تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۱، شماره ۹، آذر ماه ۱۳۹۹ (ص ۲۳۹۲-۲۳۷۹) DOI: 10.22059/ijswr.2020.303674.668635

The Effect of Phosphorous Fertilizer splitting on Morphological Charcters, Yield, and Yield Components of Two Rice *(Oryza sativa* L.*)* Cultivars (Hashemi and Guilaneh)

FATEMEH DAEMI[1], SHAHRAM MAHMOUD SOLTANI[2*], MASOOD ESFEHANI[3], MAJID MAJIDIAN[3]
1. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.
2. Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research Education and Extention Organization (AREEO), Rasht, Iran.
(Received: June. 6, 2020- Revised: July. 14, 2020- Accepted: July. 18, 2020)

ABSTRACT

Phosphorus (P), is the second important nutrient for rice that its deficiency and low application efficiency causes severe nutrient disorder in the world paddy fields. Therefore, the effect of phosphorus fertilizer splitting on morphological characters, yield, and yield components of two rice cultivars (Hashemi and Guilaneh) in two soil type was investigated by a factorial experiment in a randomized complete block design with three replications. The experimental factors included time division of phosphorus fertilizer at five levels, two soil types, and two rice varieties (local Hashemi and modified Guilaneh). Results showed that the grain yield of Hashemi cultivar in two-division treatment (50% at the base and 50% at 60th day after transplantion) incresed 14.9% and the grain yield of Guilaneh cultivar in two-division treatment (50% at the base and 50% at 20th day after transplantion) incresed 8.42% as compared to the base application treatment. The maximum increase in filled grain percentages were found to be 9.1% for Hashemi cultivar and two-division treatment (50% at the base and 50% at 20th day after transplanting) and 18.3% for Guilaneh cultivar and two-division treatment (50% at the base and 50% at 60th day after transplanting) in silty clay soil. Hence, the two-split application of P might be a solution to enhance the rice grain yield at paddy field conditions.

Key words: Local Cultivar, Macronutrient, Modified Cultivar, Morphological Characters.

*Corresponding Author's Email: shmsoltani@gmail.com

اثر تقسیط کود فسفر بر خصوصیات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم برنج (*Oryza sativa* L.) (هاشمی و گیلانه)

فاطمه دائمی[۱]، شهرام محمودسلطانی*[۲]، مسعود اصفهانی[۱] و مجید مجیدیان[۱]

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

۲. موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۳/۱۷- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۴/۲۴- تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۴/۲۸)

چکیده

فسفر دومین عنصر پرمصرف موردنیاز برنج بوده که اثرات ناشی از کمبود آن و راندمان مصرف پایین آن اختلالات تغذیه‌ای شدیدی را در اراضی شالیزاری جهان ایجاد می‌کند. بنابراین اثر تقسیط کود فسفر بر صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام برنج هاشمی و گیلانه در دو نوع خاک در آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. فاکتورهای آزمایش شامل زمان‌های مختلف کود فسفر در پنج سطح، نوع خاک در دو سطح و فاکتور رقم شامل دو رقم برنج هاشمی (محلی) و گیلانه (اصلاح‌شده) بودند. نتایج نشان داد که عملکرد دانه رقم برنج هاشمی در تیمار مصرف کود فسفرِ در دو تقسیط ۵۰ درصد پایه و ۵۰ درصد ۶۰ روز پس از نشاکاری، ۱۴/۹ درصد و عملکرد دانه رقم برنج گیلانه در تیمار مصرف کود فسفرِ در دو تقسیط ۵۰ درصد پایه و ۵۰ درصد ۲۰ روز پس از نشاکاری، ۸/۴۲ درصد در مقایسه با مصرف پایه افزایش داشته است. بیشترین افزایش در صفت درصد دانه‌های پر در هر دو رقم برنج مورد آزمایش در خاک سیلتی رس و تقسیط دو مرحله‌ای و به ترتیب ۹/۱ درصد (۵۰ درصد پایه و ۵۰ درصد ۲۰ روز پس از نشاکاری) در هاشمی و ۱۸/۳ درصد (۵۰ درصد پایه و ۵۰ درصد ۶۰ روز پس از نشاکاری) در رقم گیلانه دیده شده است. بنابراین می‌توان به تقسیط فسفر دو مرحله‌ای به‌عنوان راهکاری برای افزایش عملکرد در اراضی شالیزاری نگریست.

واژه‌های کلیدی: عناصر پرمصرف، صفات مورفولوژیک، رقم محلی، رقم اصلاح‌شده.

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) یکی از غذاهای اصلی بیش از نیمی از جمعیت جهان، به‌ویژه در آسیا و آفریقاست که در این مناطق بیش از ۹۰ درصد برنج تولیدی، مصرف نیز می‌شود (FAO, 2018؛ Alloway, 2009). برنج ۲۱ درصد از انرژی و ۲۵ درصد از پروتئین موردنیاز جمعیت‌های انسانی در کشورهای برنج‌خیز جهان را فراهم می‌کند (FAO, 2018). با توجه به روند رو به افزایش جمعیت جهان، طبق آمارهای سازمان خواروبار جهانی (فائو) تا سال ۲۰۲۵ به ۷۶۰ میلیون تن شلتوک نیاز خواهد بود تا بتوان میزان تقاضای جمعیت جهان را به این منبع مهم غذایی تأمین نمود. این در حالی است که بیشتر شالیزارهای موجود مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند (FAO, 2018). بنابراین استفاده کارآمدتر از زمین‌های زراعی موجود از طریق افزایش عملکرد در واحد سطح برای توسعه پایدار کشاورزی بسیار ضروری است (FAO, 2018).

فسفر پس از نیتروژن یکی از عوامل مهم محدودکننده رشد و نمو گیاه برنج بوده و کمبود آن تأثیر بسیار شدیدی بر عملکرد برنج خواهد داشت. فسفر در کلیه فرآیندهای بیوشیمیایی و ترکیبات انرژی‌زا دخالت دارد. افزون بر آن فسفر جزئی از پروتئین یاخته بوده و به‌عنوان بخشی از پروتئین هسته، غشای یاخته‌ای و اسیدهای نوکلئیک، نقشی ویژه در رشد گیاهان دارد. همچنین فسفر نقش حیاتی در رشد گیاه، افزایش تعداد پنجه‌ها، تشکیل دانه‌های گرده و تشکیل اندام‌های زایشی و تشکیل گل و دانه‌بندی گیاه، افزایش تعداد خوشه‌چه در خوشه و افزایش تعداد دانه پر در خوشه، افزایش وزن کاه و دانه و افزایش عملکرد و شاخص برداشت گیاه برنج دارد (Amanullah and Inamullah, 2016). ولی علی‌رغم اهمیت حیاتی فسفر برای کشت برنج در اراضی شالیزاری، بازیافت آن در خاک‌های کشاورزی بسیار پایین و از ۲۵٪ فسفر افزوده‌شده نیز کمتر بوده و باقیمانده آن به شکل‌های مختلف در خاک تثبیت و یا با ورود به چرخه هیدرولوژیکی از دسترس گیاه در فصل رشد خارج می‌شود (Grotz and Guerinot, 2002؛ Malakoti and Kavoosi, 2004).

* نویسنده مسئول: shmsoltani@gmail.com

مقـدار برداشـت فسفر از خاک توسط گیاه کم بوده و برنج با عملکـرد ۸ تن دانه و کاه در هکتار، ۲۲ کیلوگرم فسـفر در هکتـار از خاک برداشت می‌کند (Malakoti and Kavoosi, 2004). شکل‌های مختلف فسفر در خاک می‌توانند بر حاصلخیزی خاک و فسفر قابل‌استفاده تأثیر داشته باشد. Malakooti and Kavoosi (2004) حد بحرانی فسفر قابل‌استفاده در اراضی شالیزاری را ۱۲ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک اعلام نموده‌اند.

Mahmoudsoltani et al. (2019) در بررسی نمودارهای تغییرات فسفر قابل‌جذب طی زمان در خاک‌های شالیزاری نشان دادند که سرعت کاهش فسفر خاک در مراحل اولیه (تا ۴۸ ساعت پس از افزودن آن به خاک) سریع و سپس با گذشت زمان (تا ۲۸۸ ساعت) به‌تدریج کاهش یافته و این روند تا ۶۰۰ ساعت ادامه داشته و پس از آن کاهش مقدار فسفر با سرعت تقریباً ثابتی ادامه می‌یابد. نتایج این بررسی بر کاهش ۵۰ درصدی فسفر افزوده‌شده در ۳۰۰ ساعت یا ۱۲ روز (مرحله رویشی) و ۷۰ درصدی شده در حدود ۱۴۰۰ ساعت یا دو ماه (شروع مرحله زایشی گیاه برنج) فسفر افزوده تأکید دارد. این فرآیندها با توجه به نوع کاربرد آن (پیش از فصل و به‌صورت مخلوط با خاک) شدت بیشتری یافته و نیاز است تا برای جلوگیری کاهش فسفر قابل‌جذب در خاک شالیزاری، با بررسی روند تغییرات شیمیایی فسفر قابل‌جذب از زمان کاربرد کودهای شیمیایی تا انتهای فصل رشد در خاک‌های شالیزاری و تحت شرایط غرقابی راه‌حل‌های کاربردی مناسب (زمان مناسب کاربرد و امکان تقسیط) پیشنهاد شود.

مطالعات متعددی بر این نکته تأکید دارند که تقسیط فسفر می‌تواند یکی از راه‌های پیشرو برای مقابله با مشکل کاهش فسفر قابل‌جذب خاک و راندمان مصرف پایین کودهای فسفر در اراضی شالیزاری باشد. Singh et al. (1988) نشان دادند که کاربرد کود فسفر در تقسیط سه مرحله‌ای به‌طور معنی‌داری سبب افزایش عملکرد دانه و کاه، تعداد و وزن خوشه، غلظت نیتروژن و جذب آن در برنج در مقایسه با کاربرد پایه‌ای آن شده است. در این مطالعه با تقسیط ۸۸ کیلوگرم فسفر در هکتار در سه مرحله، ۱۰ درصد افزایش عملکرد دانه و ۱۳ درصد افزایش عملکرد کاه در مقایسه با کاربرد فسفر در یک نوبت مشاهده شد. در پژوهشی دیگر توسط Archana et al. (2016) در هند با تقسیط ۸۵ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 در دو مرحله (۵۰ درصد کاربرد پایه و ۵۰ درصد اوایل پنجه‌زنی) افزایشی در حدود ۲۰ درصد در عملکرد دانه را گزارش کرده‌اند. نتایج مشابهی برای تقسیط‌های دو و سه مرحله‌ای توسط Yadav et al. (2004) نیز گزارش شده است. Babu et al. (2005)، Meena et al. (2014)، Kumar et al. (2015) و Archana et al. (2016) نشان دادند که علاوه بر افزایش عملکرد و یا عدم افزایش عملکرد، با تقسیط کود فسفره می‌توان تا ۲۵ درصد در مقدار کود فسفره در مزارع کشاورزان صرفه‌جویی کرد. بنابراین، این پژوهش (گلدانی) با اهداف بررسی امکان تقسیط فسفر در خاک‌های شالیزاری در شرایط غرقابی، دستیابی به زمان مناسب تقسیط کود و همچنین بررسی تأثیر تقسیط کود فسفر بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم برنج هاشمی (محلی) و گیلانه (اصلاح‌شده) در دو نوع خاک به مرحله اجرا در آمد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و به‌صورت کاشت گلدانی گیاه برنج در هوای آزاد در بهار و تابستان سال ۱۳۹۷ در موسسه تحقیقات برنج کشور، رشت انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل زمان‌های مختلف کود فسفر در پنج سطح، نوع خاک در دو سطح و فاکتور رقم شامل دو رقم برنج هاشمی (محلی) و گیلانه (اصلاح‌شده) بودند. در این آزمایش، بر اساس نتایج ثبت‌شده در بانک اطلاعاتی بخش تحقیقات خاک واب موسسه تحقیقات برنج کشور، ۲۰ نمونه از خاک‌های شالیزاری استان گیلان و با گستره خصوصیات فیزیکی و شیمیایی متفاوت، انتخاب و نمونه‌برداری شدند. پس از تعیین برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن مانند بافت خاک، اسیدیته عصاره اشباع، محتوای کربن آلی، فسفر و پتاسیم قابل‌جذب و روی قابل‌جذب از بین نمونه‌ها دو نمونه خاک لومی- سیلتی و رسی- سیلتی با فسفر قابل‌جذب کمتر از آستانه بحرانی از منطقه سیاهکل انتخاب و برای آزمایش مورداستفاده قرار گرفتند. مقدار آستانه بحرانی فسفر قابل‌جذب خاک در اراضی شالیزاری ۱۲ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک است(Malakooti and Kavoosi, 2004). دو نمونه خاک انتخابی (جدول ۱) هوا خشک و خرد شده و از الک دو میلی‌متری عبور داده شده و به مقدار ۲۰ کیلوگرم در گلدان‌های پلاستیکی با حجم ۲۹ لیتر ریخته شدند. کود پتاسیم به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم اکسید پتاسیم (K_2O) در هکتار از منبع سولفات پتاسیم پیش از نشاکاری به کلیه کرت‌ها اضافه شد. کود نیتروژن به مقدار۶۰ و ۷۵ کیلوگرم نیتروژن از منبع اوره به ترتیب برای رقم هاشمی و گیلانه و در سه مرحله پیش از نشاکاری، در مرحله وجین و در مرحله تشکیل جوانه اولیه خوشه به کرت‌ها افزوده گردید. کود فسفره نیز به مقدار ۴۵ کیلوگرم در هکتار پنتا اکسید فسفر (P_2O_5) از منبع سوپرفسفات تریپل بر اساس تیمارهای آزمایش به خاک افزوده و به‌خوبی مخلوط گردید. پس از غرقاب نمودن و گلخراب کردن خاک‌های گلدان‌ها و قرار دادن آب به ارتفاع پنج سانتی‌متر از سطح خاک، نشاکاری در هر گلدان با سه گیاهچه برای هر دو رقم برنج هاشمی

و گیلانه انجام شد. تیمارهای کود فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل عبارتند از: P_1 (بدون مصرف کود؛ شاهد)، P_2 (۱۰۰ درصد مصرف کود فسفر به‌صورت پایه)، P_3 (تقسیط دومرحله‌ای کود فسفر؛ ۵۰ درصد پایه و ۵۰ درصد ۲۰ روز بعد از نشاکاری)، P_4 (تقسیط دومرحله‌ای کود فسفر؛ ۵۰ درصد پایه و ۵۰ درصد ۶۰ روز بعد از نشاکاری) و P_5 (تقسیط سه مرحله‌ای کود فسفر؛ ۵۰ درصد پایه و ۲۵ درصد ۲۰ روز بعد از نشاکاری و ۲۵ درصد ۶۰ روز بعد از نشاکاری).

جدول ۱- ویژگی فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد آزمایش

نوع خاک	فسفر قابل‌جذب ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم قابل‌جذب ($mg.kg^{-1}$)	روی قابل‌جذب ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن کل (درصد)	کربن آلی (درصد)	اسیدیته گل اشباع	هدایت الکتریکی عصاره اشباع ($dS.m^{-1}$)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	رس (درصد)
لومی سیلتی و دارای کمبود شدید فسفر	۳/۱	۷۵	۲/۱	۰/۱	۱/۳۵	۷/۱۸	۰/۵۱	۵۳	۲۳	۲۴
سیلت رسی و دارای کمبود شدید فسفر	۶/۹	۹۵	۱۶/۲	۰/۲	۲/۰۲	۶/۵۳	۰/۶۲	۴۶	۸	۴۶

در حین انجام آزمایش و بر اساس مراحل مختلف رشد برنج (پنجه‌زنی، گلدهی و رسیدن دانه) و در هنگام برداشت و برای اندازه‌گیری صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی مانند ارتفاع بوته، طول خوشه، وزن خوشه، طول پدانکل و طول پنالتیمیت، طول و عرض برگ پرچم، طول و عرض دانه برنج سفید و وزن حجمی دانه از هر گلدان تعداد پنج ساقه اصلی مورد نمونه‌برداری قرار گرفتند. سایر صفات گیاهی شامل تعداد کل پنجه‌ها در مرحله پنجه‌دهی، تعداد پنجه در بوته در مرحله رسیدگی، تعداد پنجه بارور در بوته، تعداد پنجه غیر بارور، درصد باروری پنجه‌ها، درصد باروری خوشه و شاخص برداشت خوشه نیز مورد ارزیابی قرار گرفتند. صفات مرتبط با عملکرد و اجزای عملکرد شامل وزن هزاردانه، عملکرد تک بوته، تعداد دانه در خوشه، تعداد دانه پر در خوشه، تعداد دانه پوک در خوشه، فراوانی تعداد دانه در خوشه، درصد پوکی، درصد دانه‌های پر، وزن خشک اندام‌های هوایی، وزن خشک کل، شاخص برداشت اندام هوایی، شاخص برداشت کل (با ریشه) در زمان برداشت نیز اندازه‌گیری و محاسبه شدند. برای محاسبه طول و عرض برگ پرچم در زمان حداکثر توسعه برگ پرچم در ساقه‌های اصلی در هرگلدان طول و عرض آن اندازه‌گیری شد. مساحت برگ پرچم با استفاده از رابطه پیشنهادی Rawson et al. (1998) و با اندازه‌گیری طول و عرض برگ پرچم و با استفاده از روابط زیر محاسبه شد.

(رابطه ۱)

مساحت برگ پرچم برنج رقم گیلانه = طول برگ × عرض برگ × 0.75

(رابطه ۲)

مساحت برگ پرچم برنج رقم هاشمی = طول برگ × عرض برگ × 0.84

همچنین پس از اندازه‌گیری و گردآوری داده‌ها ابتدا داده‌ها با آزمون کولموگرف-اسمیرونوف نرمال و پس از اطمینان از یکنواخت بودن اشتباه آزمایشی به کمک آزمون بارتلت، تجزیه واریانس تیمارها انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از روش حداقل اختلافات معنی‌دار (LSD) انجام شد. کلیه محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزارهای SAS صورت پذیرفت. برای ترسیم و برازش شکل‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

خصوصیات مورفولوژیک

نتایج تجزیه واریانس مندرج در جدول (۲) نشان داد که اثر رقم بر تمامی صفات مورفولوژیک اندازه‌گیری شده به‌استثنای تعداد پنجه غیر بارور و درصد باروری پنجه در سطح احتمال یک درصد ($P\leq0.01$) معنی‌دار بود. این در حالی است که اثر نوع خاک فقط بر ارتفاع بوته ($P\leq0.05$)، تعداد کل پنجه در مرحله حداکثر پنجه‌زنی، مرحله رسیدن دانه و تعداد پنجه بارور ($P\leq0.01$) و طول پدانکل و پنالتیمت ($P\leq0.01$) معنی‌دار بوده و بر سایر صفات تأثیر نداشته است. همچنین تیمار زمان‌های مختلف مصرف کود فسفر بر تمام صفات مورفولوژیک به‌استثنای تعداد پنجه غیر بارور و درصد باروری پنجه، و عرض برگ پرچم به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ($P\leq0.01$) تأثیرگذار بوده است. اثر متقابل رقم و نوع خاک تنها بر ارتفاع بوته ($P\leq0.01$)، طول خوشه ($P\leq0.05$)، طول برگ پرچم ، ($P\leq0.01$)، طول پدانکل ($P\leq0.01$) تأثیر معنی‌دار داشته و بر سایر صفات تأثیر معنی‌دار نداشته است. این در حالی است که برهمکنش رقم و تیمار فسفر و نیز برهمکنش نوع خاک و تیمار فسفر در رفتاری مشابه بر همه صفات اندازه‌گیری شده به‌استثنای تعداد پنجه غیر بارور، درصد باروری پنجه ، عرض برگ پرچم مساحت برگ پرچم در رقم هاشمی و گیلانه در سطح احتمال ۵ و یک درصد تأثیر معنی‌داری داشت. همچنین نتایج نشان داد که اثر متقابل رقم، نوع خاک و زمان مصرف فسفر به‌استثنای تعداد پنجه در مرحله حداکثر پنجه‌زنی و رسیدن دانه که تأثیر معنی‌داری از این برهمکنش نمی‌پذیرد در

سایر موارد رفتاری مانند برهمکنش رقم و تیمار زمان مصرف فسفر و برهمکنش نوع خاک و تیمار زمان مصرف داشته است.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک دو رقم برنج (هاشمی و گیلانه) در دو نوع خاک (سیلتی رس و سیلتی لومی) در تیمارهای مختلف تقسیط کود فسفر

منابع تغییر		میانگین مربعات					
	DF	PH	PL	T1	T2	FTN	UFTN
تکرار	۲	۶/۵۲۹ ns	۱ ns	۶۰/۰۵ ns	۲/۲۱ ns	۹/۳۱ ns	۲/۸۶ ns
رقم	۱	۸۳/۱۳۸ **	۴۵۹/۴۳ **	۱۲۴۲/۵۸ **	۴۸۲/۰۱ **	۴۶۸۱/۶۶**	۱/۶۶ ns
نوع خاک	۱	۸۳/۱۹*	۰/۶۳ ns	۱۲۰/۴۱ **	۱۸۳/۷۵ **	۱۲۹/۰۶**	۴/۲۶ns
تقسیط فسفر	۴	۸۳/۲۷ **	۲/۶۶ **	۱۴۹/۱۵ **	۶۳/۶۴ **	۵۸/۶۰۸**	۱/۴۱ns
رقم×نوع خاک	۱	۵۵/۱۰ **	۲/۶۸ *	۷/۳۵ ns	۷/۳۵ ns	۵/۴۰ ns	۰/۰۶ns
رقم× تقسیط فسفر	۴	۱۰/۴۲*	۲/۹۰ *	۴۲/۴۸**	۳۸/۹۷**	۴۱/۲۹**	۰/۹۱ns
نوع خاک× تقسیط فسفر	۴	۸۲/۱۲ **	۱/۶۴ *	۲۳/۵۸ **	۵۱/۷۹ **	۵۴/۹۴**	۲/۵۱ns
رقم×نوع خاک× تقسیط فسفر	۴	۴۱/۵۸ **	۲/۵۸ **	۱۰/۵۱ **	۸/۰۵ ns	۵/۳۵ ns	۰/۳۱ns
خطا	۳۸	۳/۳۸	۰/۶۵	۳/۹۴	۴/۳۰	۶/۶۶	۱/۳۹
ضریب تغییرات (درصد)		۱/۳۹	۰/۹۳	۶/۳۶	۴/۳۹	۵/۵۴	۱۷۷/۰۳

PH، PL، T1، T2، FTN، UFTN، TFP، FLL، FLAH،FLW، FLAG، PED و PEN به ترتیب عبارتند از ارتفاع بوته، طول خوشه، تعداد کل پنجه‌ها در مرحله پنجه دهی، تعداد کل پنجه‌ها در مرحله رسیدن دانه، تعداد پنجه بارور، تعداد پنجه غیر بارور، درصد باروری پنجه‌ها، طول برگ پرچم، عرض برگ پرچم، مساحت برگ پرچم رقم برنج هاشمی، مساحت برگ پرچم رقم برنج گیلانه، طول پدانکل و طول پنالتیمت؛ *: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و ns: غیر معنی‌دار

ادامه جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک دو رقم برنج (هاشمی و گیلانه) در دو نوع خاک (سیلتی رس و سیلتی لومی) در تیمارهای گوناگون مختلف تقسیط کود فسفر

منابع تغییر		میانگین مربعات						
	DF	TFP	FLL	FLW	FLAH	FLAG	PED	PEN
تکرار	۲	۱۱/۰۰ ns	۰/۸۸ ns	۰/۰۳ ns	۳۴/۶۳ns	۲۷/۶۱ns	۰/۲۹ ns	۰/۲۹ ns
رقم	۱	۰/۳۱ ns	۱۹/۹۵**	۰/۶**	۲۵۸/۵۴ **	۲۰۶/۱۱ **	۱۳۸/۰۱**	۱۳۸/۰۱**
نوع خاک	۱	۲۰/۰۷ns	۳/۰۸ ns	۰/۰۰ns	۱۰/۵۵ns	۸/۴ns	۱۳/۲۱**	۱۳/۲۱**
تقسیط فسفر	۴	۶/۷۴ns	۱۸۰/۲۴ **	۰/۰۱ ns	۵۶/۶۶*	۴۵/۱۷*	۱/۸۱**	۱/۸۱**
رقم×نوع خاک	۱	۰/۱۲ns	۸۴/۰۱**	۰/۰۰ ns	۵۹/۴۳ns	۴۷/۳۸ns	۰/۸۱ ns	۰/۸۱**
رقم× تقسیط فسفر	۴	۴/۷۶ns	۱۴۹/۲۶**	۰/۰۲ ns	۸۸/۴۵**	۷۰/۵۱**	۱/۵۹**	۱/۵۹**
نوع خاک× تقسیط فسفر	۴	۱۳/۱۷ns	۱۶۶/۲۶**	۰/۰۰ns	۶۵/۸۱*	۵۲/۴۶**	۲/۳۴**	۲/۳۴**
رقم×نوع خاک× تقسیط فسفر	۴	۳/۳۸ns	۵۶۲/۸۸**	۰/۰۳ ns	۲۸۸/۶۲**	۲۳۰/۰۹**	۲/۷۵**	۲/۷۵**
خطا	۳۸	۶/۹۷	۳/۰۴	۰/۰۱	۲۲/۷۱	۱۸/۱۰	۰/۴۶	۰/۴۶
ضریب تغییرات (درصد)		۲/۶۴	۵/۶۱	۹/۸۱	۱۴/۴۲	۱۴/۴۲	۵/۰۷	۵/۰۷

PH، PL، T1، T2، FTN، UFTN، TFP، FLL، FLAH،FLW، FLAG، PED و PEN به ترتیب عبارتند از ارتفاع بوته، طول خوشه، تعداد کل پنجه‌ها در مرحله پنجه دهی، تعداد کل پنجه‌ها در مرحله رسیدن دانه، تعداد پنجه بارور، تعداد پنجه غیر بارور، درصد باروری پنجه‌ها، طول برگ پرچم، عرض برگ پرچم، مساحت برگ پرچم رقم برنج هاشمی، مساحت برگ پرچم رقم برنج گیلانه، طول پدانکل و طول پنالتیمت؛ *: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و ns: غیر معنی‌دار

بیشترین ارتفاع بوته (۱۵۳سانتیمتر)، طول خوشه (۳۱/۳ سانتیمتر) ، طول پدانکل (۱۷/۰ سانتیمتر) و پنالتیمت (۴۷/۰ سانتیمتر) در رقم هاشمی و بیشترین طول برگ پرچم (۴۲/۷ سانتیمتر)، عرض برگ پرچم (۱/۴ سانتیمتر)، تعداد پنجه در مرحله حداکثر پنجه‌زنی (۱۳/۶) و رسیدن دانه (۱/۸)، تعداد پنجه بارور (۱۹/۷) و مساحت برگ پرچم (۵۰/۷ سانتی مترمربع) در رقم گیلانه به ثبت رسیده است (جدول ۳). اختلافات ژنتیکی این ارقام می‌تواند علت تفاوت صفات مورفولوژیکی مذکور باشد به‌طوری که از خصوصیات ارقام بومی مانند ارقام هاشمی ارتفاع بوته، طول پدانکل و پنالتیمت بالاتر در مقایسه با ارقام اصلاح‌شده است در حالی که تعداد پنجه‌زنی، طول و عرض برگ پرچم ارقام اصلاح‌شده مانند رقم گیلانه نسبت به ارقام بومی بیشتر است (جدول ۳). Mannan et al. (2010) و Moosavi et al. (2015) بر تأثیر خصوصیات ژنتیکی ارقام بر بسیاری از صفات گیاه برنج تأکید دارند. همچنین Niknejad et al. (2009) بیان کرد که طول و عرض برگ پرچم ارقام اصلاح‌شده بیشتر از ارقام محلی است، که این موضوع تأثیر بسزایی در افزایش عملکرد آنها در مقایسه با ارقام محلی ایفا می‌کند.

همچنین برای هر دو رقم هاشمی و گیلانه، در بیشتر موارد بیشینه مقادیر این صفات مورفولوژیک در خاک لومی- سیلتی (با وزن مخصوص ۰/۸۲ گرم بر سانتیمتر مکعب) در مقایسه با خاک رسی- سیلتی (با وزن مخصوص ۰/۷۵ گرم بر سانتیمتر مکعب) بدست آمده است. به نظر می‌رسد تراکم خاک کمتر با مقاومت کمتر خاک در مقابل نفوذ ریشه گیاه برنج سبب صفات ریشه‌ای بهتر و صفات مورفولوژیک بالاتر و شاخساره برتر با عملکرد دانه بالاتر در هر دو رقم (هاشمی و گیلانه) در خاک لومی- سیلتی می‌شود چراکه فسفر در خاک عنصری پویا نبوده و برای جذب به گسترش ریشه نیازمند است (Malakooti and Kavoosi, 2004). از طرف دیگر Zheng et al. (2003) بیان داشتند با افزایش میزان رس (سنگین‌تر شدن بافت خاک) و در نتیجه افزایش گنجایش بافری، خاک فسفر بیشتری را در خود تثبیت کرده و مقدار فسفر قابل‌جذب کمتری در اختیار گیاه برای رشد قرار می‌دهد. Mahmoudsoltani et al. (2011) در بررسی شکل‌های گوناگون فسفر در اراضی شالیزاری بر تأثیر بافت بر میزان قابل‌جذب فسفر تأکید داشته و بیان کردند که با افزایش میزان رس خاک از مقدار فسفر قابل‌جذب به‌طور معنی‌داری کاسته می‌شود.

مقایسه میانگین تأثیر زمان‌های مختلف مصرف کود فسفر بر صفات مورفولوژیک در ارقام هاشمی و گیلانه نشان داد که تیمارهای مختلف زمان مصرف کود فسفره در مقایسه با عدم مصرف آن تأثیر مثبت و معنی‌داری داشت. همچنین بیشترین درصد تأثیر کاربرد تقسیط دو و سه مرحله‌ای کود فسفرِ در مقایسه با کاربرد ۱۰۰ درصد فسفر به‌صورت پایه بر صفات مورفولوژیک ارتفاع بوته (۵/۴ درصد)، طول خوشه (۵ درصد)، تعداد پنجه در مرحله پنجه‌زنی (۹/۶ درصد)، تعداد پنجه در مرحله رسیدن دانه (۶/۹۷ درصد)، تعداد پنجه بارور (۱۱/۴درصد)، درصد باروری پنجه (۹/۰۴ درصد)، طول برگ پرچم (۳۱/۴ درصد)، عرض برگ پرچم (۲۸ درصد)، مساحت برگ پرچم در رقم هاشمی (۵۷/۵ درصد)، مساحت برگ پرچم در رقم گیلانه (۳۸/۵ درصد)، طول پدانکل (۱۰/۹ درصد) و طول پنالتیمت (۲ درصد) به ثبت رسیده است (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین مربوط به ارتفاع بوته نشان داد که بیشترین افزایش این صفت در دو رقم برنج هاشمی و گیلانه در تقسیط دو مرحله‌ای کود فسفره (۵۰ درصد پایه و ۵۰ درصد ۲۰ روز بعد از نشاکاری) بدست آمده و به ترتیب ۹/۵ و ۱۱ درصد درمقایسه با تیمار عدم مصرف کود فسفره، و ۲ درصد در مقایسه با تیمار مصرف صدرصد کود فسفره بصورت پایه است. همچنین میزان افزایش ارتفاع بوته در خاک سیلتی رسی بیشتر از لومی سیلتی بوده است. همانند ارتفاع بوته، هر دو رقم واکنش یکسانی در تاثیرپذیری از تیمارهای کاربردی بر روی طول خوشه از خود نشان داده و بیشترین میزان افزایش این صفت در حدود ۵ درصد در تقسیط دو مرحله‌ای کود فسفره (۵۰ درصد پایه و ۵۰ درصد بیست روز بعد از نشاکاری) و خاک سیلتی رسی و در رقم گیلانه به ثبت رسیده است. تعداد کل پنجه‌ها در مرحله پنجه‌دهی، تعداد کل پنجه‌ها در مرحله رسیدگی، تعداد پنجه بارور، تعداد پنجه غیر بارور و درصد باروری پنجه‌ها نه‌تنها با تقسیط فسفر افزایش یافتند بلکه هرچه فاصله زمانی تقسیط نیز بیشتر شد بر درصد افزایش آن‌ها افزوده گردید. نتایج نشان داد که بیشترین میزان درصد افزایش برای هر کدام از صفات وابسته به پنجه به ترتیب ۹/۶ و ۹/۳ درصد برای هاشمی و گیلانه در تیمار تقسیط دومرحله‌ای (۵۰ درصد پایه و ۵۰ درصد ۶۰ روز بعد از نشاکاری) در خاک سیلت لوم برای تعداد کل پنجه‌ها در مرحله پنجه دهی، ۶/۶ و ۳ درصد برای هاشمی و گیلانه در تیمار تقسیط دومرحله‌ای (۵۰ درصد پایه و ۵۰ درصد ۶۰ روز بعد از نشاکاری) در خاک سیلت لوم برای تعداد کل پنجه‌ها در مرحله رسیدن دانه، ۱۱ و ۵ درصد برای هاشمی و گیلانه در تیمار تقسیط دو مرحله‌ای (۵۰ درصد پایه و ۵۰ درصد ۶۰ روز بعد از نشاکاری) در خاک سیلت لوم برای تعداد پنجه‌های بارور، ۶/۵ و ۹ درصد برای هاشمی و گیلانه در تیمار تقسیط دومرحله‌ای (۵۰ درصد پایه و ۵۰ درصد ۶۰ روز بعد از نشاکاری) در خاک سیلت لوم برای درصد باروری پنجه‌ها در تیمار تقسیط دو مرحله‌ای در خاک سیلت لوم اندازه گیری شد. طول، عرض و مساحت برگ پرچم به عنوان یکی از مهم‌ترین و موثرترین شاخص‌ها در بین صفات مورفولوژیک نیز از تقسیط فسفر تاثیر پذیرفته و بیشترین میزان میانگین درصد افزایش طول برگ پرچم در تقسیط دو مرحله‌ای کود فسفره (۵۰ درصد پایه و ۵۰ درصد ۶۰ روز بعد از نشاکاری) و در خاک سیلت لوم و به ترتیب ۲۰ و ۳۰ درصد در رقم گیلانه و هاشمی، بیشترین میزان میانگین درصد افزایش عرض برگ پرچم در تقسیط دو مرحله‌ای کود فسفره (۵۰ درصد پایه و ۵۰ درصد ۶۰ روز بعد از نشاکاری) و در خاک سیلت لوم و به ترتیب ۲۰ درصد در رقم گیلانه و هاشمی، بیشترین میزان میانگین درصد افزایش مساحت برگ پرچم در تقسیط دو مرحله‌ای کود فسفره (۵۰ درصد پایه و ۵۰ درصد ۶۰ روز بعد از نشاکاری) و در خاک سیلت لوم و حدود ۴۰ درصد در رقم گیلانه و هاشمی ثبت شد. همچنین بیشترین میزان میانگین درصد افزایش پدانکل در تقسیط دو مرحله‌ای کود فسفره (۵۰ درصد پایه و ۵۰ درصد ۶۰ روز بعد از نشاکاری) و در خاک سیلت لوم و حدود ۹ و۱۰ درصد در رقم گیلانه و هاشمی می‌باشد (جدول ۳). کمبود فسفر باعث توقف رشد، کاهش پنجه‌زنی، عدم گسترش ریشه‌ها و ریشه‌های مویین، تاخیر در گلدهی گیاه، عدم گلدهی کامل گیاه، افزایش میزان پوکی دانه‌ها و کاهش وزن هزاردانه می‌شود (ملکوتی و کاووسی،

۲۰۰۴). بررسی الگوی جذب تجمعی فسفر در شرایط مختلف آب و هوایی برای گیاه برنج نشان می‌دهد اگرچه جذب آرام و تدریجی فسفر قابل جذب از ابتدای نشای گیاهچه برنج رخ می‌دهد ولی در بازه زمانی ۵۰ تا ۷۵ روز پس از نشای گیاهچه به حداکثر خود می‌رسد بنابراین ضروری است در این بازه زمانی به منظور جلوگیری از تاثیر منفی کمبود فسفر قابل جذب، فسفر در بخش محلول و قابل تبادل (فسفر لبایل) در خاک به اندازه کافی وجود داشته باشد (Malakootu and Kavoosi, 2004). Massawe and Mrema (2017) و Zheng et al. (2003) در بررسی‌هایشان بر روی ارقام برنج بیان داشتند افزایش کود فسفره بر تمام صفات مورفولوژیک آنها در مقایسه با عدم مصرف تاثیر معنی‌داری دارد. Singh et al (1988) نشان دادند که کاربرد کود فسفره در تقسیط سه مرحله‌ای به طور معنی‌داری سبب افزایش خصوصیات مورفولوژیک گیاه مانند ارتفاع، طول خوشه در برنج در مقایسه با کاربرد پایه‌ای آن شده است در پژوهشی دیگر توسط Archana et al. (2016) در هند با تقسیط ۸۵ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 در دو مرحله (۵۰ درصد کاربرد پایه و ۵۰ درصد اوایل پنجه‌زنی) براین تاثیرات مثبت تاکید دوباره داشت. Yoseftabar (2012)، Dingkuhen et al. (2006) و Alam et al.(2009) نیز بر اینکه فسفر عامل مهمی برای رشد گیاه برنج بوده و پنجه‌زنی و گلدهی را در برنج تحت تاثیر قرار می‌دهد، تاکید داشته و بیان داشتند که فراهمی فسفر در مرحله پنجه‌زنی گیاه از جمله عوامل مهم بهبود رشد و عملکرد محسوب می‌شود.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک دو رقم برنج (هاشمی و گیلانه) در دو نوع خاک (سیلتی رس و سیلتی لومی) در تیمارهای مختلف تقسیط کود فسفر

فاکتورهای آزمایش			صفات موفولوژیک اندازه‌گیری شده						
رقم برنج	نوع خاک	کود فسفر	PH	PL	T_1	T_2	FTN	UFTN	TFP
هاشمی		P_1	۱۴۷/۱ d	ab۳۰/۵	۵/۸۸ j	۱۳/۴۴ ef	۱۳/۳۳ de	۰/۰۰ b	۹۹/۰۹ a
		P_2	۱۴۷/۳ c d	a۳۱/۳	۷/۵ fhg	۱۳/۴۴ ef	۱۲/۶۶ e	۰/۶۶ ab	۹۳/۹ b
	سیلتی لوم	P_3	۱۵۱/۳ b	۳۱/۱ a	۷/۴۴ hgi	۱۰/۸۸ g	۱۰/۷۷ f	۰/۳۳ ab	۹۸/۹۵ a
		P_4	۱۴۸/۵ d	۳۰/۵ ab	۸/۲۲ fdge	۱۳/۸۸ ef	۱۳/۸۸ de	۰/۰۰ b	۱۰۰ a
		P_5	۱۴۹/۶ bc	۳۰/۸ ab	۶/۳۳ j	۱۴/۳۳ e	۱۴/۱۱ d	۰/۳۳ ab	۹۸/۵۱a
	سیلتی رس	P_1	۱۴۰ f	۲۷/۹ c	۶/۵ ji	۱۳/۶۶ ef	۱۳/۵۵ de	۰/۳۳ ab	۹۹/۱۸a
		P_2	۱۵۳/۳ a	۳۰/۷ ab	۸/۶۶ de	۱۲/۷۷ f	۱۲/۷۷ de	۰/۰۰ b	۱۰۰a
		P_3	۱۴۶ e	۲۹/۶ b	۸/۴۴ fde	۱۰/۶۶ g	۱۰/۶۶ f	۰/۰۰ b	۱۰۰ a
		P_4	۱۴۴e	۳۱/۲ a	۸/۶۶ de	۱۳/۴۴ ef	۱۳/۱۱ de	۰/۳۳ ab	۹۷/۵۴ ab
		P_5	۱۴۳e	۳۱/۱ a	۶/۷۷ jhi	۱۰/۷۷ g	۱۰/۷۷ f	۰/۰۰ b	۱۰۰a
گیلانه		P_1	۱۱۳/۶ k j	۲۴/۸ de	۱۰/۳۳ c	۱۸/۸۸ cab	۱۸/۷۷ ab	۰/۰۰ b	۹۹/۳۸ a
		P_2	۱۱۶ j i	۲۵/۷ d	۱۰/۶۶ c	۱۹/۳۳ ab	۱۸/۷۷ ab	۰/۳۳ ab	۹۱/۱۴ ab
	سیلتی لوم	P_3	۱۱۴/۳ j	۲۳/۵۸ e	۹/۱۱ d	۱۹/۴۴ ab	۱۹/۱۱ ab	۰/۳۳ ab	۹۸/۲۷
		P_4	۱۲۲/۳ g	۲۴/۸ de	۱۱/۶۶b	۱۹/۸۸ a	۱۹/۶۶ a	۰/۰۰ b	۹۸/۸۹ a
		P_5	۱۱۶/۳ I j	۲۵/۶ d	۷/۷۷ fge	۱۹/۵۵ ab	۱۸/۸۸ ab	۱a	۹۶/۵ ab
	سیلتی رس	P_1	۱۱۰ k	۲۴/۹۴ d	۱۱/۱۱ bc	۱۷/۸۸ c	۱۷/۸۸ b	۰/۰۰b	۱۰۰ a
		P_2	۱۲۱ g h	۲۴/۴۷ de	۱۳/۶۶ a	۱۹/۸۸ a	۱۹/۷۷ a	۰/۰۰ b	۹۹/۴۴a
		P_3	۱۲۲/۳ g	۲۵/۶ d	۱۱/۶۶ b	۱۷/۷۷ c	۱۷/۷۷ b	۰/۰۰ b	۱۰۰a
		P_4	۱۱۳/۸ j	۲۵/۳۲ d	۱۱ c	۱۸/۵۵ cb	۱۸/۲۲ b	۰/۰۰b	۹۸/۱۸ ab
		P_5	۱۱۸/۶ h i	۲۴/۹۱ de	۸ fge	۱۶ d	۱۵/۶۶ c	۰/۳۳ ab	۹۷/۹۱ ab

PH، PL، T1، T2، FTN، UFTN، TFP، FLL، FLW،FLAH، FLAG، PED و PEN به ترتیب عبارتند از ارتفاع بوته، طول خوشه، تعداد کل پنجه‌ها در مرحله پنجه دهی، تعداد کل پنجه‌ها در مرحله رسیدن دانه، تعداد پنجه بارور، تعداد پنجه غیر بارور، درصد باروری پنجه‌ها، طول برگ پرچم، عرض برگ پرچم، مساحت برگ پرچم رقم برنج هاشمی، مساحت برگ پرچم رقم برنج گیلانه، طول پدانکل و طول پنالتیمت؛ حروف مشابه بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد است.

ادامه جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک دو رقم برنج (هاشمی و گیلانه) در دو نوع خاک (سیلتی رس و سیلتی لومی) در تیمارهای مختلف تقسیط کود فسفر

فاکتورهای آزمایش			صفات موفولوژیک اندازه‌گیری شده					
رقم برنج	نوع خاک	کود فسفر	FLL	FLW	FLAH	FLAG	PED	PEN
هاشمی		P_1	۳۲/۲ dfe	۱/۱۴ fghi	۳۰/۸ defc	۲۷/۵defc	۱۵/۰۶debc	۴۴/۹ cb
		P_2	۲۶/۷ ij	۱/۰۸hi	۲۴/۰۷fg	۲۴/۴ fg	۱۵/۶ bc	۴۴/۲ dcb
	سیلتی لوم	P_3	۲۷/۷ hig	۱/۲ fcghd	۲۸/۲efg	۲۵/۲۲ efg	۱۷/۰۳/ a	۴۲/۹ de
		P_4	۳۵/۲b	۱/۲۸ fcgad	۳۷/۸ bc	۳۳/۸۳ bc	۱۵/۸۵ b	۴۳/۹ dcb
		P_5	۳۱/۲ fg	۱/۱۷ fghdi	۳۰/۸ defc	۲۷/۵ defc	۱۴/۲۳ fe	۴۴/۱ dcb
	سیلتی رس	P_1	۲۴/۹ j	۱/۰۴ i	۲۱/۷۵ g	۱۹/۴۲ g	۱۴/۴ dfec	۴۳/۵ dcb

		P_2	۴۷/۴ a	۱۴/۳۱ dfe	۳۰/۳ dec	۳۳/۹ dec	۱/۱۴ fghi	۳۵/۲ b
		P_3	۴۳/۳ dcb	۱۲/۸ hg	۳۲/۶ dbc	۳۶/۵ dbc	۱/۳ fcad	۳۳/۵ dbec
		P_4	۴۵/۷ ab	۱۵/۴ dbc	۲۹/۹ dec	۳۳/۵ dec	۱/۱۶ fghi	۳۴/۴ dbc
		P_5	۴۱/۹ e	۱۴/۸ debc	۲۸/۳ defc	۳۱/۷ defc	۱/۰۸ ghi	۳۴/۷ bc
گیلانه		P_1	۳۴/۹ f	۱۱/۳ ij	۲۹/۵ dec	۳۳/۰۹ dec	۱/۳۶ cadb	۲۸/۸۳ hig
		P_2	۴۴/۳ dcb	۱۲/۲۹ ih	۴۵/۳۳ a	۵۰/۷ a	۱/۴ cab	۴۲/۷ a
	سیلتی لوم	P_3	۳۵/۸ f	۱۱/۷۹ ihj	۳۲/۵۲ dbc	۳۶/۴ dbc	۱/۳۶ cadb	۳۱/۷ dfe
		P_4	۳۶/۱۱ f	۱۲/۵۸ hg	۲۵/۸ defg	۲۸/۹ defg	۱/۲۵ fcghd	۲۷/۵ hig
		P_5	۳۵/۴ f	۱۳/۴ fg	۲۹/۷۵ dec	۳۳/۳۲ dec	۱/۴۲ ab	۲۸/۵۶ hig
		P_1	۳۵/۹۱ f	۱۱/۱ ij	۲۸/۹۸ dec	۳۲/۴dec	۱/۳۸ cab	۲۸ hi
		P_2	۳۶/۲۸ f	۱۱/۲۵ ij	۲۵/۴۷ efg	۲۸/۵۳ efg	۱/۲۶ fcghd	۲۸/۹۳ ij
	سیلتی رس	P_3	۳۵/۵ f	۱۱/۱۴ j	۲۴/۷ efg	۲۷/۷ efg	۱/۳۲ fcadb	۲۴/۹ j
		P_4	۳۶/۴ f	۱۲/۲ ihj	۲۷/۵defc	۳۰/۸ defc	FL_2	FL_1
		P_5	۳۶/۵ f	۱۲/۱ ihj	۲۴/۴ fg	۲۴/۰۷fg	۱/۱۴ fghi	۳۲/۲ dfe

PH، PL، T1، T2، FTN، UFTN، TFP، FLL، FLAH،FLW، FLAG، PED و PEN به ترتیب عبارتند از ارتفاع بوته، طول خوشه، تعداد کل پنجه‌ها در مرحله پنجه دهی، تعداد کل پنجه‌ها در مرحله رسیدن دانه، تعداد پنجه بارور، تعداد پنجه غیر بارور، درصد باروری پنجه‌ها، طول برگ پرچم، عرض برگ پرچم، مساحت برگ پرچم رقم برنج هاشمی، مساحت برگ پرچم رقم برنج گیلانه، طول پدانکل و طول پنالتیمت؛ حروف مشابه بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد است.

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم برنج (هاشمی و گیلانه) در دو نوع خاک (سیلتی رس و سیلتی لومی) در تیمارهای مختلف تقسیط کود فسفر

رقم برنج	نوع خاک	کود فسفر	TGW	GW	SPP	FG	UFG	EP	PFG	BYA	BYT
هاشمی		P_1	۲۲/۳ cadb	۲۲/۴ f	۱۲۱/۸ i	۱۰۱/۲ gf	۳/۵ hgi	۱۶/۹cadbe	۸۳ fcdbe	۱۵۶/۷ ef	۱۶۲ ef
		P_2	۲۲/۳ cadb	۲۴/۵ e	۱۳۱/۲ gf	۱۱۰/۳ ef	۳/۵ hgi	۱۵/۹cadbe	۸۴ fcdbe	۱۶۰e	۱۶۶ e
		P_3	۲۳/۶ a	۲۰/۴ hg	۱۴۰/۶ d	۱۲۰ cd	۳/۸ fge	۱۴/۱ fcdbe	۸۵/۸ cadbe	۱۴۳/۵ g	۱۴۹/۸ g
	سیلتی لوم	P_4	۲۱/۳ cd	۲۰/۳ hg	۱۳۲/۲۶ ef	۱۱۱/۶ ed	۳/۶ fhgi	۱۶ cadbe	۸۳/۹ fcdbe	۱۳۹ gh	۱۴۷/۴ g
		P_5	۲۳/۳ ab	۱۸/۷ hi	۱۳۱/۲ gf	۱۰۲/۸ gef	۳/۳ hi	۲۱/۶ a	۷۸/۳ f	۱۵۶/۷ ef	۱۶۴ ef
		P_1	۲۲ cadb	۱۱/۳ j	۱۲۱/۳۳	۱۱۲/۲ ed	۴ de	۷/۴ f	۹۲/۵ a	۹۷/۲j	۱۰۲ j
		P_2	۲۲/۳ cadb	۲۰/۲ hg	۱۲۹/۷ gf	۱۱۲/۰۶ ed	۳/۶ fhgi	۱۳/۹ fcdbe	۸۶/۳ cadbe	۱۶۱/۷ e	۱۶۸/۸ e
	سیلتی رس	P_3	۲۱/۶ cdb	۲۱/۹ fg	۱۲۳ i	۱۰۹/۵ ef	۳/۶ fhg	۱۰/۹ fde	۸۹ cab	۱۵۱/۳ f	۱۵۸ f
		P_4	۲۲/۳ cadb	۱۷/۷ i	۱۲۸/۲۶gh	۱۱۱/۷ ed	۳/۵ fhgi	۱۲/۹ fcde	۸۷ cad	۱۱۸/۱ i	۱۲۴ i
		P_5	۲۳/۶ a	۲۰/۱ h	۱۲۴/۸ ih	۹۹/۰۶g	۳/۱ i	۲۰/۶ ab	۷۹/۳ fe	۱۳۲/۷h	۱۳۸۲/ h
گیلانه		P_1	۲۲/۳ cadb	۲۷/۷ bc	۱۵۵ b	۱۳۲/۴ ab	۵/۳ cab	۱۴/۵ fcadbe	۸۵/۴ fcadbe	۲۱۰ b	۲۲۵/۹ b
		P_2	۲۲/۳ cadb	۳۲ a	۱۳۶/۲ e	۱۰۹/۴ ef	۴/۲ de	۱۹/۶ cab	۸۰/۳ fde	۲۲۲ a	۲۳۴/۵a
		P_3	۲۲/۳ cadb	۲۵/۸ de	۱۵۳/۲ b	۱۲۷/۹۳ cb	۵/۴ ab	۱۶/۴cadbe	۸۳/۵ fcdbe	۱۹۱/۹ d	۲۰۴ d
	سیلتی لوم	P_4	۲۳/۶ a	۲۹/۱ b	۱۴۸ c	۱۲۱ cd	۴/۸ c	۱۸/۲ cadb	۸۱/۷ fcde	۲۰۷/۵ b	۲۲۱ b
		P_5	۲۳/۳ ab	۳۲/۳ a	۱۵۵/۶ b	۱۲۹/۰۶ cb	۵/۱ cb	۱۷ cadbe	۸۲/۹ fcdbe	۱۹۷/۷ cd	۲۰۶cd
		P_1	۲۳ cab	۲۸/۲ bc	۱۲۱/۸ i	۹۷/۶ g	۳/۹ fdge	۱۹۹/۹ cab	۸۰ fde	۱۹۹ c	۲۱۱c
		P_2	۲۰/۶ d	۲۵/۵ de	۱۶۴ a	۱۴۰/۹۳ a	۵/۷ a	۱۳/۹fcdbe	۸۶ cadbe	۱۳۷/۶ gh	۱۴۳ gh
	سیلتی رس	P_3	۲۲ cadb	۲۷/۲ dc	۱۶۴ a	۱۱۲ ed	۴/۳ d	۱۵/۵ cadbe	۸۴/۴ fcdbe	۱۵۸ ef	۱۶۶/۸ e
		P_4	۲۳ cab	۲۹/۳b	۱۴۸/۶c	۱۳۴/۰۶ab	۵/۲ cab	۹/۷ fe	۹۰/۲ ab	۱۹۲ cd	۲۰۱ d
		P_5	۲۳ cab	۲۹/۲ b	۱۴۶/۶ c	۱۲۱ cd	۵/۱ cb	۱۲/۹ fcde	۸۷ cad	۱۹۲/۶ cd	۲۰۲ d

TGW ، GW ، SPP، FG، UFG ، FG3 ، EP ، PFG ، BYA ، BYT ، HI2، HI3، FPP، HIP، GL و GW ، VG به ترتیب عبارتند از : وزن هزار دانه، عملکرد تک بوته، تعداد کل دانه در خوشه، تعداد دانه پر در خوشه، دانه پوک در خوشه، فراوانی تعداد دانه در خوشه، درصد پوکی، درصد دانه های پر، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک کل، شاخص برداشت اندام هوایی، شاخص برداشت کل (با ریشه)، درصد باروری یک عدد خوشه، شاخص برداشت خوشه، طول دانه خام، عرض دانه خام و وزن حجمی دانه (وزن هکتولیتر)؛ حروف مشابه بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد است.

ادامه جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم برنج (هاشمی و گیلانه) در دو نوع خاک (سیلتی رس و سیلتی لومی) در تیمارهای مختلف تقسیط کود فسفر

رقم برنج	نوع خاک	کود فسفر	HI_2	HI_3	FPP	HIP	GL	GW	VG
هاشمی		P_1	۴۲ g	۴۱/۴ fgh	۸۳/۰۷ fcdb	۹۳/۰۳ ced	۷/۱۴ cab	۲۲/۴ f	۰/۵۲cab
		P_2	۴۵/۸ d	۴۴/۳ d	۸۴/۰۹ fcdbe	۹۵/۳۱ a	۷/۱ cab	۲۴/۵۲ e	۰/۴۸ fe
	سیلتی لوم	P_3	۴۲/۶ g	۴۰ fgh	۸۵/۸۵ cadb	۹۲/۴۲ cedf	۷/۱ cab	۲۰/۴۲hg	۰/۵۳ ab
		P_4	۴۳fg	۴۱/۲ fgh	۸۳/۹۸ fcdbe	۹۱/۴۸ ef	۷/۱۸ ab	۲۰/۳۵ hg	۰/۵۳ab
		P_5	۳۶ k	۴۳/۷ d	۷۸/۳۷ f	۸۷/۱۵ g	۶/۴۶ f	۱۸/۷۶ hi	۰/۵۳ab
		P_1	۳۵ l	۳۴/۲ ml	۹۲/۵۵ a	۹۱/۹۲edf	۶/۹ cdb	۱۱/۳۸ j	۰/۵۵a
		P_2	۳۷/۵ kj	۳۵/۹ k	۸۶/۳۵ cadb	۹۱/۹۴ edf	۷/۱ cab	۲۰/۲۶ hg	۰/۵۱ cdb
	سیلتی رس	P_3	۴۳ fg	۴۱ fge	۸۹/۰۳ cab	۹۱/۷۳ ef	۷/۱۱ cab	۲۱/۹۵ fg	۰/۵۳ ab
		P_4	۴۵ fde	۴۲/۷ fe	۸۷/۰۴ cadb	۹۱/۸۵ ef	۶/۹ cdb	۱۷/۷۲i	۰/۵۳ ab
		P_5	۴۵ de	۳۳/۲ m	۹۷/۳۷ fe	۹۱/۰۴ f	۷/۰۸ cb	۲۰/۱۴ h	۰/۵۳ ab

گیلانه		P_1	۳۹/۵ ij	۳۶/۷ kj	۸۵/۴۲ fcad	۹۳/۰۳ ced	۷/۲۲ ab	۲۲/۷۱ bc	۰/۴۹ de
		P_2	۴۳/۳ fg	۴۱ fgh	۸۰/۳۴ fde	۹۴/۲۳ cab	۷/۴۲ a	۳۲/۰۷ a	۰/۴۷ f
	سیلتی لوم	P_3	۴۰ ih	۳۸ ij	۸۳/۵۱ fcdb	۹۱/۳۹ cedf	۷/۰۲ cdb	۲۵/۸۸ de	۰/۵ cde
		P_4	۴۲ gh	۳۹/۶ ih	۸۱/۷۵ fcdb	۹۱/۸۳ ef	۶/۹ cdb	۲۹/۱ b	۰/۵۱ cdb
		P_5	۴۹ c	۴۶/۸ c	۸۲/۹۵ fcdb	۹۳/۷۸ cadb	۶/۸ cde	۳۲/۳۱ a	۰/۴۹ de
		P_1	۴۲/۵ g	۴۰ gh	۸۰/۰۷ fde	۹۵/۴۷ a	۷/۲۲ ab	۲۸/۲۱ bc	۰/۵۱ cde
		P_2	۵۵ a	۵۳a	۸۶/۰۳ cadb	۹۵/۱۳ a	۶/۵۶ ef	۲۵/۵۷ de	۰/۵ cd
	سیلتی رس	P_3	۵۱/۷ b	۴۹ b	۸۴/۴۳ fcdb	۹۲/۹۳ ced	۶/۶۸ def	۲۵/۸۸ d	۰/۵۳ab
		P_4	۴۵/۶de	۴۳/۷ d	۹۰/۲۱ ab	۹۳/۲۸ ced	۶/۹ cdeb	۲۹/۳۵ b	۰/۵۲cab
		P_5	۴۵/۵ de	۴۳/۴ de	۸۷/۰۸ cadb	۹۲/۳۹ cedf	۶/۹ cdb	۲۹/۲۳ b	۰/۴۸ fe

TGW ، GW ، SPP، FG، UFG ، FG3 ، EP، PFG ، BYA ، BYT ، HI2، HI3، FPP،HIP، GL، GW و VG به ترتیب عبارتند از : وزن هزار دانه، عملکرد تک بوته، تعداد کل دانه در خوشه؛ تعداد دانه پر در خوشه، دانه پوک در خوشه، فراوانی تعداد دانه در خوشه، درصد پوکی، درصد دانه های پر، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک کل، شاخص برداشت اندام هوایی، شاخص برداشت کل (با ریشه)، درصد باروری یک عدد خوشه، شاخص برداشت خوشه، طول دانه خام، عرض دانه خام و وزن حجمی دانه (وزن هکتولیتر)؛ حروف مشابه بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد است.

عملکرد و اجزای عملکرد

نتایج تجزیه واریانس صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد (جدول ۵) نشان داد که اثر رقم بر تمامی صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد به‌استثنای وزن هزاردانه، درصد باروری یک عدد خوشه و طول دانه خام در سطح احتمال یک درصد ($P\leq0.01$) معنی‌دار بود. این در حالی است که اثر بافت خاک نیز به‌استثنای وزن هزار دانه، تعداد دانه پر، شاخص برداشت خوشه و طول دانه خام بر سایر صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد در سطح احتمال یک درصد ($P\leq0.01$) معنی‌دار است. همچنین تیمارهای مختلف تقسیط کود فسفر بر تمام صفات اندازه‌گیری شده مندرج در جدول (۵) به‌استثنای تعداد دانه پر در خوشه، فراوانی تعداد دانه در خوشه و شاخص برداشت خوشه به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ($P\leq0.01$) تأثیرگذار بوده است. اثر متقابل رقم و بافت خاک تنها بر عملکرد تک بوته، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک کل، شاخص برداشت اندام هوایی و شاخص برداشت کل (با ریشه) ($P\leq0.01$) تأثیر معنی‌دار داشته و بر سایر صفات تأثیر معنی‌دار نداشته است. این در حالی است که برهمکنش رقم و تیمارهای مختلف تقسیط کود فسفر به‌استثنای وزن هزار دانه، دانه پوک در خوشه، طول دانه خام و وزن حجمی دانه (وزن هکتولیتر) بر سایر صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌داری دارد ($P\leq0.01$). اثر نوع خاک و تیمارهای مختلف تقسیط کود فسفر بر همه صفات اندازه‌گیری شده به‌استثنای وزن هزاردانه، تعداد دانه پوک در خوشه، فراوانی تعداد دانه در خوشه، درصد پوکی، درصد باروری یک عدد خوشه و شاخص برداشت خوشه در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌داری داشت. همچنین نتایج نشان می‌دهد که اثر متقابل رقم، نوع و تیمارهای مختلف تقسیط کود فسفر به‌استثنای صفات وزن هزاردانه، تعداد دانه پوک و وزن حجمی دانه (وزن هکتولیتر) که تأثیر معنی‌داری از این برهمکنش نمی-پذیرد بر سایر صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد اثرگذار بوده است (جدول ۵).

جدول ۵- تجزیه واریانس صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم برنج (هاشمی و گیلانه) در دو نوع خاک (سیلتی رس و سیلتی لومی) در تیمارهای مختلف تقسیط کود فسفر

منابع تغییر		میانگین مربعات							
	DF	TGW	GW	SPP	FG	UFG	EP	PFG	BYA
تکرار	۲	۶/۰۶ ns	۱۸/۹۴ ns	۶/۷۲ ns	۷/۴۴ ns	۲۷/۴۲ ns	۲۰/۳۴ ns	۲۰/۳۴ ns	۴۹ ns
رقم	۱	۰/۰۶ ns	۱۰۶۶۶/۶۶ **	۴۶۹۵/۸**	۲۹۶۱/۷۴**	۱۹۸/۹۲*	۶۰/۹۴*	۶۰/۹۲**	۸۸۹۳/۸۳**
نوع خاک	۱	۱/۶۶ ns	۶۸۴/۱۱**	۶۳۵/۰۵**	۱۴/۵۵ ns	۴۵۷/۳۳ **	۲۳۹/۷۲**	۲۳۹/۶۸**	۱۷۴/۵۱**
تقسیط فسفر	۴	۳/۱۵ *	۱۶۳/۶۲**	۱۲۵/۲۸**	۱۴۳/۷۰**	۶۷/۲۲ ns	۳/۴۱ ns	۳/۴ ns	۱۷۴/۵۱**
رقم×نوع خاک	۱	۰/۲۶ ns	۷۵/۲۶**	۱/۹۹ ns	۴/۲۹ ns	۰/۴۵ ns	۰/۴۳ ns	۰/۴۴ ns	۵۴۲/۱۰**
رقم× تقسیط فسفر	۴	۲/۶۵ ns	۲۰۷/۱۲**	۵۸/۰۴**	۲۲۵/۰۶**	۷۵/۹۹ ns	۴۰/۷۷**	۴۰/۷۶**	۲۰۳۸/۹۲**
نوع خاک× تقسیط فسفر	۴	۱/۱۶ ns	۲۴۰/۱۸**	۵۰۳/۲۴**	۴۸۴/۶۱**	۱۰/۴۳ ns	۹/۷۶ ns	۹/۷۶ ns	۵۱۶/۶۵**
رقم×نوع خاک× تقسیط فسفر	۴	۱/۷۶ ns	۲۶۰/۰۵**	۳۶۹/۰۲**	۵۹۸/۰۵**	۴۸/۷۸ ns	۱۰۶/۲۸**	۱۰۶/۱۹**	۲۱۱۵/۰۴**
خطا	۳۸	۱/۱۵	۹/۶۸	۷/۰۳	۳۶/۱۴۴	۳۸/۴۴	۶/۶۴	۹/۲۴	۱۷/۸۰
ضریب تغییرات (درصد)		۴/۷۶	۴/۲۷	۱/۹۳	۵/۱۷	۲۹/۲۸	۲۱/۱۰۷	۳/۶۴	۲/۵۳

ادامه جدول ۵- تجزیه واریانس صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم برنج (هاشمی و گیلانه) در دو نوع خاک (سیلتی رس و سیلتی لومی) در تیمارهای مختلف تقسیط کود فسفر

منابع تغییر	میانگین مربعات							
	DF	HI2	HI3	FPP	HIP	GL	GW	VG
تکرار	۲	۰ ns	۰/۰۰ ns	۱۰/۳۱ ns	۰/۲۱ ns	۰/۲۹ ns	۱۸/۹۴ ns	۰ ns
رقم	۱	۰/۰۲**	۰٫۰۱۵/۰۱**	۹/۴۰ ns	۳۹/۱۳**	۰/۰۳ ns	۱۰۶۶/۶۶**	۰/۰۰**
نوع خاک	۱	۰/۰۰**	۰/۰۰**	۱۶۱/۷۳**	۱/۸۳ ns	۰/۱ ns	۶۸۴/۱۱**	۰/۰۰**
تقسیط فسفر	۴	۰/۰۰**	۰/۰۰**	۳۰/۶۲ ns	۱۶/۸۸ **	۰/۱۵**	۱۶۳/۶۲**	۰/۰۰**
رقم×نوع خاک	۱	۰/۰۱**	۰/۰۱**	۳/۹۷ ns	۴/۲۰ ns	۰/۲۵*	۷۵/۲۶**	۰ ns
رقم× تقسیط فسفر	۴	۰/۰۰**	۰/۰۰**	۵۷/۵۳*	۶/۰۸**	۰/۳۹ ns	۲۰۷/۱۲**	۰ ns
نوع خاک× تقسیط فسفر	۴	۰/۰۰**	۰/۰۰**	۷/۶۰ ns	۲/۸۳ ns	۱/۰۰ **	۲۴۰/۱۸**	۰*
رقم×نوع خاک× تقسیط فسفر	۴	۰/۰۱**	۰/۰۱**	۷/۶۰*	۱۰/۶۷**	۰/۶۳ **	۲۴۰/۰۵**	۰ ns
خطا	۳۸	۰	۰	۱۹/۴۰	۱/۲۸	۰/۰۴	۹/۶۸	۰
ضریب تغییرات (درصد)		۰/۸۴	۲/۹۵	۵/۲۰	۱/۲۲	۰/۹۶	۴/۲۷	۲/۹۹

TGW ، GW ، SPP، FG، UFG ، FG3 ، EP، PFG ، BYA ، BYT ، HI2، HI3، FPP، HIP، GL، GW و VG به ترتیب عبارتند از : وزن هزار دانه، عملکرد تک بوته، تعداد کل دانه در خوشه، تعداد دانه پر در خوشه، دانه پوک در خوشه، فراوانی تعداد دانه در خوشه، درصد پوکی، درصد دانه‌های پر، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک کل، شاخص برداشت اندام هوایی، شاخص برداشت کل (باریشه)، درصد باروری یک عدد خوشه، شاخص برداشت خوشه، طول دانه خام، عرض دانه خام و وزن حجمی دانه (وزن هکتولیتر).

بیشترین وزن هزاردانه (۲۳/۶ گرم) در رقم هاشمی، عملکرد تک بوته (۳۲/۳ گرم) در رقم گیلانه، تعداد کل دانه در خوشه (۱۶۴عدد) در گیلانه، تعداد دانه پر در خوشه (۱۵۰ عدد) در رقم گیلانه، دانه پوک در خوشه (۵/۷ عدد) در رقم گیلانه، فراوانی تعداد دانه در خوشه (۵/۴) در گیلانه، درصد پوکی (۲۱/۶ درصد) در هاشمی، درصد دانه‌های پر (۹۰/۲ درصد) در گیلانه، وزن خشک اندام هوایی (۲۲۲ گرم) در گیلانه، وزن خشک کل (۲۳۴/۵ گرم) در گیلانه، شاخص برداشت اندام هوایی (۵۵ درصد) در گیلانه، شاخص برداشت کل (با ریشه) (۵۳ درصد) در گیلانه، درصد باروری یک عدد خوشه (۹۷/۳درصد)، شاخص برداشت خوشه (۹۱/۹ درصد) به ثبت رسیده است (جدول ۵). عملکرد و اجزای عملکرد جزء صفات کمی بوده که عمدتاً توسط ژنتیک گیاه کنترل می‌شود بنابراین اختلافات ژنتیکی این ارقام می‌تواند علت تفاوت صفات مذکور باشد (Allagholipoor et al., 2018). رقم بومی هاشمی به‌عنوان رقم بی‌رقیب در اراضی شالیزاری به گروه ارقام محلی برنج با عملکرد پائین تعلق دارد (متوسط عملکرد کمتر از ۴ تن در هکتار). این در حالی است که رقم گیلانه که از تلاقی برگشتی بین دو رقم صالح و آبجی بوجی تولید شده است با عملکرد دانه ۵/۵ تن در هکتار ضمن برتری نسبت به والدین خود و ارقام بومی جزء ارقامی است که از اجزای عملکرد مناسب‌تری نسبت به ارقام محلی برخوردار است (Allagholipoor et al., 2018). Mannan et al., (2010) و Moosavi et al., (2015) نیز در مطالعاتشان بر تأثیر خصوصیات ژنتیکی ارقام بر بسیاری از صفات گیاه برنج تأکید دارند.

همچنین همانند صفات مورفولوژیک و برای هر دو رقم هاشمی و گیلانه، در بیشتر موارد بیشترین میزان درصد افزایش در مقادیر صفات عملکرد و اجزای عملکرد در خاک لومی- سیلتی (با وزن مخصوص ۰/۸۲ گرم بر سانتیمتر مکعب) در مقایسه با خاک رسی- سیلتی (با وزن مخصوص ۰/۷۵ گرم بر سانتیمتر مکعب) بدست آمده است. به نظر می‌رسد تراکم خاک کمتر با مقاومت کمتر خاک در مقابل نفوذ ریشه گیاه برنج سبب صفات ریشه‌ای بهتر و صفات مورفولوژیک بالاتر و شاخساره برتر با عملکرد دانه بالاتر در هر دو رقم (هاشمی و گیلانه) در خاک لومی- سیلتی می‌شود چراکه فسفر در خاک عنصری پویا نبوده و برای جذب به گسترش ریشه نیازمند است (ملکوتی و کاووسی، ۱۳۸۳). از طرف دیگر ژانک و همکاران (۲۰۰۳) بیان داشتند با افزایش میزان رس (سنگین‌تر شدن بافت خاک) و در نتیجه افزایش گنجایش بافری، خاک فسفر بیشتری را در خود تثبیت کرده و مقدار فسفر قابل‌جذب کمتری در اختیار گیاه برای رشد قرار می‌دهد. Mahmoudsoltani et al. (2011) در بررسی شکل-های گوناگون فسفر در اراضی شالیزاری بر تأثیر بافت بر میزان قابل‌جذب فسفر تأکید داشته و بیان کردند که با افزایش میزان رس خاک از مقدار فسفر قابل‌جذب به‌طور معنی‌داری کاسته می‌شود.

مقایسه میانگین تأثیر کاربرد تیمارهای مختلف تقسیط کود فسفر بر صفات فیزیولوژیک در ارقام هاشمی و گیلانه نشان داد که تمامی تیمارهای تقسیط کود فسفر در مقایسه با عدم مصرف آن تأثیر مثبت و معنی‌داری بر این صفات داشت. همچنین بیشترین درصد تأثیر کاربرد تقسیطی کود فسفره در مقایسه با کاربرد تمام آن به‌صورت پایه بر صفات وزن هزاردانه (۶ درصد)

در هر دو رقم، عملکرد تک بوته (۱۴/۹) در رقم گیلانه، تعداد کل دانه در خوشه (۱۴/۲ درصد) در گیلانه، تعداد دانه پر در خوشه (۲۱ درصد) در رقم گیلانه، دانه پوک در خوشه (۲۶ درصد) در رقم گیلانه، فراوانی تعداد دانه در خوشه (۴/۹) در گیلانه، درصد پوکی (۴۸ درصد) در هاشمی، درصد دانه‌های پر (۱۲/۶) در هاشمی، وزن خشک اندام هوایی (۳۹/۹ درصد) در گیلانه، وزن خشک کل (۴۷ درصد) درگیلانه، شاخص برداشت اندام هوایی (۲۰ درصد) در هاشمی، شاخص برداشت کل (با ریشه) (۱۸/۹ درصد) در هاشمی، درصد باروری یک عدد خوشه (۱۲/۷) در هاشمی، شاخص برداشت خوشه (۴۹/۹) در هاشمی به ثبت رسیده است (جدول ۵). در خصوص تأثیر فسفر بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد برنج مطالعات زیادی انجام شده است. گزارش شده است که مصرف کود فسفر در تقسیط سه مرحله‌ای، باعث افزایش عملکرد معنی‌دار دانه و کاه، تعداد و وزن خوشه، غلظت نیتروژن و جذب آن در دانه برنج در مقایسه با کاربرد پایه‌ای آن شد. در آزمایشی با تقسیط کود فسفر در سه مرحله، عملکرد دانه و عملکرد کاه در مقایسه با مصرف یک باره (یک نوبتی) فسفر به ترتیب ۱۰ و ۱۳ درصد افزایش یافتند (Singh et al., 1988). نتایج نشان داد که رقم LD183 با متوسط عملکرد ۶۲۳۱ کیلوگرم دانه در هکتار بیشترین میزان تولید دانه در بین سطوح مختلف کود فسفر را داشت (Guilani et al., 2003).

نتایج مقایسه میانگین مربوط به صفات وابسته به عملکرد و اجزای عملکرد (جدول ۵) نشان می‌دهد عملکرد تک بوته در دو رقم برنج هاشمی و گیلانه از تقسیط فسفر (تقسیط دومرحله‌ای) تأثیر مثبت پذیرفته و این تأثیر در خاک سیلتی رسی بیشتر از لومی سیلتی بوده و به ترتیب ۱۴/۹ درصد (۵۰ درصد پایه و ۵۰ درصد ۶۰ روز بعد از نشاکاری) و ۸/۴ درصد (۵۰ درصد پایه و ۵۰ درصد ۲۰ روز بعد از نشاکاری) در مقایسه با مصرف پایه (۱۰۰٪) است. همانند عملکرد تک بوته، هر دو رقم واکنش یکسانی در تاثیرپذیری از تیمارهای کاربردی بر روی تعداد دانه پر از خود نشان داده و بیشترین میزان افزایش این صفت در گیلانه و هاشمی به ترتیب حدود ۲۱ و ۱۸/۵ درصد در تقسیط دو مرحله‌ای کود فسفره (۵۰ درصد پایه و ۵۰ درصد ۲۰ روز بعد از نشاکاری) و خاک سیلتی لومی به ثبت رسیده است. همچنین تعداد دانه پوک بیشترین میزان افزایش را در هر دو رقم گیلانه و هاشمی در خاک سیلت لوم داشته و به ترتیب ۸/۵ درصد در تقسیط سه مرحله‌ای (۵۰ درصد پایه و ۲۵ درصد ۲۰ روز بعد از نشاکاری و ۲۵ درصد ۶۰ روز بعد از نشاکاری) و ۲۶/۲ درصد در تقسیط دومرحله‌ای (۵۰ درصد پایه و ۵۰ درصد ۲۰ روز بعد از نشاکاری) بدست آمده است. این در حالی است که بیشترین درصد افزایش صفت دانه‌های پر در هر دو رقم برنج مورد آزمایش مرحله‌ای و به ترتیب ۲/۵ درصد (۵۰ درصد پایه و ۵۰ درصد ۲۰ روز بعد از نشاکاری) در هاشمی و ۴/۴۸ درصد (۵۰ درصد پایه و ۵۰ درصد ۶۰ روز بعد از نشاکاری) در رقم گیلانه به ثبت رسیده است. اگرچه تفاوتی بین میزان صفت درصد پوکی در رقم گیلانه در تیمارهای اعمال‌شده دیده نشده و به عبارت دیگر تقسیط تأثیر مثبتی بر آن نداشته است ولی رقم هاشمی بالاترین میزان این صفت را در تیمار سه مرحله‌ای (۵۰ درصد پایه و ۲۵ درصد ۲۰ روز بعد از نشاکاری و ۲۵ درصد ۶۰ روز بعد از نشاکاری) و به میزان ۴۸ درصد داشته است. برخلاف صفت درصد پوکی، تعداد دانه در خوشه در رقم هاشمی از تیمارهای تقسیطی اعمال‌شده تأثیر مثبتی نپذیرفته ولی رقم گیلانه ۱۴/۲ درصد افزایش در این صفت را در خاک سیلت لوم و تیمار سه مرحله‌ای (۵۰ درصد پایه و ۲۵ درصد ۲۰ روز بعد از نشاکاری و ۲۵ درصد ۶۰ روز بعد از نشاکاری) کود فسفره نشان داده است. تقسیط فسفر سبب افزایش میزان وزن هزاردانه در دو رقم برنج هاشمی و گیلانه شده و این تأثیر در خاک سیلتی لومی بیشتر از سیلتی رسی بوده و به ترتیب ۵/۸ درصد در تقسیط دو مرحله‌ای (۵۰ درصد پایه و ۵۰ درصد ۲۰ روز بعد از نشاکاری) و ۴/۴ درصد در تقسیط سه مرحله‌ای (۵۰ درصد پایه و ۲۵ درصد ۲۰ روز بعد از نشاکاری و ۲۵ درصد ۶۰ روز بعد از نشاکاری) در مقایسه با مصرف پایه (۱۰۰٪) بوده است. این در حالی است تفاوتی بین وزن خشک اندام هوایی و شاخص برداشت یک عدد خوشه در تیمارهای تقسیط و مصرف کامل کود به‌صورت پایه دیده نشده است. وزن حجمی دانه در هر دو رقم برنج موردبررسی بیشترین میزان درصد افزایش را در خاک سیلت رس و به ترتیب ۱۰/۴ درصد در تقسیط سه مرحله‌ای (۵۰ درصد پایه و ۲۵ درصد ۲۰ روز بعد از نشاکاری و ۲۵ درصد ۶۰ روز بعد از نشاکاری) برای رقم هاشمی و ۸/۵ درصد در تقسیط دو مرحله‌ای (۵۰ درصد پایه و ۵۰ درصد ۲۰ روز بعد از نشاکاری) برای رقم گیلانه از خود نشان داده است. با روندی مشابه با وزن حجمی دانه، درصد باروری خوشه به ترتیب ۱۲/۷ و ۴/۸ درصد افزایش داشته است. شاخص برداشت اندام‌های هوایی و شاخص برداشت کل (با ریشه) در رفتاری مشابه بیشترین میزان درصد افزایش ناشی از تاثیرپذیری از تیمارهای تقسیط فسفر را در خاک سیلت لوم و تیمار تقسیط سه مرحله ای به ثبت رسانده که به ترتیب برای هاشمی و گیلانه ۲۰ و ۱۸/۹ درصد، و ۱۳/۱ و ۱۴/۱ درصد است.

بررسی الگوی جذب تجمعی فسفر در شرایط مختلف آب و هوایی در گیاه برنج (Malakooti and Kavoosi, 2004) و بررسی رفتار تغییرات فسفر قابل‌جذب در خاک‌های شالیزاری شمال

کشور (Mahmoudsoltani et al., 2019) نشان می‌دهند اگرچه جذب آرام و تدریجی فسفر قابل‌جذب توسط گیاه و کلوئیدهای خاک از ابتدای مصرف فسفر و نشای گیاهچه برنج رخ می‌دهد ولی در بازه زمانی ۲۰ روز و ۵۰ تا ۷۵ روز پس از نشای گیاهچه به حداکثر خود رسیده و این انطباق حداکثر جذب توسط گیاه و خاک منجر به کاهش میزان فسفر قابل‌جذب در خاک بخصوص خاک‌هایی با محتوای رس بیشتر (در این آزمایش سیلت رس در مقایسه با سیلت لوم) در بازه‌های زمانی بیان‌شده می‌شود. به همین دلیل است که تقریباً تمام صفات عملکردی و اجزای عملکرد از تقسیط کود فسفره (بدون توجه به نوع تقسیط) تأثیر مثبت می‌پذیرند چرا که ضروری است در این بازه‌های زمانی به منظور جلوگیری از تأثیر منفی کمبود فسفر قابل‌جذب، فسفر در بخش محلول و قابل‌تبادل (فسفر لبایل) در خاک به‌اندازه کافی وجود داشته باشد تا نه‌تنها گیاه دچار افت عملکرد نشود بلکه بتواند به توان تولید ژنتیکی خود هرچه بیشتر نزدیک شود (Malakooti and Kavoosi, 2004). Singh et al., (1988) در اراضی شالیزاری هند و خاک شن رسی لوم نشان داد عملکرد دانه، کاه، وزن هزاردانه به‌طور معنی‌داری از تقسیط فسفر بخصوص سه مرحله‌ای تاثیر پذیرفته و میزان عملکرد در حدود ۲۰ درصد افزایش داشته است. این افزایش بدلیل تاثیر تقسیط در فراهمی فسفر قابل‌جذب و افزایش ۱/۵ برابری آن در خاک عنوان شده است. این نتیجه با روند تغییرات فسفر قابل‌جذب در خاک‌های مورد آزمایش در پروژه حاضر نیز تطبیق داشته است (داده‌ها نشان داده نشده است).

همچنین Archana et al. (2016) در ۵۰ مزرعه شالیزاری و با مصرف فسفر در سه مرحله (پایه، حداکثر پنجه‌زنی و بروز خوشه) نشان دادند که تقسیط فسفر منجر به افزایش ۱۰ درصدی عملکرد در مقایسه با کودپاشی پایه شده است. این نتایج با یافته های Yadav et al. (2004)، Babu et al. (2005)، Meena et al. (2014)، Kumar et al. (2015) در یک راستا می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داده است که تقسیط با افزایش فراهمی فسفر قابل‌جذب طی فصل رشد به‌ویژه ۲۰ و ۶۰ روز پس از نشاکاری با انطباق بر زمان حداکثر نیاز گیاه به این عنصر تأثیر معنی‌داری بر تقریباً تمام صفات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد داشته است. عملکرد دانه رقم برنج هاشمی در تیمار مصرف کود فسفره در دو تقسیط ۵۰ درصد پایه و ۵۰ درصد ۶۰ روز پس از نشاکاری، ۱۴/۹ درصد و عملکرد دانه رقم برنج گیلانه در تیمار مصرف کود فسفره در دو تقسیط ۵۰ درصد پایه و ۵۰ درصد ۲۰ روز پس از نشاکاری، ۸/۴ درصد در مقایسه با مصرف پایه افزایش داشته است. این در حالی است که بیشترین افزایش در صفت درصد دانه‌های پر در هر دو رقم برنج مورد آزمایش در خاک سیلت رس و تقسیط دو مرحله‌ای و به ترتیب ۹/۱ درصد (۵۰ درصد پایه و ۵۰ درصد ۲۰ روز پس از نشاکاری) در هاشمی و ۱۸/۳ درصد (۵۰ درصد پایه و ۵۰ درصد ۶۰ روز پس از نشاکاری) در رقم گیلانه دیده شده است. همچنین نتایج نشان داد که هر سه تیمار تقسیطی (تقسیط دو مرحله‌ای کود فسفر؛ ۵۰ درصد پایه و ۵۰ درصد ۲۰ روز بعد از نشاکاری)، تقسیط دو مرحله‌ای کود فسفر (۵۰ درصد پایه و ۵۰ درصد ۶۰ روز بعد از نشاکاری) و تقسیط سه مرحله‌ای کود فسفر (۵۰ درصد پایه و ۲۵ درصد ۲۰ روز بعد از نشاکاری و ۲۵ درصد ۶۰ روز بعد از نشاکاری) می‌تواند برای بهبود عملکرد گیاه استفاده قرار گیرد. اگرچه به نظر می‌رسد تیمار تقسیط دو مرحله‌ای (۵۰ درصد پایه و ۵۰ درصد ۲۰ روز بعد از نشاکاری) مناسبترین نوع تقسیط در این آزمایش باشد. بنابراین پیشنهاد می‌شود با تکرار این آزمایش در شرایط مزرعه علاوه بر بررسی شرایط واقعی مزرعه بر تقسیط برنج از نظر اقتصادی نیز امکان تقسیط بررسی گردد. همچنین در آزمایش دیگری کاهش مصرف کود فسفره تا ۲۵ درصد در شرایط تقسیط نیز مورد ارزیابی قرار گیرد تا امکان تأثیر مثبت تقسیط بر اقتصاد کشاورز و افزایش راندمان آن نیز سنجیده شود.

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

REFERENCES

Alam, M. M., Ali, M. H., Amin, A. K. M. R., & Hasanuzzaman, M. (2009). ‘‘Yield attributes, yield and harvest index of three irrigated rice varieties under different levels of phosphorus’’. *Advances in BiologicalResearch*, *3*(3-4): 132-139.

Allagholipoor, M. (2016). Analysis of grain yield stability of new rice (Oryza sativa L.) genotypes originated from Iranian local cultivars. *Iranain journal of crop science*, 18(301): 289-294.

Alloway, B. J. (2009). Soil factors associated with zinc deficiency in crops and humans. *Environmental Geochemistry and Health*, *31*(5), 537-548.

Amanullah, I., and Inamullah, X. (2016). ‘‘Dry matter partitioning and harvest index differ in rice genotypes with variable rates of phosphorus and zinc nutrition’’. *Rice Science*, *23*(2), 78-87.

Archana, K., Prabhakar Reddy, T., Anjaiah, T., and Padmaja, B., (2016), "Effect of dose and time of application of phosphorous on yield and economics of rice grown on P accumulated soil". *International Journal of Environmental Science and Technology*. 5: 5. 3309-3319.

Babu, P. S., Reddy, P. V., & Sathe, A. (2005). Phosphorus requirement and use efficiency by sunflower, Helianthus annuus L. in P-accumulated vertisols. *Journal of Oilseeds Research*, *22*(2), 410.

Beikzadeh, H., Alavi Siney, S.M., Bayat, M. and Ezadi, A.A. (2015). Analysis of grain yield stability of new rice (Oryza sativa L.) genotypes originated from Iranian local cultivars. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*, 104: 73-78.

Bubba, M. O., Arias, C. A., and Porix, H., (2003), "Phosphorus adsorption maximum of sands for use as media in subsurface flow cultivated reed beds as measured by the Langmuir adsorption isotherms". *Water Research*. 37: 3390-3400.

Dingkuhn, M., Luquet, D., Clément-Vidal, A., Tambour, L., Kim, H. K., & Song, Y. H. (2007). Is plant growth driven by sink regulation? Implications for crop models, phenotyping approaches and ideotypes. *Frontis*, 155-168.

FAO. (2018). Rice market monitor. Vol. XVI, Trade and Markets Division. Rome.

Grotz, N., and Guerinot, M. L. (2002). ''Limiting nutrients: an old problem with new solutions''. *Current Opinion in Plant Biology*, 5(2), 158-163.

Guilani, G., Siyadat, S.A., and Fathi, G. (2003). Effect of seedling age and density on yield and yield component of three rice cultivar at Khozestan conditions. *Final report of Rice research institute of Ira*n.

Holford, I.C. Wedderburn, M. and Mathingly, G.E. (1974). A Langmuir two-surface equation as a model for phosphate adsorption by soils. *J. Soil Sci.* 25: 242-254.

Khoshgoftarmanesh, A.H., Sadrarhami, A., Sharifi, H.R., Afiuni, D. and Schulin, R. (2009). Selecting zinc-efficient wheat genotypes with high grain yield using a stress tolerance index. *Agronomy Journal*, *101*(6), pp.1409-1416.

Kumar, A.D.V.S.L.P., Rao, M.S., and Satyanarayana, M. (2015). Influence of soil test based application of phosphorous fertilizers on yield of paddy: A case study in khammam District of Andhra Pradesh. *J. Rice Res.* 8: 1. 48-50.

Laegreid, M. Bockman, O.C. and Kaarstad, O. (1999). Agriculture, Fertilizer, and the Environement. Norsk hydro ASA. *CABI Publishing*, Porsgrunn, Norway.

Mahmoudsoltani, S., Allagholipoor, M., Shakoori, M. and Paykan, M. (2019). Behavior of available phosphorus during submerged condition in rice paddy soils by adding phosphorus fertilizer. *J. of Water and Soil Conservation*, 24(6): 25-46.

Mahmoudsoltani, S., Davatgar, N., Kavoosi, M. and Darighgoftar, F. (2011). Phosphorous fractionation of paddy fields and their relations with physical and chemical properties of soils (Case study: Some-e-Sara city, Guilan province. *J. of Water and Soil Conservation*, Vol. 18(2):159-176.

Malakooti, M.J., and Kavoosi, M. (2004). Balance nutrition of rice. *SANA publication press.* Tehran, Iran.pp 632.

Mannan, M. A., M. S. U. Bhuiya, H. M. A. Hossain, and M. I. M. Akhand. (2010). Optimization of nitrogen rate for aromatic Basmati rice (*Oriza sativa* L.). *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 35(1):157-165.

Massawe, P.I. and Mrema, J., (2017). Effects of different phosphorus fertilizers on rice (Oryza sativa L.) yield components and grain yields. *Asian Journal of Advances in Agricultural Research*, pp.1-13.

Meena, R.K., Neupane, M.P., and Singh, S.P, (2014), "Effect of phosphorous levels and bioorganic sources on growth and yield of rice (Oryza sativa L.)", *International Journal of Agricultural Science Research* .11: 286-289.

Moosavi, S. G., Mohamadi, A., Baradaran, R., Seghatolislam, M.J. and Amiri, A. (2015). Effect of different N fertilizer amounts on morphological characters, yield and yield component of three rice cultivars. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 13(1): 146-152.

Nicknejad, Y., Zarghami, R., Nasiri, M., Pirdashti, H., Tari, D. B., and Fallah, H. (2009). Investigation of physiological indices of different rice (Oryza sativa L.) varieties in relation to source and sink limitation. *Asian Journal of Plant Sciences*, *8*(5): 385-389.

Rawson, H. M., Richards, R. A., & Munns, R. (1988). An examination of selection criteria for salt tolerance in wheat, barley and triticale genotypes. *Australian Journal of Agricultural Research*, *39*(5), 759-772.

Singh, A.L., Singh, P.K., and Latha, P, (1988), "Effect of split application of phosphorous on the growth of azolla and low land rice", *Fertility Research.* 16: 2. 109-117.

Tonini, A. and Cabrera, E., (2011). Opportunities for global rice research in a changing world (No. 2215-2019-1630).

Yadav, S.L., Ramteke, J.R., Gedam, V.B., and Powar, M.S. (2004). Effect of time of application of phosphorus and potassium on the yield and nutrients uptake of rice hybrids. *Journal of Maharashtra Agricultural Universities*, 29: 2.

242-243.

Yosef Tabar, S. (2012). Effect of nitrogen and phosphorus fertilizer on growth and yield rice (Oryza sativa L.). *International journal of agronomy and Plant Production*, 3(12), 579-584.

Zheng, Z., Parent, L.E. and MacLeod, J.A., 2003. Influence of soil texture on fertilizer and soil phosphorus transformations in Gleysolic soils. *Canadian journal of soil science*, 83(4), pp.395-403.