعی بودند.

در این پژوهش از برنج رقم گیلانه استفاده شد که حاصل تلاقی بین رقم صالح و رقم محلی آبجی بوجی یا دم سرخ می‌باشد. رقم گیلانه از

نظر ساختار و مورفولوژی بسیار شبیه به والد خود رقم (آبجی بوجی) است و همانند آن دارای ریشک‌های بلندی می‌باشد. این رقم جزو ارقام زودرس و تا حدی متحمل به ورس است (Allahgholipour *et al*., 2018).

مزرعه محل انجام آزمایش سه بار شخم زده شد که شخم اول در اسفند ماه، شخم دوم در اواسط اردیبهشت همزمان با احداث خزانه و شخم سوم (پادلینگ) همزمان با نشاءکاری برنج انجام شد. بذور در خزانه و زیر پوشش پلاستیکی پرورش داده شده و در سن ۲۵ روزگی از خزانه انتخاب و به زمین اصلی منتقل و به فاصله ۲۰×۲۰ سانتی‌متر (تراکم ۲۵ بوته در مترمربع) به تعداد یک گیاهچه در هر کپه، نشاءکاری شدند. اندازه واحدهای آزمایشی نه متر مربع (ابعاد کرت اصلی ۳× ۳ متر، فرعی۳× ۱ متر و فرعی فرعی ۱× ۱ متر) بود. در طول دوره رشد برنج برای کنترل کرم ساقه‌خوار برنج از سم دیازینون (گرانول ۵ درصد) و برای مدیریت علف‌های هرز از دو نوبت وجین دستی ۲۰-۱۵ روز بعد از نشاءکاری و ۳۵-۲۰ روز پس از نشاءکاری و کنترل شیمیایی (بوتاکلر به میزان سه لیتر در هکتار ۴ روز پس از نشاءکاری) انجام شد (Velaei *et al*., 2018). کود نیتروژنه از منبع اوره (۴۶ درصد نیتروژن)، کود پتاسیمی از منبع سولفات پتاسیم و کود فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل بر اساس تیمارهای آزمایشی و نتایج آزمون تجزیه خاک به کرت‌ها افزوده شدند. برای اندازه‌گیری ارتفاع گیاه در ۲ مرحله؛ ۷۰ روز پس از نشاءکاری و مرحله رسیدگی فیزیولوژیک اندازه‌گیری انجام شد. تعداد ۱۰ بوته از هرکرت (دو ردیف کناری طولی و یک ردیف عرضی به‌عنوان اثر حاشیه در نظر گرفته شد) به‌صورت تصادفی انتخاب و ارتفاع بوته (از سطح خاک تا نوک بلندترین خوشه، بدون در نظر گرفتن ریشک)، طول میانگره‌ها (میانگره‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ از بالا به پایین) اندازه‌گیری شدند. با توجه به اینکه خوابیدگی بوته برنج در میانگره‌های سوم و چهارم اتفاق می‌افتد (Hoshikawa and Wang, 1990)، خصوصیات مورفولوژیک (گشتاور خمش میانگره‌ها)، فیزیولوژیک (سلولز و همی سلولز) و مرتبط با خوابیدگی میانگره‌های سوم و چهارم اندازه‌گیری شد. گشتاور خمشی (Bending moment; Bm) در میانگره‌های سوم و چهارم از روابط زیر محاسبه شدند (Islam *et al*., 2007):

Bm_3، BM_4: به‌ترتیب گشتاور خمشی میانگره سوم و میانگره چهارم بر حسب گرم در سانتی‌متر، L_3: طول میانگره سوم از پایین تا نوک خوشه، L_4: طول میانگره چهارم از پایین تا نوک خوشه بر حسب سانتی‌متر، W_P، W_1 و W_2: به ترتیب وزن تر خوشه، وزن تر میانگره اول و دوم همراه با برگ و غلاف و W_3 و W_4: به‌ترتیب وزن تر میانگره سوم و چهارم بر حسب گرم می‌باشند.

مقاومت به شکستگی (Breaking resistance; Br) در نقطه میانی میانگره‌های سوم و چهارم همراه با غلاف برگ است که در مزرعه با انتخاب ۱۰ بوته به‌طور تصادفی از هر کرت انجام شده و با وارد کردن فشار در بوته (ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری از کف زمین)، جهت خواباندن گیاه از حالت عمودی به مایل (تا حد ۴۵ درجه) با استفاده از نیروسنج دیجیتالی (Lutron FG-500 A, Taiwan) بر حسب نیوتن اندازه‌گیری شد.

شاخص خوابیدگی با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Amano *et al*., 1993):

$$LIN = \frac{Bm}{Br} \times 100$$

استخراج سلولز با روش کوکوبا و همکاران (Kokubo *et al*., 1989) انجام شد و اندازه‌گیری

آن بـا روش آپـدگراف (Sommer *et al.*, 2006) توسط معرف انترون با استفاده از اسـپکتوفتومتری و در طول موج ۶۲۰ نانومتر صورت گرفـت. جهـت تعیین عملکرد دانه نیز با رعایت اثر حاشیه (حذف دو ردیـف) در هـر کـرت در مرحلـه رسـیدگی فیزیولوژیک اقدام به‌برداشت گردید و عملکرد دانه بر مبنای رطوبت ۱۴ درصد محاسبه شد.

قبل از انجام تجزیه مرکب داده‌ها، به‌منظور اطمینان از یکنواختی واریانس اشتباه آزمایشی از آزمون بارتلت استفاده شد. تجزیه واریانس و محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزارهای SAS نسخه ۹ (Anonymus, 2002) انجام و میانگین صفات مورد مطالعه با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفتند. جهت بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون‌های مربوط به برنامه SAS و با روش PROC STEP استفاده گردید.

نتایج و بحث

گشتاور خمش میانگره

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سه گانه آبیاری، کود نیتروژنه و کود پتاسیمی بر گشتاور خمش میانگره ۳ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). عدم مصرف کود پتاسیمی در همه سطوح کود نیتروژنه سبب افزایش گشتاور خمشی میانگره ۳ شد. در مقایسه سه سطح صفر، ۸۰ و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم، سطح سوم از این کود در کاهش این صفت مؤثرتر بود. این سطح از کود پتاسیمی زمانی که کود نیتروژنه استفاده نشد، در کاهش گشتاور خمش میانگره سوم از دو سطح دیگر بهتر عمل کرد (جدول ۵). نتایج جدول تجزیه واریانس مرکب نشان داد که فقط اثر ساده آبیاری (در سطح احتمال پنج درصد) معنی‌دار شد. تیمار دور آبیاری ۱۰ روز سبب کم‌شدن گشتاور خمش میانگره ۴ شد (جدول ۳). مقایسه اثر آبیاری بر گشتاور خمش میانگره ۴ نشان داد که دور آبیاری ۱۰ روز این صفت را ۴۰ درصد کاهش داد. کاهش گشتاور خمش میانگره ۳ و ۴ ناشی از افزایش دور آبیاری بر ارتفاع گیاه و اثر مستقیم آن بر طول میانگره‌ها، طول خوشه و وزن میانگره‌ها و وزن خوشه برمی‌گردد (Faraji *et al.*, 2017).

کود نیتروژنه سبب افزایش گشتاور خمشی میانگره ۳ در هر دو رژیم آبیاری و همه سطوح کود پتاسیمی گردید، به گونه‌ای که مصرف ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه در هر سه سطح کود پتاسیمی سبب افزایش گشتاور خمشی شد. تأثیر کود نیتروژنه بر گشتاور خمش میانگره ۴ در برنج رقم طارم دیلمانی نیز گزارش شده است و مشابه با نتایج پژوهش حاضر کمترین مقدار این صفت و کمترین ارتفاع گیاه هنگامی حاصل شده است که گیاه با تنش کمبود نیتروژن در مراحل ابتدایی کاشت روبرو بوده است (Khosravi *et al.*, 2011). دستان و همکاران (Dastan *et al.*, 2012) گزارش کردند که افزایش مصرف کود نیتروژنه با افزایش طول میانگره ۴ می‌تواند سبب افزایش گشتاور خمش میانگره ۴ و ایجاد ورس در ساقه برنج گردد. به نظر می‌رسد مصرف کود پتاسیمی توانسته است با اثر بر گشتاور خمش میانگره‌های ۳ سبب بهبود مقاومت به ورس در گیاه گردد. باقری و همکاران (Bagheri *et al.*, 2011) گزارش کردند که افزایش مصرف کود پتاسیمی از صفر تا ۹۰ کیلوگرم بر هکتار سبب کاهش غیرمعنی‌دار گشتاور خمش میانگره ۳ و ۴ و نیز طول دو میانگره شده و کاهش مقاومت به ورس را در برنج موجب شده است. این محققین همچنین گزارش کردند که طول میانگره ۳ و ۴ و طول خوشه با

مقاومت به ورس همبستگی مثبت دارند. افزایش مقاومت به ورس در برنج در نتیجه مصرف پتاسیم را ناشی از تاثیر عنصر پتاسیم در افزایش لیگنین سازی در بافت اسکرانشیم و افزایش قدرت ساقه در برنج گزارش کرده‌اند (Zaman *et al*., 2015). حرکت خمش میانگره ۴ تحت تأثیر مقادیر پتاسیم قرار گرفت و از نظر آماری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (Ghasemi Minaei *et al*., 2011).

سلولز و همی‌سلولز

طبق نتایج تجزیه واریانس مرکب، اثر متقابل آبیاری، نیتروژن و پتاسیم بر محتوای سلولز و همی‌سلولز میانگره ۳ و ۴ به‌ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین در میانگره ۳ نشان داد که محتوای سلولز و همی‌سلولز همراه با افزایش دور آبیاری کاهش یافت. مصرف ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیمی همراه با ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه در آبیاری غرقاب بالاترین محتوای سلولز به مقدار ۵۲/۱۱ درصد در سال ۱۳۹۶ را نشان داد. کمترین میزان سلولز میانگره ۳ در سال اول ۳۱/۷۷ درصد بود. مقایسه میانگین در سال ۱۳۹۷ نشان داد که مصرف کود پتاسیمی در افزایش محتوای سلولز میانگره ۳ نقش داشته و سطح دوم (۸۰ کیلوگرم در هکتار) از این کود نسبت به دو سه سطح دیگر در افزایش محتوای میانگره ۳ در این سال مؤثرتر بود. در این سال مصرف ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیمی همراه با ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه بالاترین محتوای سلولز میانگره به میزان ۵۰/۱۹ درصد را نشان دادند. کمترین میزان سلولز در میانگره ۳ در سال دوم به میزان ۳۱/۳۲ درصد بود (جدول ۵). سطح ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیمی در مورد همی‌سلولز مؤثر بوده و بالاترین مقدار همی سلولز (۸۷/۰۷ درصد) وقتی حاصل شد که همراه این سطح از کود پتاسیمی،۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه استفاده شده و گیاه در شرایط غرقاب کشت شده بود. کمترین مقدار این صفت از آبیاری با دور ۱۰ روز و عدم مصرف کود مشاهده گردید.

نتایج مقایسه میانگین در میانگره ۴ نشان داد که مشابه با میانگره ۳ محتوای سلولز این میانگره نیز با افزایش دور آبیاری کاهش نشان داده و محتوای سلولز میانگره ۴ در آبیاری غرقاب بالاتر بود. در سال ۱۳۹۶ بیشترین محتوای سلولز میانگره ۴ در تیمار آبیاری غرقاب و مصرف ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار از کود پتاسیمی و ۶۰ کیلوگرم از کود نیتروژنه به میزان ۶۰/۲۶ درصد حاصل شد. کمترین محتوای سلولز (سال اول) و همی‌سلولز میانگره ۴ از تیمار آبیاری با دور ۱۰ روز و عدم مصرف کود به میزان ۴۱/۷۳ و ۳۹/۴۴ درصد به دست آمد. در سال ۱۳۹۷ سطح سوم از کود پتاسیمی از دو سطح دیگر این کود در افزایش محتوای سلولز این میانگره مؤثرتر بود (۶۰/۰۲ درصد). در هر دو رژیم آبیاری و هر سه سطح کود پتاسیمی، سطح دوم کود نیتروژنه بهتر عمل کرده و محتوای سلولز بالاتری را نشان داد. با افزایش سطح کود پتاسیمی شاخص خوابیدگی میانگره ۴ کاهش نشان داد که این همسو با افزایش محتوای سلولز در این میانگره بود (جدول ۵). در سال زراعی ۱۳۹۷ نسبت به سال ۱۳۹۶، بارندگی بالاتر و تعداد ساعات آفتابی بیشتری در طول فصل رشد گیاه برنج اتفاق افتاده است (جدول ۱). ولی کربوهیدرات‌های ساختمانی چون سلولز و لیگنین سبب استحکام و افراشتگی ساقه در گیاه برنج شده و در ایجاد مقاومت به ورس اثر مستقیم

دارند. تسهیم بالاتر کربوهیدرات‌های ساختمانی حدود ۲۰ روز پس از خوشه‌دهی مسئول مقاومت به ورس در ساقه هستند. واریته‌های عملکرد بالا نیازمند تعدیل کربوهیدرات‌های غیرساختمانی و افزایش تجمع کربوهیدرات‌های ساختمانی هستند (Zhong *et al.*, 2017). این نتایج اهمیت سطح متوسط کود نیتروژنه (۶۰ کیلوگرم در هکتار) در مقاومت به ورس را تأیید می‌کند. دستان و همکاران (Dastan *et al.*, 2012) اثر مثبت کود نیتروژنه بر محتوای همی‌سلولز ساقه برنج را گزارش کردند. کوددهی نیتروژنه می‌تواند با اثر بر ویژگی‌های مکانیکی و مورفولوژیک ساقه، مقاومت به ورس را تحت الشعاع قرار دهد. مصرف کمتر و بیشتر از حد بهینه کود نیترژنه می‌تواند سبب افزایش خطر ورس گردد. ویلیامز و اسمیت (Williams and Smith, 2001) به کاهش بیماری‌های ساقه در اثر استفاده از کود پتاسیمی اشاره و اعلام کرده‌اند که به نظر می‌رسد مصرف پتاسیم غیرمستقیم می‌تواند بر کاهش ورس ساقه مؤثر باشد.

شاخص خوابیدگی

بر اساس تجزیه واریانس مرکب اثر سال بر شاخص خوابیدگی میانگره ۳ غیرمعنی‌دار و بر شاخص خوابیدگی میانگره ۴ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در همه سطوح کود نیتروژنه، افزایش مصرف کود پتاسیمی سبب کاهش شاخص خوابیدگی در میانگره ۳ شد. دو سطح ۸۰ و ۱۶۰ کود پتاسیمی وضعیت بهتری نسبت به عدم مصرف کود پتاسیمی نشان دادند. مقایسه میانگین اثر سال در آبیاری در کود نیتروژنه و کود پتاسیمی این صفت نشان داد که در هر دو سال مطالعه زمانی که کود پتاسیمی استفاده نشده است، این شاخص بیشتر از دو سطح دیگر کود پتاسیمی بود (جدول ۵).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که دور آبیاری ۱۰ روز سبب افت ۳۶ درصدی شاخص خوابیدگی میانگره ۳ شد. تیمار ۸۰ کیلوگرم کود پتاسیمی و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه کمترین شاخص خوابیدگی (۸/۷ درصد) را در میانگره ۳ سبب گردید. در سال اول بیشترین شاخص خوابیدگی میانگره ۴ در آبیاری با دور ۱۰ روز و عدم مصرف کود پتاسیمی و سطح ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه معادل ۴۱/۷ درصد مشاهده شد. کمترین مقدار این صفت در این سال از آبیاری غرقاب و مصرف ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیمی و عدم مصرف کود نیتروژنه معادل ۱۳/۳ درصد مشاهده گردید. مقایسه میانگین در سال دوم مطالعه نشان داد که افزایش کود نیتروژنه سبب افزایش این شاخص شد، در حالی مصرف کود پتاسیمی اثر عکس نشان داد. مصرف کود پتاسیمی در پژوهش حاضر شاخص خوابیدگی در میانگره ۳ و ۴ را کاهش داد. در دور آبیاری ۱۰ روز در سطح دوم کود پتاسیمی و همه سطوح کود نیتروژنه، شاخص خوابیدگی حدود ۵۰ درصد کمتر از زمانی بود که از کود پتاسیمی استفاده نشده بود (جدول ۵). افزایش مواردی چون جذب نیتروژن و فسفر، مقاومت به بیماری‌ها، ضخیم‌شدن و طویل‌شدن ریشه‌ها و قوی‌شدن و ضخیم‌شدن ساقه‌ها را از اثرات مثبت عنصر پتاسیم در برنج برشمرده‌اند (Ghasemi Lemraski *et al.*, 2014).

وقوع کمتر خوابیدگی در میانگره‌های سوم و چهارم باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود، زیرا در این شرایط انتقال مواد فتوسنتزی به سمت دانه‌ها بهتر انجام شده و در نتیجه تعداد دانه‌های پوک و

پنجه‌های نابارور در واحد سطح به حداقل می‌رسند، بنابراین به نظر می‌رسد صفاتی که تأثیر بیشتری بر مقاومت به خوابیدگی بوته دارند، با عملکرد دانه نیز همبستگی بالاتری دارند و این موضوع نشان می‌دهد که نقصان عملکرد دانه تا حد زیادی تحت تأثیر خوابیدگی بوته قرار دارد و می‌توان با تقویت صفات مؤثر بر مقاومت به خوابیدگی، عملکرد دانه را بهبود بخشید.

ارتفاع گیاه

بررسی داده‌های نمونه‌برداری برای ارتفاع بوته در ۷۰ روز پس از نشاکاری و رسیدگی فیزیولوژیک نشان داد که به‌ترتیب اثر دوگانه آبیاری در پتاسیم و اثرات سه‌گانه آبیاری، کود نیتروژنه و کود پتاسیمی بر ارتفاع بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شدند (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد با افزایش سطح کود نیتروژنه ارتفاع بوته در آبیاری غرقاب افزایش یافت. با تغییر رژیم آبیاری ارتفاع بوته در همه سطوح کودی کاسته شد. افزایش سطوح هر دو کود بر ارتفاع بوته مؤثر بود، به گونه‌ای که سطح ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه و ۱۶۰ کیلوگرم کود پتاسیمی در آبیاری غرقاب از دو سطح دیگر این کودها بر ارتفاع گیاه مؤثرتر بودند. تیمارهای۸۰ و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیمی و دو سطح ۶۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار از کود نیتروژنه در یک گروه آماری قرار گرفتند. کمترین ارتفاع بوته در این مرحله از تیمار آبیاری با دور ۱۰ روز و عدم مصرف دو نوع کود (۷۸/۲ سانتی‌متر) و بلندترین ارتفاع بوته در این مرحله از تیمار آبیاری غرقاب با مصرف ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیمی (۱۱۶/۵سانتی‌متر) مشاهده شد. در مراحل نمونه‌برداری اعمال کم‌آبی سبب کاهش ارتفاع شده و کود نیتروژنه و پتاسیمی توانست اثر تنش آب را تعدیل کند. بلندتر بودن طول ساقه در ارقام برنج هیبرید می‌تواند در افزایش شاخص خوابیدگی نقش داشته باشد (Leza *et al*., 2001). امین‌پناه و همکاران (Aminpanah *et al*., 2018) در مطالعه‌ای با اعمال دور آبیاری بر برخی لاین‌های برنج گزارش کردند که تنش سبب کاهش ۹/۳۵ درصدی ارتفاع گیاه شد که می‌تواند ناشی از اثر بازدارنده کم‌آبی بر روی تقسیم سلول و یا طویل شدن سلول باشد. اثر مثبت کود نیتروژن بر صفات مورفولوژیک چون ارتفاع گیاه در برنج توسط موسوی و همکاران (Mousavi *et al*., 2015) گزارش شده است. ارتفاع بوته نمی‌تواند مهم‌ترین عامل در تعیین مقاومت به خوابیدگی در برنج محسوب شود (Broomand *et al*., 2013). در آزمایش اسلام و همکاران (Islam *et al*., 2007) روی ۱۶ ژنوتیپ برنج و بررسی صفات مورفولوژیک مرتبط با خوابیدگی بوته، نشان دادند که میانگین ارتفاع بوته پنج رقم با مقاومت بالا نسبت به ورس ۱۲۳ سانتی‌متر و متوسط ارتفاع پنج رقم حساس به ورس ۱۱۴ سانتی‌متر بوده است.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر سه‌گانه آبیاری، پتاسیمی و نیتروژنه بر عملکرد دانه از لحاظ آماری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که دور آبیاری ۱۰ روز سبب کاهش عملکرد دانه در همه سطوح کودی مورد مطالعه شده است. عملکرد دانه در رژیم‌های رطوبتی ۱۰ روزه نسبت به حالت غرقاب حدود ۳۸ درصد کاهش نشان داد. این افت عملکرد در سطوح پایین دو کود مورد استفاده بسیار مشخص و

معنی‌دار بود. دور آبیاری ۱۰ روز و عدم مصرف دو نوع کود پتاسیمی و نیتروژنه کمترین عملکرد دانه معادل ۶۳۴ کیلوگرم در هکتار را نشان داد. بالاترین عملکرد دانه از تیمار آبیاری غرقاب، مصرف ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیمی و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه معادل ۳۷۱۳ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (جدول ۵). نقش کود پتاسیمی و نیتروژنه در تغییر عملکرد دانه در هر دو شرایط آبیاری مشهود بود. در هر دو نوع آبیاری با افزایش سطوح دو نوع کود عملکرد دانه افزایش یافته است.

مشابه با نتایج تحقیق حاضر ماهاجانا و همکاران (Mahajana *et al*., 2012) بیان کردند که کاربرد کود پتاسیمی و فسفات همراه با ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژنه سبب افزایش ۱۴ درصدی عملکرد دانه شد. همچنین کاربرد این دو کود در مقایسه با شاهد سبب افزایش کارایی مصرف آب و نیتروژن شد. این نشان می‌دهد که مصرف کودهای پتاسیمی و نیتروژنه می‌تواند کاهش عملکرد ناشی از تنش آب را جبران کند.

ارقام اصلاح‌شده مخزن بزرگ‌تری داشته و ظرفیت پرشدن دانه در آنها بهتر بوده و دلیل اصلی عملکرد بالا در آنها تعادل و هماهنگی مخزن و منبع و مواد فتوسنتزی جاری می‌باشد. رقم گیلانه نیز به‌دلیل پاکوتاه‌بودن نسبت به ارقام بومی (ارتفاع ۱۰۷/۵ سانتی‌متر) و داشتن تعداد دانه بیشتر در خوشه، نیتروژن خاک خصوصاً نیتروژن اضافه‌شده در مرحله اواخر رشد زایشی را بیشتر صرف پرکردن دانه کرده و در نتیجه عملکرد بالایی دارد. لذا مصرف نیتروژن در رقم پاکوتاهی چون گیلانه صرف پرشدن دانه می‌شود، در واقع در این رقم مصرف کود نیتروژنه بر عملکرد بسیار تاثیرگذار است (Kavousi and Allahgholipour, 2017). ژو و همکاران (Ju *et al*., 2009) نیتروژن را فاکتور کلیدی تعیین‌کننده عملکرد و مهم‌ترین نهاده مصرفی در تولید برنج برشمردند. کود نیتروژنه و رژیم آبیاری به‌طرز سینرژیکی سبب افزایش عملکرد می‌شوند. در برنج در تنش متوسط با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه افزایش عملکرد ناشی از کاهش پنجه‌های نابارور، افزایش رشد ریشه و افزایش شاخص برداشت مشاهده شد (Wang *et al*., 2016). میزان نیتروژن از طریق تعیین ظرفیت عملکرد در دو مرحله نمو رویشی و اوایل مرحله زایشی و همچنین از طریق افزایش سطح برگ بر عملکرد برنج تأثیر دارد (Sadati Valojai *et al*., 2021). با افزایش کود پتاسیم نیز می‌توان افت عملکرد را کاهش داد. پتاسیم عنصر ضروری برای زراعت برنج بوده و در افزایش اندازه و وزن دانه، بهبود پنجه‌زنی، افزایش پاسخ به سایر عناصر غذایی خصوصاً نیتروژن و فسفر، قوی شدن ساقه‌ها، کاهش تمایل به خوابیدگی و افزایش مقاومت به امراضی چون بلاست نقش دارد (Shomali *et al*., 2007).

همچنین در بررسی مصرف کود پتاسیمی بر عملکرد برنج در دو فصل خشک و مرطوب گزارش شده است که بالاترین عملکرد دانه از بالاترین سطح مصرفی کود پتاسیمی ناشی از تولید تعداد پنجه بالاتر در کپه، تعداد بالاتر خوشه در کپه و درصد دانه پر بالاتر حاصل شده است (Htun *et al*., 2017). فرخ و همکاران (Farokh *et al*., 2009) گزارش کردند پتاسیم عملکرد دانه برنج را افزایش می دهد. واکنش عملکرد برنج به کود پتاسیم و در مکان‌های مختلف و بسته به مقادیر پتاسیم قابل دسترس خاک متفاوت است (Ghasemi Minaei *et al*., 2011). در پژوهش

حاضر افزایش عملکرد دانه ناشی از افزایش سطح کود پتاسیمی در هر دو نوع رژیم آبیاری مشاهد شد. در هنگام کم‌آبی گیاهان با پتاسیم کافی هدررفت آب کمتری را توسط کاهش تعرق تجربه می‌کنند (Fusheing, 2006). افزایش رشد ریشه نیز توسط کود پتاسیمی در این مسیر بسیار مؤثر است. این به گیاهان تحت تنش کمک کرده تا آب بیشتری را جذب کنند. افزایش مقاومت به تنش آب و کمک به تثبیت عملکرد گیاه زراعی در محیط‌های تحت تنش از نتایج استفاده از کود پتاسیمی می‌باشد (Quampah *et al.*, 2011). صفاتی که تأثیر بیشتری بر مقاومت به خوابیدگی بوته دارند، با عملکرد دانه نیز همبستگی بالاتری دارند و این موضوع نشان می‌دهد که نقصان عملکرد دانه تا حد زیادی تحت تأثیر خوابیدگی بوته قرار دارد و می‌توان با تقویت صفات مؤثر بر مقاومت خوابیدگی، عملکرد دانه را بهبود بخشید.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که مصرف کود نیتروژنه و پتاسیمی علاوه بر بهینه سازی مصرف کود، سبب افزایش عملکرد برنج شد. مشخص شد که آبیاری در دورهای ۱۰ روزه سبب کاهش عملکرد دانه به‌صورت معنی‌دار در همه سطوح کودی مورد مطالعه شده است. نقش کود پتاسیمی و نیتروژنه در تغییر عملکرد دانه در هر دو شرایط آبیاری مشهود بود. مصرف کود پتاسیمی با اثر بر گشتاور خمش میانگره‌ها سبب بهبود مقاومت به ورس در گیاه برنج گردید. بالاترین محتوای سلولز در میانگره‌های ۳ و ۴ با کاربرد ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیمی حاصل شد. با افزایش سطح کود پتاسیمی شاخص خوابیدگی میانگره ۴ کاهش نشان داد که این همسو با افزایش محتوای سلولز در این میانگره بود. در بین صفات مورد ارزیابی، ارتفاع بوته با دارا بودن همبستگی منفی و معنی‌دار با مقاومت به شکستگی و مقاومت فشاری، با صفاتی مانند سلولز و همی‌سلولز درون گره‌ها، مرتبط است. به‌نظر می‌رسد که با افزایش مقادیر این صفات و افزایش مقاومت به خوابیدگی، بخشی از کاهش عملکرد دانه ناشی از خوابیدگی بوته پیشگیری خواهد شد. بدین جهت توصیه می‌شود جهت حفظ عملکرد و افزایش تحمل ساقه در مقابل خوابیدگی به‌ویژه در شرایطی که اجبار به اعمال دوره‌های آبیاری با فواصل بیشتر وجود داشته باشد بکارگیری سطوح ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه و ۸۰ کیلوگرم کود پتاسیمی توصیه می‌شود.

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ محل انجام طرح

Table 1- Meteorological information from year 2016 and 2017 at the site of the project

سال year	مشخصات هواشناسی climatic item	فروردین 21Mar-20Apr	اردیبهشت 21Apri-16May	خرداد 17May-16Jun	تیر 17Jun-18Jul	مرداد 19Jul-18Agu	شهریور 20Agu-19Sep
2017	دما T mean ($_0$ C)	13.6	19.3	23.6	26	28.2	26.9
	بارندگی Rainfall (mm)	86.2	27.8	18.6	13.8	0	61
	رطوبت Humidity (%)	78	78	75	74	71	75
	ساعات آفتابی Sunny Hours(h)	140	169.2	229.1	232.5	293.7	245.8
2018	دما T mean ($_0$ C)	13.7	19.4	23.1	28.1	27	25.1
	بارندگی (میلی‌متر) Rainfall (mm)	20.4	37.2	48.7	30.8	68.4	13.8
	رطوبت (درصد) Humidity (%)	76	74	75	73	77	74
	ساعات آفتابی Sunny Hours (h)	145.9	170.4	230.3	295.4	164.9	209.7

جدول ۲- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 2- Physical and chemical properties of soil in the experiment site

سال Year	درصد کل نیتروژن Total N (%)	پتاسیم قابل جذب K ($mg.kg^{-1}$)	فسفر قابل جذب P ($mg.kg^{-1}$)	اسیدیته خاک pH	ماده آلی Organic matter (%)	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	بافت خاک Soil texture
2017	0.176	270	17.2	7.1	1.5	1.17	Clay loam
2018	0.149	285	16.8	7.1	1.4	1.11	

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب اثر رژیم آبیاری و کود پتاسیمی و نیتروژنه بر گشتاور خمش، شاخص خوابیدگی، محتوای سلولز و همی‌سلولز میانگره ۳ و ۴

Table 3- Combined analysis of variance for irrigation regims and potassium and nitrogen fertilizer on bending moment, loading index, cellulose content and hemicellulose between internodes 3 and 4

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	ارتفاع ۷۰ روز Height (70 days)	ارتفاع مرحله رسیدگی Height (Harvest)	گشتاور خمش میانگره ۳ Bending moment of 3th internode	گشتاور خمش میانگره۴ Bending moment of 4th internode	شاخص خوابیدگی میانگره ۳ Loading index of 3th internode	شاخص خوابیدگی میانگره ۴ Loading index of 4th internode
سال Year	1	64.5	0.889	835.9	1309.5	15.6	140.2*
بلوک در سال R(Y)	4	185.6	57.82	73478.7	21546.4	151.9	10.06
آبیاری Irrigation	1	7550.1*	12050**	2514644	4031386.5*	1781.8*	498.3*
سال×آبیاری Y×I	1	16.33	25.42	49060.5	21036.1	4.7	2.4
خطای عامل آبیاری Error I	4	40.2	28.47	16286.6	15169.6	38.6	43.2
نیتروژن Nitrogen	2	1.45	146.3	36526.6	54508.2	156.4	199.1
سال ×نیتروژن N×Y	2	51.9	54.64	23995.1*	16519.7	13.4	90.01
آبیاری× نیتروژن I×N	2	136.2	111.02	17254.1	27021.6	35.5	33.8
سال×آبیاری× نیتروژن Y×I×N	2	14.6	31.6	77094.5**	14056.8	40.09*	14.5
خطای نیتروژن Error N	16	30.4	31.18	6278	13149.5	11	26.4
پتاسیم Potassium	2	59.6	320.5*	140754.7*	140648.7	109.7	735.4
سال× پتاسیم Y×P	2	5.7	11.56	39.2**	13159.8	31.9	106.2
آبیاری × پتاسیم I×P	2	1790.1*	1230.9*	85330.3**	53718.8	117.1	461.5
سال× آبیاری × پتاسیمY×I× P	2	46.1	54.18	77.03	10290.3	134.4**	208.3**
نیتروژن × پتاسیم N×P	4	82.8	366.5**	120012.8**	11237.9	107.6*	303.3
سال× نیتروژن × پتاسیم Y×N×P	4	80.7	9.4	229.8*	5830.9	15	85.5
آبیاری× نیتروژن × پتاسیم I×N×P	4	108.1	357.2*	124960.6**	8825.01	18.1	170.7
سال× آبیاری× نیتروژن×پتاسیم Y×I×N×P	4	35.8	40.4	59.9**	6003.05	102.7**	39.1
خطای پتاسیم Error P	48	44.7	30.5	64.8	9159.6	23.6	36.5
ضریب تغییرات (%) C.V.		8.5	5.6	19.4	14.4	27.8	23

*و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

* and ** significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

ادامه جدول ۳-

Table 3- Continued

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	همی سلولز میانگره۳ Hemicellulose of 3th internode	سلولز میانگره۳ Cellulose of 3th internode	همی سلولز میانگره۴ Hemicellulose of 4th internode	سلولز میانگره ۴ Cellulose of 4th internode	عملکرد دانه Grain yield
سال Year	1	1.41	102.27*	0.48	17.2**	7038.04
بلوک در سال R(Y)	4	3.36	7.3	2.13	9.13	8844.9
آبیاری Irrigation	1	3675.6*	207.4*	93.24*	0.06	18019745*
سال×آبیاری Y×I	1	1.39	0.09	0.06	0.27	75769.2**
خطای عامل آبیاری Error I	4	1.23	1.91	3.14	2.08	1283.2
نیتروژن Nitrogen	2	26.2*	56.6*	323.7**	9.2*	30650436**
سال ×نیتروژن N×Y	2	0.77	1.02	1.3	0.15	5603.3
آبیاری× نیتروژن I×N	2	1208.6**	33.8	2044.6**	2.8	735150.2**
سال×آبیاری× نیتروژن Y×I×N	2	4.33	2.3	0.86	1.06	25495.2**
خطای نیتروژن Error N	16	1.3	0.68	1.47	1.1	3086.9
پتاسیم Potassium	2	1206.6**	83.08**	2937.1**	51.3*	37192780.9**
سال× پتاسیم Y×P	2	0.27	0.706	0.181	1.3	7780.02
آبیاری × پتاسیم I×P	2	1678**	10.4	267.9*	125.2**	140630.5**
سال× آبیاری × پتاسیم Y×I× P	2	0.45	0.764	2.8	0.69	646.5
نیتروژن × پتاسیم N×P	4	45.3**	122.25**	882**	95.4**	1088125.5**
سال× نیتروژن × پتاسیم Y×N×P	4	0.29	1.02	0.36	1.1	23840.4**
آبیاری× نیتروژن × پتاسیم I×N×P	4	1624.5**	198.5**	1994.2**	237.6**	119049.7**
سال×آبیاری× نیتروژن×پتاسیم Y×I×N×P	4	1.39	1.3	0.78	1.3	7441.9
خطای پتاسیم Error P	48	1.62	0.915	1.69	0.72	4622.6
ضریب تغییرات (%) C.V.		3.62	2.12	5.66	1.8	3.15

*و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

* and ** significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر رژیم آبیاری و کود پتاسیمی و نیتروژنه بر شاخص خوابیدگی میانگره ۴ و محتوای سلولز میانگره ۳ و ۴ سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷

Table 4- Analysis of variance for irrigation regims and potassium and nitrogen fertilizer on loading index internodes 4 and cellulose content between internodes 3 and 4 (2017 and 2018)

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	شاخص خوابیدگی میانگره ۴ سال ۱۳۹۶ Loading index of 34h internode 2017	شاخص خوابیدگی میانگره ۴ سال ۱۳۹۷ Loading index of 4th internode 2018	سلولز میانگره۳ سال ۱۳۹۶ Cellulose of 3th internode (%)	سلولز میانگره۳ سال ۱۳۹۷ Cellulose of 3th internode 2018	سلولز میانگره۴ سال ۱۳۹۶ Cellulose of 4th internode 2017	سلولز میانگره۴ سال ۱۳۹۷ Cellulose of 4th internode 2018
تکرار Replication	2	7.7	12.3	14.1**	0.5	17.5**	0.72
آبیاری Irrigation	1	215.3*	285.5	108.2**	99.3*	0.03	0.3
خطای عامل آبیاری Error I	2	8.9	77.4	0.09	3.7	0.05	4.11
نیتروژن Nitrogen	2	19.6	269.6*	28.16**	29.5**	4.8**	4.6
آبیاری× نیتروژن I×N	4	44.5	3.8	14.04**	22.1**	0.28	3.6
خطای عامل نیتروژن Error N	8	11.4	41.3	0.09	1.3	0.08	2.1
پتاسیم Potassium	2	352.7**	488.8**	34.7**	49.1**	21.3**	32.2**
آبیاری × پتاسیم I×P	2	616.7**	53	4.17**	7.1*	72.2**	53.7**
نیتروژن × پتاسیم N×P	4	266.3**	122.6	59.5**	63.7**	45.9**	50.6**
آبیاری× نیتروژن × پتاسیم I×N×P	4	99.9**	109.9	109.7**	90.1**	125.8**	113.1**
خطای پتاسیم Error P	24	24.9	48.1	0.11	1.7	0.124	1.31
ضریب تغییرات C.V.(%)		18.2	27.6	0.74	2.9	0.75	2.45

*و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

* and ** significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول ۵- مقایسه میانگین عملکرد، شاخص خوابیدگی میانگره، سلولز و همی سلولز در برنج رقم گیلانه

Table 5- Mean comparison for interaction effects of irrigation regimes and nitrogen and potassium levels on grain yield, loading index of internode, cellulose and hemicellulose in Gilaneh rice

دور آبیاری Irrigation Intervals (day)	نیتروژن Nitrogen	پتاس Potassium	شاخص خوابیدگی میانگره۴ Loading index of 4th internode (%)	سلولز میانگره ۳ (۱۳۹۶) Cellulose of 3th internode (%)2017	سلولز میانگره ۳ (۱۳۹۷) Cellulose of 3th internode (%)2018	سلولز میانگره ۴ (۱۳۹۶) Cellulose of 4th internode (%)2017	سلولز میانگره ۴ (۱۳۹۷) Cellulose of 4th internode (%)2018
0	0	0	18.9de	44.39d	40.5fg	45.99hi	45.27cd
0	60	0	20.1d	45.12f	43.49d	46.6h	46.04c
0	120	0	26c	47.61b	44.08d	46.32h	47.35b
0	0	80	13.3e	47.84c	47.99b	49.26d	48.67d
0	60	80	20.4d	47.89c	50.19a	49.86c	49.33h
0	120	80	18de	47.77c	47.68b	49.11ef	47.5b
0	0	160	23.4cd	47.49c	47.3b	47.26h	48.7b
0	60	160	29.8b	52.11a	48.13b	60.26a	60.02a
0	120	160	36ab	47.49c	46.63b	50.71b	48.44b
10	0	0	34.4b	31.77k	31.32h	41.73l	41.21f
10	60	0	33.4b	41.23ij	41.73f	43.52j	43.57de
10	120	0	41.7a	41.77h	41.72f	44.36jk	41.93ef
10	0	80	29bc	41.5h	44.89cd	42.38kl	43.84d
10	60	80	25.8c	45.05f	46.63bc	47.66g	44.51d
10	120	80	18.7d	44.5fg	47.1b	49.51de	47.27bc
10	0	160	25.2c	45.82de	46.44de	46.27h	45.85cd
10	60	160	38.7a	46.1d	44.17d	49.66cd	44.42d
10	120	160	41.2a	47.54c	45.23c	46.29h	46.14c
LSD (5%)			9.15	0.557	2.19	0.592	1.92

ادامه جدول ۵-

Table 5- Continued

دور آبیاری Irrigation Intervals (day)	نیتروژن Nitrogen	پتاس Potassium	گشتاور خمشی میانگره۳ Bending moment of 3th internode (g.cm)	همی‌سلولز میانگره۳ Hemicellulose of 3th internode (%)	همی‌سلولز میانگره۴ Hemicellulose of 4th internode (%)	عملکرد دانه Grain yield (kg h^{-1})
0	0	0	578.3b	62.96e	58.88h	967.7lm
0	60	0	599.2b	65.59d	67.91f	2388.4f
0	120	0	892.3a	61.05e	64.93f	2953.8d
0	0	80	490.8c	64.8d	63.27f	1486.2k
0	60	80	510.8b	65.5d	74.34cd	2873.5de
0	120	80	599.02b	63.9e	66.28f	3713.1a
0	0	160	438.2cd	74.8c	82.44b	1828.1hi
0	60	160	462.2c	87.07a	86.17a	3273.9b
0	120	160	546.3b	79.5b	75.84c	3286.6bc
10	0	0	222.08f	60.1f	39.44i	643.1o
10	60	0	252.6e	62.7e	62.41fg	1320.6l
10	120	0	375.7d	55.9g	63.77f	2458.7f
10	0	80	190.8f	64.1e	59.07h	905.4mn
10	60	80	252.3f	65.5d	63.41f	1835.6h
10	120	80	267.1e	63.03e	60.8gh	2904.2d
10	0	160	173.2f	61.3e	63.56f	1021.3l
10	60	160	184.5f	63.05e	70.39c	2388.5f
10	120	160	351.6de	64.4de	63.77f	2341.6fg
	LSD (5%)		13.2	2.09	2.13	111.57

References منابع مورد استفاده

- Akhgary, H. 2004. Rice; agronomy, ratooning, nutrition. Published: Islamic Azad University of Rasht (Iran). (In Persian).
- Alhassan, I., and A.M. Saddiqe. 2016. Effects of irrigation frequency and nitrogen fertilizer application on yield and water use efficiency of lowland rice (*Oryza sativa* L.) in Northeastern Nigeria. *MAYFEB Journal of Agricultural Science*. 4: 20-27.
- Allahgholipour, M., M. Kavousi, F. Majidi, M.R. Yazdani, N. Sharafi, and H. Shafie Sabet. 2018. Gilaneh, a new rice cultivar with origin of Iranian landrace varieties. Research Achievements for Field and Horticulture Crops. 7(2): 277-289. (In Persian).
- Amano, T., Q. Zhu, Y. Wang, N. Inoue, and H. Tanaka. 1993. Case studies on high yields of paddy rice in Jiangsu province, China. II. Analysis of characters related to lodging. *Journal Crop Science*. 62 (2): 275–281.
- Aminpanah, H., H. Sharifi, and A.A. Ebadi. 2018. Evaluation of drought stress response in some rice lines using stress tolerance indices. *Iranian Journal of Crop Research.* 16(1): 191-202. (In Persian).
- Anonymus. 2002. SAS. The SAS system for Windows. Release 9.0. SAS Inst., Cary, NC. US.
- Anonymus. 2019. Guilan meteorological quarterly statistics. 24 pp. (In Persian).
- Asadi, A., N. Mohammadian Roshan, A. Fallah, and S. M. Sadeghi. 2013. Evaluation of the effect of different levels of nitrogen fertilizers, silica and crop densities on rice index, yield and yield components of rice grain (*Oryza sativa* L.). National Passive Defense in Agriculture, Qeshm. (In Persian).
- Asadi, R., A. Alizadeh, H. Ansari, M. Kavousi, and A. Amiri. 2016. The effect of water and nitrogen consumption on yield, yield components and water productivity in rice cultivation. *Water Research in Agriculture*. 30(2): 157-145. (In Persian).
- Ashouri, M. 2012. The Effect of water saving irrigation and nitrogen fertilizer on rice production in paddy fields of Iran. *International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics*. 2(1): 56-59.
- Bagheri, R.H., R. Mobasser, A. Ghanbari-Malidarreh, and S. Dastan. 2011. Effect of seedling age and potassium rates on morphological traits related-lodging, yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.) In Iran. *American-Eurasian Journal Agriculture and Environmental Science*. 11 (2): 261-268. (In Persian).
- Bouman, B.A.M., S. Peng, A. R. Castaneda, and R. M. Visperas. 2005. Yield and water use of irrigated tropical aerobic rice systems. *Agricultural Water Management*. 74: 87-105.
- Broomand, M., M. Esfahani, M.R. Alizadeh, and A. Alami. 2013. Evaluation of morphological characteristics related to lodging in native and improved rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *Cereal Research*. 3(3): 181-195. (In Persian).
- Carmelita, M., R. Alberto, R. Wassmann, T. Hirano, A. Miyata, R. Hatano, A. Kumar, A. Padre, and M. Amante. 2011. Comparisons of energy balance and

evapotranspiration between flooded and aerobic rice fields in the Philippines. *Agricultural Water Management*. 98: 1417-1430.

- Dastan, S., M. Siavoshi, D. Zakavi, A. Ghanbari Malidarreh, R. Yadi, E. Ghorbannia Delavar, and A.R. Nasiri. 2012. Application of nitrogen and silicon rates on morphological and chemical lodging related characteristics in rice (*Oryza sativa* L.) at North of Iran. *Journal of Agricultural Science*. 4(6). 11-18. (In Persian).
- Esfahani, M., S.M. Sadrzadeh, M. Kavousi, and A. Dabbagh Mohammadinasab. 2005. Effects of different amounts of nitrogen and potassium fertilizers on the yield, yield components, and growth of Caspian rice cultivar. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 7(3):226-240. (In Persian).
- Faraji, F., M. Esfahani, M. Kavousi, M. Nahvi, and B. Rabiee. 2017. Effect of nitrogen fertilizer quantities and manner on growth and yield indices of Caspian rice. *Iranian Journal of Crop Science*. 43 (2): 333-323. (In Persian).
- Farazi, M., M. Goldani, M. Nasiriyah Mahallati, A. Nezami, and J. Rezaei. 2018. The effect of foliar application of silica and potash in addition to soil application of potassium on quantitative and qualitative yield of sugar beet under moisture stress. *Applied Research in Field Crops*. 31(3): 1-19. (In Persian).
- Farokh, A.R., M. Kavosi, A. Mehrdad lomar, T. Razavipour, and M, Rezaei. 2009. Influence of different levels of nitrogen and potassium on yield and its correlated traits in rice. *Journal of Crop Breeding*. 1(1): 54-66. (In Persian).
- Fusheing, L. 2006. Potassium and water interaction. International Workshop on Soil Potassium and K Fertilizer Management. Guangxi University, Nanning, China. Pp:1-32.
- Ghanbari, A., B. Fakheri, E. Amiri, and A. Tavassoli. 2014. Evaluation nitrogen and radiation use efficiency of wheat (*Triticum aestivum*) under irrigation levels. *Journal of Crop Ecophysiology*. 8(1): 41-56. (In Persian).
- Ghasemi Lemraski, M., G. Normohammadi, H. Madani, H. Heidari Sharifabad, and H.R. Mobaser. Effect of silicon and potassium foliar application and nitrogen rates on yield and yield components of Iranian rice cultivars, Tarom Hashemi and Tarom Mahalli. *New Finding in Agriculture*. 9(1): 47-66. (In Persian).
- Ghasemi Minaei, A., H.R. Mobser, H. Madani, and S. Dastan. 2011. Results of silica and potassium application on morphological characteristics of loading quantitative yield of Tarom Hashemi rice. *New Finding in Agriculture*. 5(4): 423-67435. (In Persian).
- Hoshikawa, K., and S.B. Wang. 1990. Studies on lodging in rice plant I: A general observation on lodged rice culms. *Japan Journal Crop Science*. 59(4): 809-814.
- Htun, K.M.M., S.S. Thein, S.S. Toe, and K.K. Ngwe. 2017. Effects of different rates of potassium fertilizer on rice productivity with or without rice husk ash in Minbya soil. *Journal of Agricultural Research*. 4(1). 30-38.
- Islam, M.S., S. Peng, R.M. Visperas, N. Erful, M.S.U. Bhuiya, and A.W. Julwquar. 2007. Lodging related morphological trait of hybrid rice in a tropical irrigated ecosystem. *Field Crops Research*. 101: 240-248.

- Jabran K., and B.S. Chauhan. 2015. Weed management in aerobic rice systems. *Crop Protection*. 78: 151-163.
- Ju, X.T., G.X. Xing, X.P. Chen, S.L. Zhang, L.J. Zhang, X.J. Liu, Z.L. Cui, B. Yin, P. Christiea, Z.L. Zhu, and F.S. Zhang. 2009. Reducing environmental risk byimproving N management in intensive Chinese agricultural systems. *Protection National Academic Science U. S. A.* 106: 3041–3046.
- Kashiwagi, T., H. Sasaki, and K. Ishimaru. 2005. Factors responsible for decreasing sturdiness of the lower part in lodging of rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Plant Production Science*. 8 (2): 166-172.
- Kavousi, M., and M. Allahgholipour. 2017. Effect of dividend and nitrogen fertilizer on growth and grain yield of two rice cultivars (*Oryza sativa*. L) (Gilaneh and Abji Boji). *Iranian Journal of Crop Sciences*. 2(19):165-180. (In Persian).
- Khosravi, Y., S. Dastan, H. Mobaser, and M. Nasri. 2011. Effects of nitrogen stress and cycocel application on versus-related properties and yield of rice grains in Tarom Dilmani cultivar. *Crop Production Research*. 3(4): 409-419. (In Persian).
- Kokubo, A., S. Kuraishi, and N. Sakurai. 1989. Culm strength of barley. *Plant Physiology*. 91: 876-882.
- Kono, M. 1995. Physiological aspects of lodging. In: Matsuo, T., K. Kumazawa, K. Ishii, K. Ishihara, and H. Hirata, (Eds.). Science of the Rice Plant. Vol. 2. Physiology, Food and Agriculture Policy Research Center. Tokyo, Japan.
- Leza, M.R.C., S. Peng, A.L. Sanico, R.M. Visperas, and S. Akita. 2001. Higher leaf area growth rate contributes to greater vegetative growth of F1 rice hybrids in the tropics. *Journal of Plant Production Science*. 4 (3): 184-188.
- Li, H.J., X.J. Zhang, W.J. Li, Z.J. Xu, and H. Xu. 2009. Lodging resistance in japonica rice varieties with different panicle types. *Chinese Journal of Rice Science*. 23(2): 191-196.
- Lopez, L.A.M., R.M. Rivera, O.R. Herrera, and W.T. Naval. 2019. Relatiohip between growth traits and yield formation in Indica-type rice crop. *Agronomy Mesoam.* 230(1):79-100.
- Mahajana, G.B., S. Chauhanb, J. Timsinab, P.P. Singha, and K. Singha. 2012. Crop performance and water and nitrogen use efficiencies in dry seeded rice in response to irrigation and fertilizer amounts in northwest India. *Field Crops Research*. 134: 59–70.
- Mahbub, M.A., M. Khanam, M.S. Rahman, M.A. Hossain, and A.R. Gomosta. 2006. Determination of lodging characters of some BRRI recommended rice varieties at three nitrogen levels during wet season in Bangladesh. *Bangladesh Journal of Botany*. 35: 117-124.
- Malakouti, M. J. 2000. Requirement for inhibition of potassium depletion from the paddy land soils of North Country. Ministry of Agriculture publication. Technical Issue. No: 62. (In Persian).

- Malakouti, M.J. 1999. Comprehensive method of diagnosis and the necessity of optimal use of chemical fertilizers. Fourth Edition. Tarbiat Modares University Scientific Works Publishing Office. 131p. (In Persian).
- Mohammadi, S., M. Nahvi, and A. Mohadesi. 2013. The effect of irrigation interval on vegetative different stage on yield component in rice line and varieties. *Agronomy Journal.* 107: 108-114.
- Mousavi, S.Gh., U.L. Mohammadi, R. Baradaran, M.J. Saghafe-Islami, and E. Amiri. 2015. The effect of nitrogen fertilizer amounts on morphological traits, yield and yield components of three rice cultivars. *Iranian Journal of Crop Research.* 13 (1). 146-152. (In Persian).
- Pandey, V., and A. Shukla. 2015. Acclimation and tolerance strategies of rice under drought stress. *Rice Science*. 22(4). 147-161.
- Quampah, A., R.M. Wang, I.H. Shamsi, G. Jilani, Q. Zhang, S. Hua, and H. Xu. 2011. Improving water productivity by potassium application in various rice genotypes. *International Journal Agriculture Biology*. 13: 9–17.
- Rezaei, A. 2010. Investigation of the effects of silica and potassium in two planting arrangements on agronomic and morphological characteristics of Tarom Mahali cultivar. Master Thesis in Agriculture. Islamic Azad University (*Oryza stiva* L.) affiliated to Vers in rice of Ghaemshahr Branch. 102 Pp. (In Persian).
- Sadati Valojai, S.T., Y. Niknejad, H. Fallah and D. Barari Tari. 2021. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium nano- fertilizers on growth and seed of two rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *Journal of Crop Ecophysiology.* 15(1): 37-56. (In Persian).
- Sarmadnia, Gh., and A. Kochaki. 1990. Crop physiology. University of Mashhad Press. (In Persian).
- Shomali, R., A.A. Abdolzadeh, G.R. Haddadchi, and H.R. Sadeghipour. 2007. Effect of different potassium and iron concentration on growth, ion contents and some biochemical parameters in rice (var. Tarem). *Agronomy and Plant Breeding*. 14(5):15-31. (In Persian).
- Sommer, M., D. Kaczorek, Y. Kuzyakov, and J. Breuer. 2006. Silicon pools and fluxes in soils and landscapes- a review. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 169: 310-329.
- Tabbal, D.F., B.A.M. Bouman, S.L. Bhuiyan, E.B. Sibayan, and M.A. Sattar. 2002. On-farm strategies for reducing water input in irrigated rice; case studies in the Philippines. *Agriculture Water Management*. 56. 93–112.
- Velaei, A., M. Yousefi Deylami, M. Nasiri, and M. Omrani. 2018. Rice weed management executive instructions. *Plant Protection Organization*. 970958.
- Wang, Zh., B. Weiyang, S. Sarah, H. Zhang, L. Liu, J. Yang, and J. Zhang. 2016. Grain yield, water and nitrogen use efficiencies of rice as influencedby irrigation regimes and their interaction with nitrogen rates. *Field Crops Research*. 193: 54–69.

- Williams, J., and S.G. Smith. 2001. Correcting potassium deficiency can reduce rice stem diseases. *Better Crop*. 85: 7-9.
- Yazdpour, H. 2014. The role of nanosilicon and other sources of silica in nitrogen and phosphorus absorption, wort index and quantitative and qualitative yield of rice (*Oryza sativa* L.). Ph.D. Thesis in Agriculture, Physiology of Crops. Agriculture and natural resources. Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran. 275 Pp. (In Persian).
- Zaman, U., Z. Ahmad1, M. Farooq, S. Saeed, M. Ahmad, and A. Wakeel. 2015. Potassium fertilization may improve stem strength and yield of basnati rice grown on nitrogen-fertilized soils. *Pakistan Journal Agriculture Science*. 52(2): 437-443.
- Zhong, C,. X. Cao, Zh. Bai, J. Zhang, L. Zhu, and J. Qianyu. 2017. Nitrogen metabolism correlates with the acclimation of photosynthesis toshort-term water stress in rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Physiology and Biochemis*try. 125: 52–62.

Research Article DOI: 10.30495/jcep.2022.689802

Effects of Potassium and Nitrogen Fertilizer Applications on Yield and Lodging of Rice (*Oryza sativa* L.) under Different Irrigation Regimes

Zahra Rabiei[1], Naser Mohammadin Roshan[2]*, Seyyed Mostafa Sadeghi[3], Ebrahim Amiri [4] and HamidReza Doroudian[2]

Received: January 2021, Revised: 29 April 2021, Accepted: 15August 2021

Abstract

To evaluate the effects of potassium and nitrogen fertilizers on yield and lodging characteristics of Gilaneh rice cultivar under two irrigation regimes (permanent flooding and irrigation with to 10 days interval) a field split split plot experiment based on complete randomized block design with 3 replications in Rasht. Nitrogen and potassium fertilizers used were at the 0, 60 and 120 kg.ha^{-1} and 0, 80 and 160 kg.ha^{-1} as sub and sub sub factor, respectively. The results showed that the highest seed yield obtained about 3713 kg.ha^{-1} from permanent flooding with the application of 120 kg.ha^{-1} of nitrogen fertilizer and 80 kg.ha^{-1} of potassium fertilizer and the lowest yield 634 kg.ha^{-1} from 10 days irrigation interval, without using of potassium and nitrogen fertilizers. The 10-day irrigation interval reduced the bending moment of the internode 4 by 40%. With increasing the rate of potassium fertilizer, the lodging index of intermediate 4 decreased, which was due to the increase of cellulose content by 60% in this intermediate. Increasing nitrogen and potassium fertilizers decreased the lodging index at internodes 3 and 4. Irrigation at 10 days intervals decreased plant height, internode bending moment, cellulose and hemicellulose and seed yield It increased lodging index of intermediate, butincreasing fertilizer levels in both irrigation regimes had adverse effect on the traits under study.

Key words: Cellulose, Loading, Potassium, Rice, Yield.

1- Ph.D. Student of Agronomy, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran.
2- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan,Iran.
3- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran.
4- Professor, Department of Water Engineering, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan,Iran.
**Corresponding Author: Nmroshan71@yahoo.com*