تعیین حد بحرانی پتاسیم با عصاره‌گیر استات آمونیوم در شالیزارهای گیلان

مسعود کاوسی[۱] و محمدجعفر ملکوتی[۲]

چکیده

یکی از عناصر غذایی که نقش مهمی در افزایش عملکرد و کیفیت برنج دارد، پتاسیم است. اطلاع از حد بحرانی این عنصر در خاک و پاسخ‌های گیاهی به کاربرد مقادیر مختلف آن می‌تواند کمک مؤثری در توصیه بهینه کودی این عنصر غذایی باشد. بنابراین در این تحقیق حد بحرانی پتاسیم خاک برای گیاه برنج رقم خزر و مدل مناسب پیش‌بینی عملکرد دانه به منظور تعیین کود پتاسیمی مورد نیاز در ۲۱ مزرعه از شالیزارهای استان گیلان تعیین شد. در شالیزارهای انتخاب شده، عملیات آمادهٔ سازی زمین، کرت‌بندی قطعات آزمایشی به ابعاد ۵×۴ متر انجام گردید. قبل از نشاکاری، ازت و فسفر بر اساس آزمون خاک و به ترتیب از منابع اوره و سوپر فسفات تریپل اضافه گردید. پتاسیم به میزان ۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و۵۰۰ کیلوگرم اکسید پتاسیم از منبع کلرید پتاسیم به خاک اضافه گردید. سپس نشاهای سالم و یک‌نواخت برنج رقم خزر به تعداد ۳ تا ۵ عدد در هر کپه و به فواصل ۲۵×۲۵ سانتی‌متر در مزرعه کاشته شد. در پایان فصل رشد، بوته‌های برنج از سطح ۵ مترمربع کف‌بر گردیدند و دانه، کاه و کلش به طور جداگانه توزین گردید. وزن دانه براساس ۱۴ درصد رطوبت محاسبه و کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری مورد نیاز بر روی آن انجام شد. نتایج به دست آمده نشان داد که تأثیر مقادیر مختلف کلرید پتاسیم در سطح ۵ ٪ و اثر نوع خاک در سطح ۱٪ بر میزان عملکرد دانه معنی‌دار گردید. میانگین افزایش عملکرد در اراضی که به مصرف کلرید پتاسیم پاسخ مثبت نشان دادند برابر ۹۸۲ کیلوگرم شلتوک در هکتار بوده است. نتایج هم‌چنین نشان داد در شالیزارهایی که پتاسیم قابل استفاده آنها کمتر از ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بود، عکس‌العمل نسبت به کاربرد کلرید پتاسیم زیاد، در شالیزارهایی که پتاسیم آنها بین ۱۰۰ و ۱۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بود، عکس‌العمل آنها تقریباً کمتر و در شالیزارهایی که پتاسیم خاک‌های شالیزاری بیشتر از ۱۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بود، عکس‌العمل پایین بود. حد بحرانی پتاسیم خاک برای برنج رقم خزر در این بررسی براساس ۹۰ درصد عملکرد نسبی ۱۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک به دست آمد. در معادله نهایی پیش‌بینی عملکرد نسبی برنج، رابطه پتاسیم قابل استفاده خاک، پتاسیم آب آبیاری و مقدار کلرید پتاسیم مصرفی با عملکرد مثبت ولی رابطه عملکرد با مقدار فسفر قابل استفاده خاک منفی بود.

واژه‌های کلیدی: برنج، رقم خزر، پتاسیم قابل استفاده خاک، حد بحرانی پتاسیم

مقدمه

در گذشته که ارقام برنج کم محصول به صورت سنتی کشت می‌گردید، مقدار عملکرد آن پایین بوده و در نتیجه نیاز به عناصر غذایی نیز کمتر بوده است. از طرف دیگر بسیاری از

۱. استادیار پژوهش مؤسسه تحقیقات برنج کشور، رشت

۲. استاد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1385.10.3.9.8]

شالیزارها در حوضه رودخانه‌ها و یا دشت‌های آبرفتی قرار داشته و بنابراین دارای خاک‌های نسبتاً جوان با بافت سنگین و غنی از کانی‌های پتاسیم‌دار بوده‌اند و پتاسیم قابل استفاده در این اراضی نیاز برنج را تأمین می‌کرده است (۱۳ و۳۰). آب آبیاری نیز اغلب از نظر پتاسیم محلول و رسوبات غنی بوده و بخشی از پتاسیم مورد نیاز گیاه برنج را فراهم می‌سازد. در سال‌های اخیر با استفاده از ارقام اصلاح شده و پرمحصول برنج که نیاز بیشتری به عناصرغذایی از جمله پتاسیم دارند، تخلیه تدریجی پتاسیم ذخیره خاک و هم‌چنین استفاده غیرمتعادل از کودهای شیمیایی در گذشته، نیاز به کاربرد پتاسیم بیشتر احساس گردیده و بدین ترتیب استفاده از کودهای پتاسیمی به طور بارزی افزایش و درصد قابل ملاحظه‌ای از اراضی شالیزاری (حتی خاک‌های با بافت سنگین) از نظر تأمین پتاسیم مورد نیاز گیاه دچار کمبود شده‌اند (۷، ۸ ، ۱۳، ۲۲ و ۲۶).

حد بحرانی یک عنصر در خاک مقداری از آن عنصر است که احتمال پاسخ مثبت گیاه به مصرف کود حاوی آن عنصردر بیشتر از این مقدار کم باشد. حد بحرانی یک عنصر در خاک می‌تواند به صورت حداقل مقدار آن عنصر در خاک که عملکرد اقتصادی را تولید کند نیز تعریف شود (۹). ولی در عمل حد بحرانی ممکن است دامنه وسیعی داشته باشد که در چنین شرایطی معمولاً از میانگین حدود بحرانی استفاده می‌شود (۱۰ و۲۳). حد بحرانی یک عنصر در خاک با این که قادر نیست مقدار کود مورد نیاز را مشخص نماید، ولی می‌تواند خاک‌ها را از نظر نیاز یا عدم نیاز به مصرف کود دسته‌بندی کند (۹). اعداد متفاوتی برای حدود بحرانی پتاسیم در خاک‌های شالیزاری در مطالعات گلخانه‌ای و مزرعه‌ای ارائه شده است که عمدتاً در دامنه بین ۵۰ تا ۱۶۰ میلی‌گرم پتاسیم در کیلوگرم خاک (با روش استات آمونیوم یک مولار خنثی) قرار می‌گیرند (۱۴). به عنوان مثال در آمریکا اگر پتاسیم خاک کمتر از ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک باشد، آن خاک را از نظر پتاسیم دچار کمبود می‌دانند و اگر این مقدار بیشتر از ۸۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک باشد، پاسخ گیاه به مصرف کود را غیر محتمل می‌دانند (۱۳). محققان ژاپنی نیز ۸۲ میلی‌گرم پتاسیم در کیلوگرم خاک را حد بحرانی پتاسیم برای برنج می‌دانند (۱۹). در هندوستان این اعداد از ۵۱ تا ۱۶۰ میلی‌گرم پتاسیم در کیلوگرم خاک متغیر است (۶ و۱۹). کاوسی غلظت بحرانی پتاسیم برای برنج رقم سپیدرود را در یک آزمایش گلدانی ۱۱۲ میلی‌گرم در کیلوگرم (۳) و توفیقی (۱) این عدد را برای رقم خزر در یک آزمایش گلدانی ۱۳۵ میلی‌گرم در کیلوگرم و ملکوتی و همکاران حد بحرانی را برای پتاسیم برای ارقام پرمحصول برنج در استان مازندران ۱۷۲ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک به دست آوردند (۴).

پاسخ گیاه به مقدار کود مصرفی نیز بستگی به نوع گیاه، سطح عنصر مورد نظر در خاک، خصوصیات خاک و مدیریت زراعی دارد. در آزمایشی که در هندوستان با سه سطح ۳۰، ۶۰ و۹۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار انجام شد، کاربرد کود تا سطح ۶۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار باعث افزایش عملکرد دانه برنج شده است (۲۸). آزمایش گلدانی که در مؤسسه بین‌المللی تحقیقات برنج در دو خاک آمورف و خاک با رس غالب ورمی‌کولیت انجام گرفت نشان داد که کاربرد۸۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار در خاک آمورف، عملکرد دانه را از ۵۰ به ۷۵ گرم در گلدان و در خاک ورمی‌کولیتی عملکرد دانه را از ۶۵ به ۶۷ گرم در گلدان افزایش داد (۶).

در یک آزمایش دیگر در پنجاب هندوستان، کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار باعث افزایش عملکرد دانه، تعداد پنجه‌ها و وزن هزار دانه شد (۲۰). آزمایش‌های انجام شده در چین نشان داد که کاربرد ۱۱۲ کیلوگرم اکسید پتاسیم در هکتار عملکرد دانه برنج را افزایش داد (۷). نتایج تحقیقات انجام شده در مناطق مختلف نشان داده است که میانگین پاسخ برنج به کاربرد پتاسیم در بنگلادش، چین، هندوستان و فیلیپین به ترتیب ۷/۶، ۹/۳، ۴/۶ و۶/۴ کیلوگرم شلتوک به ازای هرکیلوگرم کاربرد اکسید پتاسیم (۲۱) و در شالیزارهای مازندران ۳ الی ۲۳ کیلوگرم شلتوک بود (۴). با توجه به مطالب ذکر شده، این تحقیق با اهداف تعیین حد بحرانی پتاسیم در خاک برای گیاه

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1385.10.3.9.8]

برنج رقم خزر، تأثیر مقادیر مختلف مصرف کلرید پتاسیم بر عملکرد برنج، تأثیر بعضی از خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک در پیش‌بینی معادله عملکرد برنج و ارائه مناسب‌ترین مدل پیش‌بینی عملکرد برنج برای تعیین کود پتاسیمی مورد نیاز در سال ۱۳۸۰ به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق قبل از شروع فصل زراعی، از خاک‌های ۵۰ مزرعه شالیزاری در مناطق مختلف استان گیلان (با توزیع جغرافیایی مناسب به نحوی که از شالیزارهای واقع در شرق وغرب گیلان و گیلان مرکزی متناسب با وسعتشان مزارع برای آزمایش در نظر گرفته شدند) نمونه‌های سطحی (۳۰-۰ سانتی‌متر) تهیه و سپس اقدام به تعیین بعضی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و مقدار پتاسیم قابل استفاده آنها با استات آمونیوم یک مولارخنثی گردید. علت انتخاب این عصاره گیر گزارش رابطه معنی‌دار بین پتاسیم استخراج شده به وسیله این عصاره گیر با غلظت ومقدار جذب پتاسیم به وسیله گیاه برنج (به ترتیب **۰/۶۷و **۰/۶۹) توسط کاوسی (۳) در شالیزارهای گیلان بوده است. ۲۱ مزرعه از بین مزارع یاد شده به نحوی انتخاب گردید که دارای پراکنش خوبی از نظر پتاسیم قابل استفاده، ظرفیت تبادل کاتیونی و درصد رس خاک باشد. در نمونه‌های خاک تهیه شده از این مزارع واکنش خاک در خمیر اشباع (۲۴)، درصد کربن‌آلی به روش والکی‌بلاک (۲۵)، ظرفیت تبادل کاتیونی با روش باور در دو تکرار (۱۱)، پتاسیم قابل استفاده با استات آمونیوم یک مولار خنثی (۲۷)، درصد رس با روش هیدورمتری (۱۵) تعیین گردید. پس از انتخاب مزارع و عملیات آماده‌سازی زمین (شخم اول، دوم و ماله‌کشی)، کرت‌بندی قطعات آزمایشی به ابعاد ۵×۴ متر انجام گرفت. قبل از نشاکاری کوددهی طبق تیمارهای پیش‌بینی شده در طرح انجام گردید. ازت و فسفر بر اساس آزمون خاک و به ترتیب از منابع اوره و سوپرفسفات تریپل به خاک‌ها اضافه گردید. نحوه عمل به این صورت بود که خاک‌هایی که فسفر قابل دسترس آنها پایین‌تر از ۱۵ میلی گرم در کیلوگرم خاک بود فسفر به مقداری اضافه شد که فسفر قابل دسترس آنها به ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک افزایش یابد و به خاک‌هایی که مقدار فسفر آنها بالاتر از ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بود، فسفری اضافه نگردید. در مورد ازت نیز طبق توصیه‌های موجود در مؤسسه تحقیقات برنج به خاک‌هایی که مقدار ازت کل آنها پایین‌تر از ۰/۲ درصد بود ۹۰ کیلوگرم ازت خالص از منبع اوره اضافه گردید. تیمارهای مورد بررسی در این طرح شامل کاربرد ۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم اکسید پتاسیم در هکتار و از منبع کلرید پتاسیم بود که به صورت یک‌جا و قبل از نشاکاری در سطح کرت‌های آزمایشی پخش و با دست با خاک سطحی(۵-۰ سانتی‌متر) مخلوط گردید. طرح آزمایشی مورد استفاده در این تحقیق بلوک‌های کامل تصادفی با ۶ تیمار ذکر شده و۲۱ تکرار بود. تکرارهای این آزمایش در واقع خاک‌های مناطق مختلف مورد آزمایش بود.

پس از عملیات کوددهی نشاهای سالم و یک‌نواخت برنج رقم خزر به تعداد ۳ تا ۵ عدد در هرکپه و به فواصل ۲۵× ۲۵ سانتی‌متر در مزرعه کاشته شدند. کلیه عملیات داشت مانند مبارزه شیمیایی با علف‌های هرز، وجین دستی علف‌های هرز، مبارزه با آفات عمده برنج و بیماری بلاست طبق روش‌های مرسوم توسط خود زارعین انجام گردید. عمق آب ایستابی تا ۱۰ روز قبل از برداشت محصول، بین ۲ تا ۵ سانتی‌متر کنترل گردید. بوته‌ها در زمان رسیدگی ازسطح ۵ مترمربع کف‌بر و پس از خرمنکوبی، دانه و کاه و کلش به طور جداگانه توزین و نمونه‌های فرعی نیز به منظور اندازه‌گیری رطوبت، از آنها تهیه گردید. وزن دانه بر اساس ۱٤ درصد رطوبت محاسبه و کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری بر روی آن انجام و مقدار پتاسیم در گیاه نیز پس از هضم به روش تر (۱۸) با استفاده از روش شعله‌سنجی در نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. عملکرد نسبی با تقسیم عملکرد تیمار شاهد به تیماری که حداکثر عملکرد دانه را تولید نموده محاسبه شد. حد بحرانی پتاسیم برای خاک‌های مورد آزمایش با روش تصویری کیت- نلسون تعیین گردید (۱۲).

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1385.10.3.9.8]

جدول ۱. دامنه و میانگین بعضی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مورد بررسی

محل آزمایش	پتاسیم قابل استفاده	کربن آلی (٪)	ازت کل (٪)	فسفر قابل استفاده	واکنش خاک	ظرفیت تبادل کاتیونی	رس (٪)
هشتپر- جوکندان	۱۵۲	۲/۴۲	۰/۲۴۵	۲۴/۱	۷	۵۰	۲۲
هشتپر- دوبلین	۱۸۵	۲/۱۴	۰/۳۵۷	۲۶/۷	۷	۴۷	۴۰
رودبار	۱۵۶	۰/۶۹	۰/۰۷۲	۱/۷	۷/۹	۱۷	۱۴
سنگر	۲۲۰		۰/۲۷۳	۵۰/۴	۶/۱	۴۵	۳۸
لنگرود- کومله	۷۷	۱/۹۴	۰/۱۹۸	۵/۴	۶	۲۱	۳۲
لنگرود- چاف	۱۲۳	۱/۹۱	۰/۱۹۹	۵۵/۵	۶/۸	۲۶	۲۴
املش- لکموج	۸۶	۱/۶۹	۰/۱۶۸	۱۳/۴	۶/۸	۱۸	۳۸
املش- سیویر	۱۵۶	۱/۹۱	۰/۲۲۴	۳۰/۲	۷/۴	۲۸	۲۴
رودسر	۷۷	۲/۵۲	۰/۲۱۴	۳۶/۷	۷/۴	۲۲	۱۰
تالش- شاندرمن	۱۲۸	۳/۹۶	۰/۳	۳۳/۱	۷/۵	۳۵	۳۰
شفت	۱۳۷	۱/۵۵	۰/۲۱۵	۱۵/۵	۷/۱	۲۴	۳۲
خمام- لات	۲۱۵	۲/۳۸	۰/۲۸۱	۲۱/۹	۷/۱	۳۸	۳۸
خمام- مرزدشت	۱۱۴	۲/۴۹	۰/۲۴۲	۳۴/۶	۶/۶	۲۸	۱۲
لاهیجان- پهمدان	۹۱	۰/۷۹	۰/۰۸۴	۱۹/۷	۷/۸	۱۶	۴
لاهیجان- حسنعلی‌ده	۱۸۰	۱/۲۶	۰/۱۰۲	۱۵/۷	۷/۸	۲۱	۱۴
آستارا	۲۵۴	۱/۶۴	۰/۱۹۹	۱۵/۷	۶/۹	۴۱	۳۲
اسالم- لامیر	۸۶	۲/۵۷	۰/۲۱۷	۲۲/۹	۷/۳	۲۹	۲۸
کوچصفهان	۱۷۴	۲/۲	۰/۲۴۵	۱۷/۳	۷/۳	۲۶	۱۶
پره‌سر	۱۲۸	۶/۹۴	۰/۳۲۲	۱۴/۱	۶/۹	۵۱	۳۰
رضوانشهر	۹۱	۱/۴۳	۰/۲۳۳	۸/۴	۷/۲	۳۰	۲۴
رشت- فشتام	۱۰۹	۱/۷۶	۰/۱۸۴	۹/۱	۵/۹	۲۴	۴۰
دامنه	۷۷-۲۵۴	۰/۶۹-۶/۹	۰/۰۷-۰/۲۸	۲-۵۶	۵/۹-۷/۹	۱۶-۵۱	۸-۴۰
میانگین	۱۴۰	۲/۲	۰/۲۲	۲۴	۷	۲۰	۲۶

نتایج و بحث

جدول ۱ دامنه و میانگین بعضی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. این جدول نشان می‌دهد که واکنش خاک‌های مورد آزمایش از ۵/۹ تا ۷/۹ و با میانگین ۷/۰ بود که برای رشد برنج محدود کننده نیست. با وجود این که میانگین کربن‌آلی (۲/۲ درصد)، کمبودی در این خاک‌ها نشان نمی‌دهد ولی حد پایین کربن‌آلی (۰/۶۹) حاکی از کمبود آن در برخی از خاک‌ها بود. میانگین فسفر قابل استفاده در این خاک‌ها ۲۴ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بود که بالاتر از سطح بحرانی این عنصر (۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) برای برنج (۲) بود. خاک ۴ مزرعه از ۲۱ مزرعه مورد بررسی دارای فسفر قابل استفاده کمتر از حد کفایت بوده و ۶ خاک نیز دارای

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1385.10.3.9.8]

جدول ۲. تجزیه واریانس عملکرد دانه برنج (کیلوگرم درهکتار)

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F محاسبه شده
تکرار (نوع خاک)	۲۰	۲۲۳۰۵۱۶	۳۲/۵۰ **
تیمار (سطوح کود پتاسیم)	۵	۱۹۴۸۹۸۷/۹	۲/۸۴ *
اشتباه	۱۰۰	۶۸۶۲۴۷	

CV= ۱۳/۶٪

* و ** : به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

فسفر قابل استفاده بالاتر از ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بود که احتمال دارد عامل محدودکننده‌ای در جذب روی بوده و ایجاد عدم تعادل با عناصر غذایی ضروری دیگر نماید (۱۶).

تجزیه واریانس داده‌های به دست آمده از این آزمایش (جدول ۲) نشان داد که اثر کاربرد مقادیر مختلف کودهای پتاسیمی در سطح ۵ درصد و اثر نوع خاک (محل آزمایش) بر میزان عملکرد دانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید. تفاوت عملکرد برنج در خاک‌های شالیزاری مورد بررسی حاکی از اختلاف در وضعیت حاصلخیزی و ظرفیت تولید برنج در این اراضی بود.

عملکرد دانه برنج در شالیزارهای مورد بررسی و هم‌چنین عملکرد نسبی آنها در جدول ۳ نشان داده شده است. ارقام این جدول نشان می‌دهد ۵ مزرعه از ۲۱ مزرعه مورد بررسی، با کاربرد پتاسیم عملکرد آنها کاهش یافته و ۱۶ مزرعه نسبت به کاربرد پتاسیم پاسخ مثبت نشان داد. ولی از این ۱۶ مزرعه، در ۷ مزرعه عملکرد نسبی آنها کمتر از ۹۰ درصد بود. میانگین افزایش عملکرد در ۷ مزرعه ذکرشده با توجه به بهترین تیمار کودی (تیماری که حداکثر عملکرد دانه را تولید کرده است) ۱۴۶۶ کیلوگرم شلتوک در هکتار بود ولی این میانگین برای کل مزارع ۵۳۱ کیلوگرم شلتوک در هر هکتار بود. نکته جالبی که در این بررسی دیده شد آن بود که میانگین عملکرد دانه برنج در تیمار شاهد نسبت به سایر تیمارها بالاتر بود. این نکته مؤید آن است، هنگامی که کود پتاسیمی به مقدار مورد نیاز واقعی گیاه (با توجه به شرایط خاک) مصرف گردد، می‌تواند باعث افزایش عملکرد و در غیر این صورت با برهم زدن تعادل بین عناصر غذایی (به خصوص برهم زدن نسبت ازت به پتاسیم در گیاه) حتی کاهش عملکرد را نیز به دنبال داشته باشد. بررسی روابط هم‌بستگی بین پتاسیم قابل استفاده خاک با بعضی از شاخص‌های گیاهی نشان داد که پتاسیم قابل استفاده خاک (استخراج شده با استات آمونیوم یک مولار خنثی) هم‌بستگی معنی‌داری با غلظت و مقدار جذب پتاسیم به وسیله گیاه برنج (به ترتیب **۰/۶۱ و **۰/۶۵) دارد. در حالی که این هم‌بستگی با مقدار مطلق عملکرد غیرمعنی‌دار بود که با توجه به تابعیت عملکرد گیاه از عوامل متعدد که یکی از آنها پتاسیم خاک است، دور از انتظار نمی‌باشد.

تغییرات عملکرد نسبی در مقابل پتاسیم قابل دسترس ۲۱ خاک شالیزاری بررسی و نشان داد که با استفاده از این نمودار می‌توان تقریباً سه منطقه را از نظر پاسخ به مصرف کلرور پتاسیم جدا نمود (شکل ۱):

منطقه ۱ با پتاسیم قابل دسترس کمتر از ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک که شیب منحنی در آن تند بوده و نشان دهنده تأثیر زیاد مصرف کلرید پتاسیم در افزایش عملکرد برنج خزر می‌باشد، منطقه ۲ با پتاسیم قابل استفاده بین ۱۰۰ تا حدود ۱۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک که شیب منحنی در آن ملایم‌تر از منطقه یک بود و نشان دهنده این مطلب است که در این دامنه از پتاسیم قابل استفاده خاک، مصرف کود پتاسیمی تأثیر کمتری در افزایش عملکرد دانه برنج خزر داشت و منطقه ۳ با پتاسیم تبادلی بیش از ۱۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک که در آنها شیب منحنی بسیار کند و بطئی بوده و احتمال افزایش عملکرد برنج

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1385.10.3.9.8]

جدول ۳. عملکرد دانه برنج (کیلوگرم در هکتار) در سطوح مختلف پتاسیم و عملکرد نسبی

محل شالیزار	K_0	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	عملکرد نسبی	افزایش عملکرد بهترین تیمار نسبت به شاهد (کیلوگرم در هکتار)
هشتپر- جوکندان	۶۲۹۴	۶۱۱۸	۶۵۵۵	۶۰۸۵	۴۶۴۹	۵۸۶۷	۹۶/۰	۲۶۱
هشتپر- دولبین	۵۱۴۸	۵۲۵۲	۳۸۷۲	۵۰۲۰	۵۰۷۳	۲۰۶۷	۹۸/۰	۱۰۴
رودبار	۳۱۰۳	۳۳۲۵	۲۶۵۰	۲۶۱۹	۲۶۶۳	۲۸۸۳	۹۳/۳	۲۲۲
سنگر	۷۸۱۹	۷۵۶۰	۷۲۳۰	۷۰۰۶	۷۹۶۳	۶۷۳۳	۹۸/۲	۱۴۴
لنگرود- کومله	۷۶۰۹	۷۷۸۵	۷۱۱۳	۷۱۸۹	۹۱۲۶	۷۴۱۵	۸۳/۴	۱۵۱۷
لنگرود- چاف	۱۰۹۶۳	۸۲۹۰	۸۳۱۶	۸۳۱۵	۱۰۰۱۲	۶۱۸۷	۱۰۹/۵	-۹۵۱
املش- لکموج	۵۳۲۶	۶۶۴۳	۴۹۳۹	۵۴۲۶	۶۰۲۴	۶۳۷۳	۸۰/۲	۱۳۱۷
املش- سیویر	۸۷۴۷	۹۲۶۷	۹۷۷۰	۷۰۸۸	۹۱۳۴	۹۶۷۴	۸۹/۵	۱۰۲۳
رودسر	۴۷۱۴	۶۹۲۹	۵۲۶۰	۵۹۷۶	۴۶۸۴	۶۴۵۰	۶۸/۰	۲۲۱۵
تالش- شاندرمن	۷۷۴۵	۷۵۲۸	۷۸۱۱	۹۵۰۴/۹	۷۵۶۶	۸۹۹۳	۸۱/۵	۱۷۶۰
شفت	۴۱۷۲	۴۰۶۶	۳۸۹۳	۴۱۴۴	۳۱۸۴	۳۶۷۷	۱۰۰/۷	-۲۸
خمام- لات	۸۲۲۰	۷۴۹۳	۸۴۹۸	۷۴۲۲	۸۱۷۸	۷۸۲۴	۹۶/۷	۲۷۸
خمام- مرزدشت	۵۴۶۰	۴۲۱۱	۵۵۲۲	۵۰۷۵	۵۵۹۷	۴۳۷۰	۹۷/۵	۱۳۷
لاهیجان- پهمدان	۶۰۹۵	۵۸۳۶	۶۷۵۴	۵۳۱۴	۴۴۷۲	۵۲۵۷	۹۰/۲	۶۵۹
لاهیجان-حسنعلی‌ده	۱۱۳۷۶	۱۱۵۹۵	۹۱۵۹	۸۰۹۰	۷۶۸۳	۷۲۲۸	۹۸/۱	۲۱۹
آستارا	۵۳۷۹	۵۹۱۴	۵۵۲۹	۴۲۶۴	۴۲۴۷	۴۷۸۹	۹۱/۰	۵۳۳
اسالم	۴۷۵۶	۴۶۵۹	۴۵۷۰	۴۴۹۲	۴۵۸۷	۲۹۲۰	۱۰۲/۱	-۹۷
کوچصفهان	۵۳۴۱	۴۲۰۶	۵۳۲۲	۴۵۹۹	۵۳۰۷	۴۹۴۸	۱۰۰/۳	-۱۹
پره‌سر	۳۹۱۸	۲۹۰۲	۳۳۳۷	۳۱۳۸	۲۸۹۴	۲۳۹۹	۱۱۷/۴	-۵۸۱
رضوانشهر	۶۹۵۱	۸۱۴۱	۸۷۰۵	۷۴۹۶	۷۲۵۳	۷۰۹۷	۷۹/۸	۱۷۵۴
رشت	۵۴۴۱	۵۴۵۳	۵۱۱۵	۵۵۶۶	۶۱۱۶	۴۵۰۰	۸۸/۹	۶۷۵
میانگین	۶۴۰۸	۶۳۴۲	۶۲۳۰	۵۸۹۷	۶۰۱۹	۵۶۰۲	۹۳	۵۳۱

* : پتاسیم خاک با روش استات آمونیوم یک مولار خنثی عصاره‌گیری شده و واحد آن میلی‌گرم در کیلوگرم خاک می‌باشد.

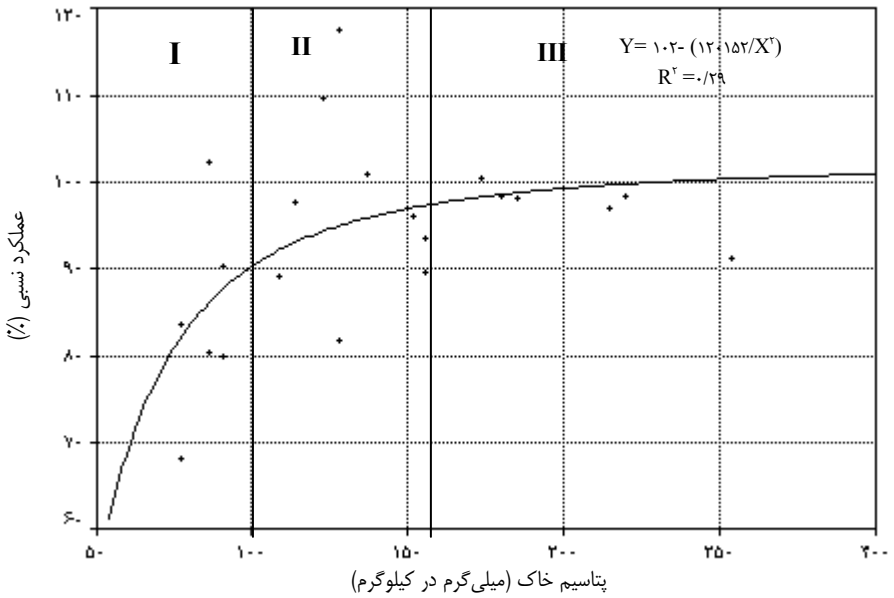
K0، K1، K2، K3، K4 و K5 : به ترتیب کاربرد ۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم اکسید پتاسیم در هکتار

در اثر مصرف کلرید پتاسیم در آن بسیار پایین بود (شکل ۱). در این شکل عملکرد برنج در مزارع پره‌سر، چاف لنگرود و اسالم (با عملکرد نسبی به ترتیب ۱۱۷، ۱۰۹ و ۱۰۲ درصد) با وجود این که پتاسیم قابل دسترس آنها کمتر از حد بحرانی بود ولی با مصرف کود پتاسیم کاهش یافت. این مسأله می‌تواند مربوط به عوامل مختلفی مثل خطای اجرای آزمایش و یا تأثیر عوامل ناشناخته باشد. لازم به ذکر است که عملکرد نسبی مربوط به منطقه پره‌سر در خارج از حدود اطمینان و عملکرد نسبی مربوط به منطقه چاف لنگرود در مرز منحنی حدود اطمینان قرار داشت.

حد بحرانی پتاسیم خاک برای برنج رقم خزر بر اساس ۹۰ درصد عملکرد نسبی و با استفاده از روش ترسیمی کیت-

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1385.10.3.9.8]



شکل ۱. نمودار تغییرات عملکرد نسبی در مقابل پتاسیم قابل استفاده خاک

نلسون تعیین شد (شکل ۲). براساس این شکل حد بحرانی پتاسیم برای برنج خزر در خاک‌های مورد بررسی ۱۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک تعیین گردید.

در آزمایشی کاوسی (۳) حد بحرانی پتاسیم خاک برای برنج رقم سپیدرود را بر اساس ۹۰ درصد عملکرد نسبی در یک آزمایش گلدانی ۱۱۲ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک و توفیقی (۱) این عدد را براساس ۹۵ درصد عملکرد نسبی برای برنج رقم خزر در یک آزمایش گلدانی ۱۳۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک گزارش نمودند. به طور کلی حد بحرانی پتاسیم برای ارقام مختلف برنج غالباً بین ۱۳۱ تا ۱۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک گزارش شده است (۱٤). در ژاپن حد بحرانی پتاسیم برای برنج ۸۲ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک گزارش شده است (۱۷). در هندوستان این اعداد از ۵۱ تا ۱۶۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک متغیر بوده است (۵ و۱۷). فون یوکسکول (۲۹) حد بحرانی پتاسیم برای شالیزارهای آسیا رابین ۱۰۰ تا ۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک برآورد نموده است.

جدول ۴ معادله رگرسیون و ضرایب هم‌بستگی و تعیین و اشتباه استاندارد بین پارامترهای مورد بررسی و عملکرد نسبی برنج را نشان می‌دهد. همان گونه که این جدول نشان می‌دهد عملکرد نسبی تابع عوامل متعددی می‌باشد. هنگامی که فقط پتاسیم قابل استفاده خاک و مقدار کود مصرفی در معادله رگرسیون وارد شود تنها ۵۵ درصد از تغییرات عملکرد نسبی در خاک‌های با پتاسیم قابل استفاده پایین‌تر از حد بحرانی و با عملکرد نسبی کمتر از ۹۰ درصد قابل پیش‌بینی است. وقتی که علاوه بر پارامترهای ذکر شده، غلظت پتاسیم آب آبیاری نیز وارد معادله شود، ۶۶ درصد تغییرات عملکرد نسبی با پارامترهای ذکر شده قابل توجیه و پیش‌بینی است. همان گونه که این معادله نشان می‌دهد تمامی پارامترها با ضریب مثبت وارد معادله شده‌اند. یعنی اگر خاکی مقدار پتاسیم قابل استفاده و پتاسیم موجود در آب آبیاری آن بالا باشد، برای رسیدن به حداکثر عملکرد نسبی نیاز به مصرف کود پتاسیمی کمتری خواهد بود. اگر خاکی با همان مقدار پتاسیم قابل استفاده، مقدار پتاسیم موجود در آب آبیاری آن کمتر باشد، برای رسیدن به حداکثر عملکرد نسبی کود پتاسیمی بیشتری باید مصرف گردد. نکته جالب توجه در معادله چهارم (یعنی زمانی که فسفر قابل استفاده خاک نیز وارد معادله شده باشد) به چشم می‌خورد. این

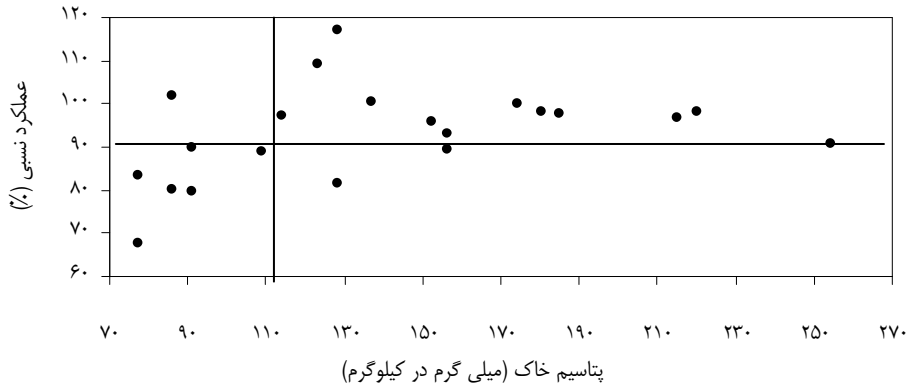
[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1385.10.3.9.8]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1385.10.3.9.8] [Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-05]

جدول ۴. معادله رگرسیون و ضرایب هم‌بستگی و تبیین و اشتباه استاندارد بین پارامترهای مورد بررسی و عملکرد نسبی دانه برنج

پارامترهای واردشده در معادله رگرسیون	ضریب هم‌بستگی (r)	ضریب تعیین (R^2)	اشتباه استاندارد	معادله رگرسیون
پتاسیم قابل دسترس خاک (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۰/۶۳**	۰/۴۰	۶/۴	(پتاسیم خاک) ۰/۱۵۴ + ۶۷/۳ = عملکرد نسبی
پتاسیم خاک + مقدار کود مصرفی (کیلوگرم اکسید پتاسیم درخاک)	۰/۷۴**	۰/۵۵	۵/۹	(مقدار کود مصرفی) ۰/۰۱۸ + (پتاسیم خاک) ۰/۰۶۸ + ۵۹/۷۶ = عملکرد نسبی
پتاسیم خاک + مقدار کود مصرفی + پتاسیم آب آبیاری (میلی‌گرم در لیتر)	۰/۸۱**	۰/۶۶	۵/۷	(پتاسیم آب‌آبیاری) ۱/۲۷ + (مقدار کود مصرفی) ۰/۰۲۱ + (پتاسیم خاک) ۰/۱۵۷ + ۵۸/۷۷ = عملکرد نسبی
پتاسیم خاک + مقدار کود مصرفی + پتاسیم آب آبیاری + فسفر قابل دسترس (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۰/۹۱**	۰/۸۳	۴/۵	(فسفرخاک)۰/۲۶- (پتاسیم آب‌آبیاری) ۱/۳۰+ (مقدارکود مصرفی)۰/۰۱ + (پتاسیم خاک) ۰/۱۵+۶۵/۶۳ = عملکرد نسبی



شکل ۲. غلظت بحرانی پتاسیم برای برنج رقم خزر

معادله نشان می‌دهد فسفر قابل استفاده خاک به صورت یک عامل منفی و کاهنده در معادله وارد شده است. یعنی اگر پتاسیم قابل استفاده خاک، پتاسیم موجود در آب آبیاری و مقدار کود مصرفی در دو خاک کاملاً یکسان باشد، خاکی که فسفر قابل استفاده بالاتری دارد از عملکرد پایین‌تری برخوردار خواهد بود. این مسأله با توجه به سطح بالای فسفر در اکثر خاک‌ها که علاوه بر ایجاد عدم تعادل بین عناصر غذایی می‌تواند عامل مهم و تعیین کننده‌ای در کاهش جذب روی قابل دسترس از خاک توسط گیاه برنج (۱۶) باشد، قابل توجیه می‌باشد.

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج به دست آمده از این تحقیق را می‌توان چنین استنباط نمود که :

الف) حد بحرانی پتاسیم خاک برای برنج رقم خزر بر اساس ۹۰ درصد عملکرد نسبی ۱۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک تعیین گردید.

ب) میانگین افزایش عملکرد در اراضی که به مصرف کود پاسخ مثبت نشان دادند، ۹۸۲ کیلوگرم شلتوک در هکتار بود.

ج) اراضی با پتاسیم قابل استفاده کمتر از ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، بیشترین عکس‌العمل مثبت را به مصرف کلرور پتاسیم، ولی اراضی با پتاسیم بیشتر از ۱۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک چندان عکس‌العمل مثبتی نسبت به مصرف کود نشان ندادند.

د) در معادله نهایی پیش‌بینی عملکرد برنج رقم خزر، پتاسیم قابل دسترس خاک، مقدار پتاسیم موجود در آب آبیاری و مقدار کود پتاسیمی مصرف شده با ضریب مثبت و مقدار فسفر قابل دسترس خاک با ضریب منفی وارد معادله شد.

منابع مورد استفاده

۱. توفیقی، ح. ۱۳۷۷. بررسی پاسخ برنج به کود پتاسیم در خاک‌های شالیزاری شمال ایران. علوم کشاورزی ایران ۲۹ (۴): ۸۶۹-۸۸۳.

۲. درودی، م. س.، م. ج. ملکوتی، م. کاوسی، م. ر. بلالی، م. شهابیان، ز. خادمی، ع. مجیدی و م. کافی. ۱۳۷۹. توصیه بهینه کودی برای محصولات زراعی و باغی استان گیلان. نشریه فنی شماره ۱۹۵، مؤسسه تحقیقات خاک وآب، تهران، ایران.

۳. کاوسی، م. ۱۳۷۸. مطالعه عوامل مؤثر در جذب پتاسیم از خاک توسط گیاه برنج و تعیین عصاره‌گیر مناسب برای پتاسیم در برخی از شالیزارهای گیلان. پایان‌نامه دکتری خاک‌شناسی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1385.10.3.9.8]

۴. ملکوتی، م. ج.، م. ح. داودی، ن. سعادتی، م. ولی‌نژاد، م. ر. رمضانپور، م. محمودی و م. محمدیان. ۱۳۸۰. تعیین حد بحرانی پتاسیم برای برنج و بررسی پاسخ آن به کلرور پتاسیم در اراضی شالیزاری مازندران. مجله علمی پژوهشی خاک و آب، ویژه نامه مصرف بهینه کود. ۱۲ (۱۴): ۵۴-۶۲.

5. Alghewi, I. T. and M. P. Russell. 1993. Development and validation of equations to predict index of subsoil potassium supply capability. Soil Sci. 155: 349- 356.
6. Bansal, K. N., V. P. S. Bhadoriam and J. N. Dube. 1985. Effect of applied potassium on nutrient contents of rice grown in three soils. Plant and Soil 84 (2): 275-278.
7. Bao, L. 1985. Effect and management of potassium fertilizer on wetland rice in China. PP. 282- 292. *In*: Wetland Soils. Int. Rice Res. Inst. Los Banos, Philippines.
8. Bhatti, A., H. Rahaman and A. H. Gurmani. 1984. Comparative effect of potassium chloride and potassium suphate fertilizers on the yield of paddy. Potash Rev., Sub. 9. Cereal Crops. No. 1:1-5.
9. Black, C. A. 1993. Soil Fertility Evaluation and Control. Lewis Pub., London, UK.
10. Brennan, R. F. and J. V. Gartrell. 1990. Reaction of zinc with soil affecting its availability to subterranean clover. I. The relationship between critical concentrations of extractable zinc and properties of Australian soils responsive to applied zinc. Aust. J. Soil Res. 28: 293-302.
11. Chapman, H. F. 1965. Cation exchange capacity. PP. 891-901. *In*: C. A. Black et al. (Eds.), Method of Soil Analysis. SSSA. Madison, WI.
12. Dhanke, W. C. and R. O. Olson. 1990. Soil test correlation, calibration, and recommendation. *In*: L. M.Walsh and J. D. Beaton(Eds.), Soil Testing and Plant Analysis. SSSA book series, No. 3, Madison, WI.
13. De Datta, S. K. and D. S. Mikkelsen. 1985. Potassium nutrition of rice. PP. 665-701. *In*: R. D. Munson (Ed.), Potassium in Agriculture. SSSA. Madison, WI.
14. Doberman, A., P. C. Sta Cruz and K. G. Cassman. 1996. Fertilizer inputs, nutrient balance, and K balance. Nutr. Cyc. in Agroecosys. 46: 1-10.
15. Gee, G. W. and J. W. Bauder. 1986. Particle size analysis. *In*: A. Klute (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 1, SSSA. Madison, WI.
16. Haidar, M. and L. N. Mandal. 1981. Effect of phosphorus and zinc on the growth and phosphorus, zinc, iron and manganese nutrition of rice. Plant Soil 59:415-425.
17. Jones, U. S., J. C. Katyal, C. P. Mamaril and C. S. Spark. 1982. Wetland rice-nutrient deficiencies other than nitrogen. PP. 327-378. *In*: Rice research strategies for future. Int. Rice Res. Inst., Los Banos, Philippines.
18. Kaling, I., W. Van-Vark, V. J. G. Houba and J. J. Vander-Lee. 1989. Soil and plant analysis procedures. Wageningen University, Netherlands.
19. Kemler, G. 1980. Potassium deficiency in soils of the tropics as a constraints to food production in the tropics. PP. 233-275. *In*: Priorities for alleveating soil-related constraints to food production in the tropics. Int. Rice Res. Inst., Los Banos, Phlippines.
20. Kolar, J. S. and H. S. Grewal. 1989. Response of rice to potassium. Int. Rice Res. Newsletter 14 (3): 33.
21. Mahapatra, I. C. and P. Prasad. 1970. Response of rice to potassium in relation to its transformation and availability under waterlogged conditions. Fert. News 15 (2):34-41.
22. Malavolta, A. E. 1985. Potassium status of tropical and subtropical region soils. *In*: R. D. Munson (Ed.), Potassium in Agriculture. SSSA. Madison, WI.
23. Mascagni, H. J. J. and F. R. Cox. 1985. Calibration of a managese availability index for soybean soil test data. Soil Sci. Soc. Amer. J. 49: 382-386.
24. Mc Lean, E. O. 1992. Soil pH and lime requirement. *In*: Page, et al. (Eds.), Methods of Soil Analysis. SSSA. Madison, WI.
25. Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1990. Total carbon, organic carbon, and organic matter. *In*: page et al. (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2, SSSA, Madison, WI.
26. Oberthur, T., A. Dobermann and H. D. Neue. 1995. Spatial modeling of soil fertility. A case study in Neuva Ecija, Philippines. PP. 689-705. *In*: Proceeding of the Int. Rice Res. Conf., IRRI, Los Banos, Philippines.
27. Quemener, J. and M. Bosc. 1988. Remarques sur la determenation du potassium echangeable. PP. 109-132. *In*: L. Gachon (Ed.), Phosphore et Potassium dans les relation sol-plante, IRNA, Paris.
28. Thakur, R. B. 1992. Potassium fertilization in transplanted rice. J. Potassium Res. 8 (2): 158-161.
29. Von Uexkull, H. R. 1978. Potash and rice production in Asia. Potash Review, Subj. 9, Cereal crops, 41th suite, No. 8: 1-6.
30. Von Uexkull, H. R. 1976. Fertilizing for high yield rice. IPI. Bull. 3, Int. Potash. Inst., 2nd ed., Bern, Switzerland.

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1385.10.3.9.8]