اثر شرایط رطوبتی خاک و کودهای آلی و شیمیایی بر ویژگی‌های رشد و کارآیی مصرف آب برنج در یک خاک قلیایی غیرآهکی

معصومه عباسی[۱]، نصرت‌اله نجفی[۱*]، ناصر علی اصغرزاد[۱] و شاهین اوستان[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۹/۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۲/۹)

چکیده

در یک تحقیق گلخانه‌ای، اثر شرایط رطوبتی خاک، لجن فاضلاب و کودهای شیمیایی بر ویژگی‌های رشد و کارآیی مصرف آب گیاه برنج (*Oryza sativa* L.) رقم علی کاظمی در یک خاک قلیایی غیرآهکی با بافت شن لومی بررسی گردید. آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی شامل شرایط آب خاک در سه سطح (غرقاب دایم، غرقاب متناوب و اشباع متناوب) و منبع و مقدار کودهای آلی و شیمیایی در ۱۰ سطح [شاهد، ۱۰۰٪ کودهای شیمیایی (۴۳۴/۸ میلی‌گرم اوره، ۶۶/۰۸ میلی‌گرم KH_2PO_4، ۴۰ میلی‌گرم KCl، ۵۰ میلی‌گرم $FeSO_4.7H_2O$، ۳۸/۴۸ میلی‌گرم $MnSO_4.H_2O$، ۲۱/۲۸ میلی‌گرم $ZnSO_4.7H_2O$ و ۷/۸۶ میلی‌گرم $CuSO_4.5H_2O$ بر کیلوگرم خاک)، ۲۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک با و بدون ۵۰٪ کودهای شیمیایی، ۴۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک با و بدون ۵۰٪ کودهای شیمیایی، ۲۰ گرم کود مرغی بر کیلوگرم خاک با و بدون ۵۰٪ کودهای شیمیایی و ۴۰ گرم کود مرغی بر کیلوگرم خاک با و بدون ۵۰٪ کودهای شیمیایی] و در سه تکرار انجام شد. در پایان دوره رشد، تعداد پنجه و برگ در بوته، ارتفاع و قطر ساقه، طول و حجم ریشه و وزن خشک بخش هوایی و ریشه اندازه‌گیری و کارآیی مصرف آب محاسبه شد. نتایج نشان داد که مصرف ۲۰ و ۴۰ گرم کود مرغی بر کیلوگرم خاک به‌دلیل افزایش شوری محلول خاک مانع رشد برنج گردید. مصرف ۲۰ و ۴۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک تعداد پنجه و برگ در بوته، ارتفاع و قطر ساقه، طول و حجم ریشه، وزن خشک بخش هوایی و ریشه و کارآیی مصرف آب را نسبت به شاهد و ۱۰۰٪ کودهای شیمیایی به‌طور معنی‌داری افزایش داد. افزودن ۵۰٪ کودهای شیمیایی به ۴۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک اثر معنی‌داری بر تعداد پنجه و برگ در بوته، ارتفاع ساقه، حجم ریشه، وزن خشک بخش هوایی و ریشه و کارآیی مصرف آب برنج نداشت. بیشترین تعداد پنجه در بوته، قطر ساقه، طول ریشه و نسبت وزن خشک بخش هوایی به ریشه در تیمار غرقاب دایم مشاهده شد. بیشترین کارآیی مصرف آب گیاه برنج در تیمار اشباع متناوب بود. اثر شرایط آب خاک بر ارتفاع گیاه، تعداد برگ در بوته و وزن خشک بخش هوایی معنی‌دار نبود. به‌طور کلی، تیمار اشباع متناوب با مصرف ۴۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک برای دستیابی به رشد مطلوب برنج و افزایش کارآیی مصرف آب توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد برنج، لجن فاضلاب

مقدمه

آب اولین و اساسی‌ترین عامل برای تولید محصولات کشاورزی است و به‌دلیل کمبود آن لازم است راهکارهایی برای افزایش قابلیت تولید محصول به ازای واحد آب مصرفی جستجو گردد (۸). برنج از گیاهان زراعی مهم قارهٔ آسیا بوده و آب مورد نیاز آن از سایر غلات بیشتر است. دانه برنج و فراورده‌های حاصل

۱. گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: n-najafi@tabrizu.ac.ir

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-04-07]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.3.1.3]

از آن نزدیک به ۴۰٪ غذای مورد نیاز نصف مردم جهان را تشکیل می‌دهد و از لحاظ تولید جهانی نیز می‌تواند با گندم برابری کند (۹). برنج از نظر مورفولوژیک گیاهی غیرآبزی است که می‌تواند هم در شرایط غرقاب و هم در شرایط غیرغرقاب رشد نماید (۲۱). با این حال، بررسی‌ها نشان می‌دهند که عملکرد این گیاه در شرایط غرقاب عموماً نسبت به شرایط غیرغرقاب به‌طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر است (۲۱، ۲۲ و ۳۶). روش آبیاری مورد استفاده برنج در ایرن روش غرقابی می‌باشد که باعث مصرف آب بیش از اندازه و کاهش کارآیی مصرف آب می‌گردد. بنابراین، با توجه به شرایط فعلی و وجود بحران آب در ایران، لازمه کشت برنج تأمین آب و لازمه تداوم کشت آن مدیریت صحیح آبیاری می‌باشد (۲). بعضی از روش‌های مدیریتی آبیاری به‌کار برده شده در جهان برای کاهش مقدار آب مصرفی و حفظ منابع آب برای برنج غرقاب، کاهش ارتفاع آب در سطح خاک، اشباع کردن خاک و هم‌چنین چرخه‌های مرطوب و خشک کردن متناوب خاک می‌باشد که این برنامه‌ها قادر به کاهش مقدار آب مصرفی برای گیاه برنج می‌باشند (۱۵). بورل و همکاران (۱۹) گزارش کردند که تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد و کیفیت برنج بین دو روش اشباع و غرقاب دایم وجود نداشت. با این وجود، کشت برنج به روش اشباع دایم باعث کاهش ۳۲ درصدی آب مصرفی شد. در نتیجه، کارآیی مصرف آب برای تولید دانه در این روش بیشتر از روش غرقاب دایم بود. دهقانیان و باقری (۷) مشاهده کردند که در برنج رقم قصرالدشتی، روش آبیاری تلفیقی غرقابی- قطره‌ای (نواری) بدون کاهش معنی‌دار عملکرد گیاه نسبت به حالت غرقاب دایم، کارآیی مصرف آب را ۲/۴ برابر افزایش داد. نحوی و همکاران (۱۴) گزارش کردند که در خاک رس سیلتی با افزایش فواصل آبیاری و کاهش مقدار آب مصرفی، عملکرد نیز کاهش یافت. آنان تفاوت معنی‌داری میان آبیاری با دور دو روزه و پنج روزه مشاهده نکردند. بنابراین، برای صرفه‌جویی در مصرف آب با حفظ عملکرد نهایی، دور آبیاری پنج روزه را برای رقم خزر توصیه کردند. چاندراسکاران و همکاران (۲۰) گزارش کردند که روش آبیاری متناوب نسبت به روش غرقاب دایم باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه برنج و هم‌چنین کاهش مصرف آب در مراحل مختلف رشد شد.

در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران، خاک‌ها معمولاً از نظر ماده آلی فقیر بوده و دارای ویژگی‌های فیزیکی نامطلوبی می‌باشند. به‌همین علت، افزایش سطح ماده آلی در چنین خاک‌هایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۳۱). مواد آلی را می‌توان به مقدار زیادی با کاربرد کود دامی، کود مرغی و لجن فاضلاب شهری به خاک افزود (۲۷). از طرف دیگر، کاربرد زیاد کودهای شیمیایی به‌همراه عملیات مدیریتی نامناسب، مقدار ماده آلی خاک را کاهش داده و این موضوع بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک تأثیر گذاشته و خطر فرسایش خاک را افزایش می‌دهد (۱۲). با توجه به این امر و خطرات زیست‌محیطی ناشی از مصرف مداوم کودهای شیمیایی، بهتر است بخشی از کودهای معدنی با کودهای آلی جایگزین شود. برنج نسبت به مصرف کودهای شیمیایی، به‌ویژه نیتروژن، پاسخ خوبی می‌دهد (۹). قوش و شارما (۲۵) گزارش کردند که در شرایط مزرعه، کاربرد ۱۰ تن در هکتار کود دامی به تنهایی یا به همراه کود اوره اثر مفیدی بر رشد و عملکرد گیاه برنج داشت. در سال دوم، عملکرد به‌دست آمده از مصرف فقط کود دامی مشابه کاربرد اوره به میزان kg N/ha ۴۰ بود. با این وجود، آنان مشاهده کردند که حداکثر عملکرد گیاه برنج با کاربرد کود دامی به همراه kg N/ha ۴۰ به‌دست آمد. رگمی و همکاران (۳۸) مشاهده کردند که عملکرد برنج در تیمار ۴ تن در هکتار کود دامی و کودهای شیمیایی NPK بیشتر از سایر تیمارها بود. رخی و همکاران (۳۹) مشاهده کردند که میانگین عملکرد دانه برنج با کاربرد تلفیقی کود دامی و کودهای شیمیایی NPK (kg/ha ۸۰:۳۰:۳۰) بیشتر از بقیه تیمارها بود. با توجه به مطالب فوق، این تحقیق با هدف بررسی اثر شرایط آب خاک، لجن فاضلاب و کودهای شیمیایی بر ویژگی‌های رشد و کارآیی مصرف آب گیاه برنج در یک خاک قلیایی غیرآهکی با بافت شن لومی در شرایط گلخانه انجام شد.

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-04-07]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.3.1.3]

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش گلخانه‌ای

کلاس بافت	شن (٪)	رس (٪)	آهک (٪)	نیتروژن کل (٪)	کربن آلی (٪)	SP	pH (۱:۱)	EC(۱:۱)(dS/m)
شن لومی	۷۰	۱۲	صفر	۰/۰۸	۰/۱۳	۳۲	۷/۶۳	۰/۱۱

ادامه جدول ۱. غلظت عناصر قابل‌جذب خاک

P	K	Na	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Pb
(mg/kg)										
۵/۷	۲۵۰	۱۰۸/۸	۱۱۴۹/۲	۹۹/۱	۱/۸	۱/۱	۰/۸۵	۱/۳	۰/۰۲	۳/۴

قابلیت جذب P با عصاره‌گیر بی‌کربنات سدیم، K، Ca، Mg و Na با عصاره‌گیر استات آمونیوم و Cd، Cu، Fe، Mn، Pb و Zn با عصاره‌گیر DTPA تعیین گردید (۳۵).

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۸۹ در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز انجام گردید. در این آزمایش، خاکی با بافت شن لومی از ایستگاه تحقیقاتی خلعت پوشان دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز انتخاب و از عمق ۲۵-۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری شد. بعد از هواخشک کردن و عبور از الک دو میلی‌متری، ویژگی‌های فیزیکی (۲۳) و شیمیایی خاک (۳۵ و ۴۰) اندازه‌گیری شد که نتایج در جدول ۱ ارائه شده است. در خاک و در مواد آلی مورد استفاده، قابلیت جذب P با عصاره‌گیر بی‌کربنات سدیم، K، Ca، Mg و Na با عصاره‌گیر استات آمونیوم و Cd، Cu، Fe، Mn، Pb و Zn با عصاره‌گیر DTPA تعیین گردید (۳۵). کودهای آلی مورد استفاده شامل لجن فاضلاب و کود مرغی به‌ترتیب از تصفیه‌خانه فاضلاب شهر میانه و شرکت آذر طویوق میانه تهیه گردید. ویژگی‌های شیمیایی کودهای آلی نیز تعیین گردید (۳۵ و ۳۷) و نتایج در جدول ۲ ارائه شد. غلظت کل عناصر در مواد آلی مورد استفاده به روش خشک‌سوزانی تعیین گردید (۳۷). در گلدان‌ها ۲/۵ کیلوگرم خاک ریخته شد. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، شامل شرایط رطوبتی خاک در سه سطح (غرقاب دایم، غرقاب متناوب و اشباع متناوب)، منبع و مقدار کودهای آلی و شیمیایی در ۱۰ سطح [T_1= شاهد، T_2=۱۰۰٪ کودهای شیمیایی (۴۳۴/۸ میلی‌گرم اوره، ۶۶/۰۸ میلی‌گرم KH_2PO_4، ۴۰ میلی‌گرم KCl، ۵۰ میلی‌گرم $FeSO_4.7H_2O$، ۳۸/۴۸ میلی‌گرم $MnSO_4.H_2O$، ۲۱/۲۸ میلی‌گرم $ZnSO_4.7H_2O$ و ۷/۸۶ میلی‌گرم $CuSO_4.5H_2O$ بر کیلوگرم خاک)، T_3=۲۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک، T_4=۲۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک +۵۰٪ کودهای شیمیایی، T_5= ۴۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک، T_6= ۴۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک +۵۰٪ کودهای شیمیایی، T_7= ۲۰ گرم کود مرغی بر کیلوگرم خاک، T_8= ۲۰ گرم کود مرغی بر کیلوگرم خاک + ۵۰٪ کودهای شیمیایی ، T_9= ۴۰ گرم کود مرغی بر کیلوگرم خاک و T_{10}= ۴۰ گرم کود مرغی بر کیلوگرم خاک +۵۰٪ کودهای شیمیایی] انجام شد. انتخاب سطوح مواد آلی مورد استفاده بر اساس مطالعه مفتون و مشیری (۳۱) و کودهای شیمیایی بر اساس نتایج آزمون خاک و توصیه کودی مؤسسه تحقیقات خاک و آب برای گیاه برنج (۱۱) انجام شد. لجن فاضلاب و کود مرغی ابتدا از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند و پس از تعیین درصد رطوبت آنها، در مقادیر ذکر شده به خاک افزوده و خوب مخلوط شدند. کودهای شیمیایی به‌صورت محلول و قبل از کشت به تیمارهای مورد نظر اضافه شد. خاک داخل گلدان‌ها برای رسیدن به تعادل نسبی به مدت دو هفته به حالت غرقاب (با حدود یک سانتی‌متر آب در سطح خاک) نگه داشته شد. برای آماده‌سازی بذرهای برنج (*Oryza sativa* L.) رقم علی کاظمی، ابتدا بذرهای سالم

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-04-07]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.3.1.3]

جدول ۲. برخی ویژگی‌های شیمیایی کود مرغی و لجن فاضلاب مورد استفاده در آزمایش گلخانه‌ای

	کربن آلی (٪)	نیتروژن کل (٪)	C/N	pH (۱:۵) (w/v)	pH (۱:۲) (v/v)	EC (۱:۵) (dS/m)(w/v)	EC (۱:۲) (dS/m)(v/v)
کود مرغی	۳۰/۰	۵/۵	۵/۵	۷/۰۷	۶/۹۴	۱۱/۸۹	۱۸/۳۸
لجن فاضلاب	۲۱/۸	۴	۵/۴	۶/۶۳	۶/۲۶	۳/۲۵	۵/۵۸

ادامه جدول۲. غلظت کل عناصر در دو کود آلی مورد استفاده

	P	K	Na	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Pb
	(mg/g)					(mg/kg)					
کود مرغی	۱۰/۴	۲۰/۳	۴/۸	۱۱/۷	۳/۹	۲۱۱/۶	۷۰۳/۴	۴۱۸/۴	۲۹/۴	۱۰/۹	۷/۷
لجن فاضلاب	۱۱/۶	۲/۹	۰/۷۹	۲۶/۷	۵/۲	۷۱۲۴/۴	۸۰۸	۲۷۲۳	۱۸۶/۵	۱۲/۱	۵۱/۴

ادامه جدول ۲. غلظت عناصر قابل‌جذب در دو کود آلی مورد استفاده

	P	K	Na	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Pb
	(mg/g)					(mg/kg)					
کود مرغی	۱/۴	۹/۸	۲/۵	۳/۲	۳/۴	۲۶/۴	۶/۶	۹۳/۷	۲۷/۹	۰/۴	۰/۵
لجن فاضلاب	۰/۵	۰/۴	۰/۳	۸/۹	۱/۲	۴۲/۳	۵۲/۲	۵۳۱/۹	۱۲۱/۵	۰/۹	۵/۷

قابلیت جذب P با عصاره‌گیر بیکربنات سدیم، K، Ca، Mg و Na با عصاره‌گیر استات آمونیوم، Cd، Cu، Fe، Mn، Pb و Zn با عصاره‌گیر DTPA تعیین گردید (۳۵).

به‌وسیله محلول کلرید سدیم (۵٪) از بذرهای ناسالم جدا شدند. سپس بذرها به‌خوبی با آب معمولی و با آب مقطر شسته شده و لای پارچه متقالی تمیز و مرطوب قرار داده شدند و به مدت چهار تا پنج روز در دمای ۲۷–۲۵ درجه سلسیوس نگه‌داری شدند تا جوانه بزنند. ده عدد بذر جوانه‌دار شده انتخاب و در هر گلدان با خاک اشباع کاشته شدند. بعد از اطمینان از استقرار گیاهچه‌ها، گیاهان به چهار عدد در هر گلدان تنک شدند و شرایط رطوبتی خاک شامل غرقاب دایم، غرقاب متناوب و اشباع متناوب اعمال شد. در تیمارهای غرقاب دایم، ارتفاع آب در سطح خاک به پنج سانتی‌متر رسانده شد و تا پایان دوره رشد با افزودن روزانه آب در همین سطح نگه‌داشته شد (۳). در غرقاب متناوب، پس از این که ارتفاع آب در سطح خاک به صفر می‌رسید، مجدداً ارتفاع آب به پنج سانتی‌متر رسانده می‌شد (۵). در حالت اشباع متناوب، با توزین روزانه گلدان‌ها و افزودن آب (دو تا سه بار در روز) سعی شد رطوبت خاک در حالت نزدیک به اشباع نگه‌داشته شود. در این آزمایش، از نسبت ۱:۱ آب شهری و آب مقطر برای آبیاری گلدان‌ها استفاده شد. برای افزایش رطوبت نسبی هوای گلخانه، چند لایه از پارچه چتایی در کف گلخانه پهن شد و هر روز خیس گردید. رطوبت نسبی هوای گلخانه حدود ۵۵–۴۵ درصد و دمای آن ۳۲–۱۸ درجه سلسیوس در طول شبانه روز نوسان داشت. آزمایش به مدت سه ماه و در شرایط گلخانه انجام گرفت و در پایان ویژگی‌های رویشی گیاه از قبیل تعداد پنجه و برگ در بوته، قطر و ارتفاع ساقه، طول و حجم ریشه، وزن خشک بخش هوایی و ریشه اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری حجم ریشه از استوانه‌های یک لیتری استفاده شد. ابتدا تا حجم معینی داخل استوانه‌ها آب ریخته شد سپس ریشه به داخل استوانه وارد شد و تغییر حجم آب استوانه به‌عنوان حجم ریشه در نظر گرفته شد (برای ریشه‌های کم‌حجم از استوانه مدرج کوچکتر استفاده شد). ارتفاع ساقه با متر و قطر ساقه در محل طوقه با کولیس

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-04-07]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.3.1.3]

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس تأثیر شرایط رطوبتی و کودهای آلی و شیمیایی بر حجم ریشه، وزن خشک بخش هوایی، وزن خشک ریشه، کارآیی مصرف آب و نسبت وزن خشک بخش هوایی به ریشه برنج

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		حجم ریشه	وزن خشک بخش هوایی	وزن خشک ریشه	کارآیی مصرف آب	نسبت وزن خشک بخش هوایی به ریشه
شرایط رطوبتی	۲	۱۲۰۳/۶۳ *	۱۰/۳۳ n.s	۰/۸۱**	۰/۱۸**	۰/۱۹**
کود	۵	۸۲۸۷/۵۴ **	۶۱۸/۹۶**	۳/۹۳**	۱/۰۶**	۰/۰۹**
شرایط رطوبتی × کود	۱۰	۶۸۲/۵۹ *	۲۷/۵۱ n.s	۰/۳۸**	۰/۱**	۰/۰۶**
خطای آزمایشی	۳۴	۳۰۹/۹۱	۱۶/۲۲	۰/۱۱	۰/۰۳	۰/۰۲
ضریب تغییرات (٪)	۲	۳۱/۵۴	۲۸/۹۱	۱۸/۴۹	۱۸/۲۹	۲۱/۲

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و غیرمعنی‌دار

اندازه‌گیری شد. مقدار آب مصرفی نیز به‌طور روزانه یادداشت شد و در پایان کارایی مصرف آب در تیمارهای مختلف محاسبه شد. برای محاسبه کارایی مصرف آب مقدار ماده خشک برنج تولید شده در هر گلدان به مقدار آب مصرف شده در آن (مجموع تبخیر و تعرق) تقسیم گردید (۳۰). با توجه به اینکه گلدان‌ها فاقد زهکش و روان‌آب بودند، آب مصرف شده در هر گلدان برابر مجموع آب تبخیر و تعرق شده بود. در این تحقیق، در کف گلدان‌ها لوله‌های پلی‌اتیلنی قرار داده شد و روی آنها با پشم شیشه پوشانده شد. سپس در طول دوره رشد از گلدان‌ها حدود ۲۵ میلی‌لیتر آبشویه تهیه گردید و پس از تعیین پ–هاش و EC آنها دوباره به گلدانها برگردانده شد. نتایج نشان داد که EC آبشویه گلدان‌ها در تیمارهای با کود مرغی بالا بوده و با گذشت زمان پس از غرقاب روند افزایشی داشت به‌طوری‌که بیشتر از آستانه تحمل گیاه برنج (۴ dS/m) گردید. به‌دلیل زیادی هدایت الکتریکی محلول خاک در تیمارهای کود مرغی و عدم رشد گیاه برنج در آنها، این تیمارها حذف شدند. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTATC و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

وزن خشک بخش هوایی

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر اصلی کودهای آلی و شیمیایی در سطح احتمال ۱٪ بر وزن خشک بخش هوایی معنی‌دار، ولی اثر اصلی شرایط رطوبتی و اثر متقابل شرایط رطوبتی و کودهای آلی و شیمیایی غیرمعنی‌دار بودند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که وزن خشک بخش هوایی در تیمار غرقاب متناوب بیشتر از دو تیمار غرقاب دایم و اشباع متناوب بود؛ ولی از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. با کاربرد لجن فاضلاب و افزایش مقدار آن، وزن خشک بخش هوایی افزایش یافت. هم‌چنین کاربرد ۵۰٪ کودهای شیمیایی با لجن فاضلاب باعث افزایش بیشتر وزن خشک بخش هوایی نسبت به کاربرد فقط لجن فاضلاب گردید. وزن خشک بخش هوایی در تیمارهای ۲۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک + ۵۰٪ کودهای شیمیایی، ۴۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک با و بدون ۵۰٪ کودهای شیمیایی بیشتر از سایر تیمارها بود و کمترین آن در تیمارهای شاهد و ۱۰۰٪ کودهای شیمیایی مشاهده شد. کاربرد ۵۰٪ کودهای شیمیایی، وزن خشک بخش هوایی برنج را در سطح ۲۰ گرم لجن فاضلاب به‌طور معنی‌داری افزایش داد. ولی در سطح ۴۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۴).

آگیلار و بروخاس (۱۵) مصرف آب در سه سیستم مدیریت برنج غرقاب در شرایط آب و هوایی مدیترانه‌ای را بررسی و گزارش کردند که اثر مدیریت غرقاب بر رشد برنج و عملکرد

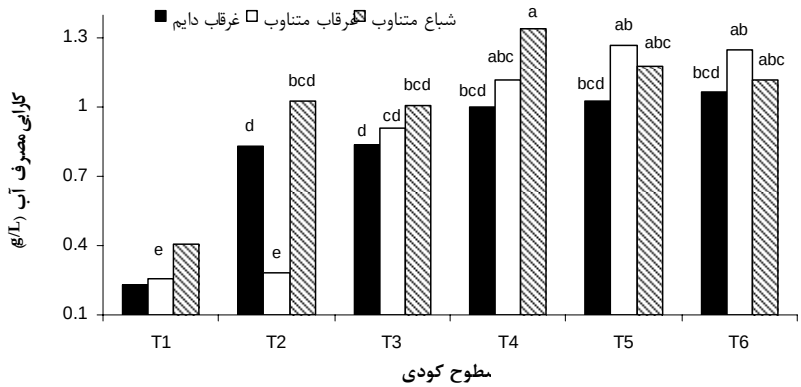
[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-04-07]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.3.1.3]

جدول ۴. مقایسه میانگین‌های حجم ریشه، وزن خشک بخش هوایی، وزن خشک ریشه، کارآیی مصرف آب و نسبت وزن خشک بخش هوایی به ریشه برنج تحت اثر اصلی شرایط رطوبتی خاک و کودهای آلی و شیمیایی

فاکتور	سطح	حجم ریشه (cm^3)	وزن خشک بخش هوایی (g)	وزن خشک ریشه (g)	کارآیی مصرف آب (g/L)	نسبت وزن خشک بخش هوایی به ریشه
شرایط رطوبتی	غرقاب دایم	۵۵/۳۳ ab	۱۳/۴۷ a	۳/۴۶ b	۰/۸۳ b	۵/۰۶ a
	غرقاب متناوب	۶۴/۲۲ a	۱۴/۸ a	۴/۸۱ a	۰/۸۵ b	۳/۳۳ b
	اشباع متناوب	۴۷/۸۹ b	۱۳/۵۲ a	۲/۶۸ b	۱/۰۱ a	۵/۳۲ a
کودهای آلی و شیمیایی	شاهد	۱۳/۱۱ c	۲/۲۷ c	۰/۷۳ b	۰/۳ d	۳/۱۹ d
	۱۰۰٪ کودهای شیمیایی	۲۳/۱۱ c	۵/۷ c	۱/۰۱ b	۰/۷۱ c	۶/۵۸ a
	لجن فاضلاب (۲۰ g/kg)	۶۴/۴۴ b	۱۳/۸۳ b	۴/۴۵ a	۰/۹۲ b	۳/۳۹ cd
	لجن فاضلاب (۲۰ g/kg)+۵۰٪ کودهای شیمیایی	۷۱/۱۱ ab	۱۹/۱۹ a	۴/۹ a	۱/۱۵ a	۴/۸ bc
	لجن فاضلاب (۴۰ g/kg)	۷۵/۳۳ ab	۱۹/۸۹ a	۵/۴۳ a	۱/۱۶ a	۴/۴۸ bc
	لجن فاضلاب (۴۰ g/kg) + ۵۰٪ کودهای شیمیایی	۸۷/۷۸ a	۲۲/۷۱ a	۵/۳۷ a	۱/۱۴ a	۵ ab

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.



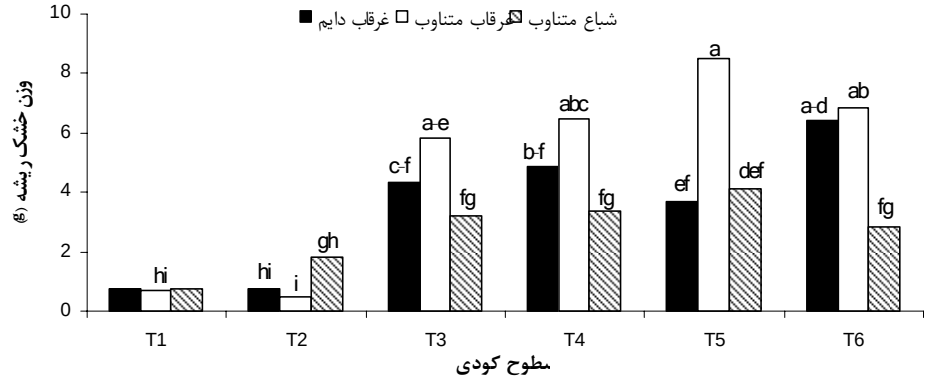
شکل ۱. اثر متقابل شرایط رطوبتی و کودهای آلی و شیمیایی بر کارآیی مصرف آب برنج

T1= شاهد، T2=۱۰۰٪ کودهای شیمیایی، T3= لجن فاضلاب (۲۰ g/kg)، T4= لجن فاضلاب (۲۰ g/kg)+۵۰٪ کودهای شیمیایی، T5= لجن فاضلاب (۴۰ g/kg) و T6= لجن فاضلاب (۴۰ g/kg)+۵۰٪ کودهای شیمیایی.

آن معنی‌دار نبود. سرور و خانیف (۴۱) با مطالعهٔ اثر سطوح مختلف آب بر عملکرد برنج گزارش کردند که سطوح مختلف غرقاب بر عملکرد، اجزای عملکرد و غلظت مواد غذایی در گیاه تأثیری نداشت. دهقانیان و باقری (۷) نیز نتایج مشابهی گزارش کردند. مردمی (۱۰) بیان کرد که با کاربرد کود دامی و لجن فاضلاب، وزن خشک بخش هوایی آفتابگردان افزایش یافت و بیشترین وزن خشک در سطح ۳۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک به‌دست آمد. رخی و همکاران (۳۹) مشاهده کردند که عملکرد دانه برنج با کاربرد تلفیقی کود دامی و کودهای شیمیایی بیشتر از بقیه تیمارها بود. میان تمام ویژگی‌های گیاهی (بجز نسبت وزن خشک بخش هوایی به ریشه) با وزن خشک بخش هوایی همبستگی مثبت وجود

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-04-07]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.3.1.3]



شکل ۲. اثر متقابل شرایط رطوبتی و کودهای آلی و شیمیایی بر وزن خشک ریشه برنج

T1= شاهد، T2=۱۰۰٪ کودهای شیمیایی، T3= لجن فاضلاب (۲۰ g/kg)، T4= لجن فاضلاب (۲۰ g/kg)+۵۰٪ کودهای شیمیایی، T5= لجن فاضلاب (۴۰ g/kg) و T6= لجن فاضلاب (۴۰ g/kg)+۵۰٪ کودهای شیمیایی.

داشت و وزن خشک بخش هوایی بیشترین همبستگی را با تعداد برگ در بوته (r=۰/۹۲۵**) داشت که با توجه به توضیح در بالا ذکر شده دور از انتظار نبود.

وزن خشک ریشه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی شرایط رطوبتی و کودهای آلی و شیمیایی و اثر متقابل آنها در سطح احتمال ۱٪ بر وزن خشک ریشه برنج معنی‌دار بودند (جدول ۳). وزن خشک ریشه در تیمار غرقاب متناوب به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای غرقاب دایم و اشباع متناوب بود. کاربرد هر دو مقدار لجن فاضلاب، وزن خشک ریشه را افزایش داد که در سطح ۲۰ گرم بر کیلوگرم خاک و کاربرد ۵۰٪ کودهای شیمیایی باعث افزایش وزن‌خشک ریشه، ولی در سطح ۴۰ گرم بر کیلوگرم باعث کاهش غیرمعنی‌دار وزن‌خشک ریشه نسبت به کاربرد فقط لجن فاضلاب شد. بیشترین وزن‌خشک ریشه در تیمارهای ۲۰ و ۴۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک با و بدون ۵۰٪ کودهای شیمیایی و کمترین آن در تیمارهای شاهد و ۱۰۰٪ کودهای شیمیایی مشاهده شد (جدول ۴). افزودن لجن فاضلاب باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک ریشه شد و با افزودن ۵۰٪ کودهای شیمیایی به سطوح لجن فاضلاب در هر سه سطح رطوبتی، به‌ویژه تیمار غرقاب متناوب، این افزایش باز هم بیشتر شد. بیشترین وزن خشک ریشه در تیمار غرقاب متناوب با ۴۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک مشاهده شد (شکل ۲). میرلوحی و همکاران (۱۳) گزارش کردند که وزن خشک ریشه برنج در تیمارهای غرقاب دایم و غیرغرقاب (نگه‌داری در ظرفیت مزرعه به‌مدت چهار هفته و سپس غرقاب تا پایان دوره رشد) به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار غیرغرقاب (ظرفیت مزرعه) بود. مردمی (۱۰) افزایش وزن خشک ریشه آفتابگردان با کاربرد ۳۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک را گزارش کرد.

نسبت وزن خشک بخش هوایی به ریشه

تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی سطوح رطوبتی و کودهای آلی و شیمیایی و اثر متقابل آنها در سطح احتمال ۱٪ بر نسبت وزن خشک بخش هوایی به ریشه معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که نسبت وزن خشک بخش هوایی به ریشه در تیمار غرقاب دایم و اشباع متناوب با تیمار غرقاب متناوب تفاوت معنی‌داری داشت. کاربرد لجن فاضلاب و افزایش سطح آن، به‌ویژه با مصرف ۵۰٪ کودهای شیمیایی، باعث افزایش بیشتر نسبت وزن خشک بخش هوایی به ریشه گردید. این نتیجه نشان می‌دهد که مصرف لجن فاضلاب و کودهای شیمیایی رشد بخش هوایی برنج را بیشتر از ریشه

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-04-07]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.3.1.3]

شکل ۳. اثر متقابل شرایط رطوبتی و کودهای آلی و شیمیایی بر نسبت وزن خشک بخش هوایی به ریشه برنج

T1= شاهد، T2=۱۰۰٪ کودهای شیمیایی، T3= لجن فاضلاب (۲۰ g/kg)، T4= لجن فاضلاب (۲۰ g/kg)+۵۰٪ کودهای شیمیایی، T5= لجن فاضلاب (۴۰ g/kg) و T6= لجن فاضلاب (۴۰ g/kg)+۵۰٪ کودهای شیمیایی.

افزایش می‌دهد. بیشترین نسبت وزن خشک بخش هوایی به ریشه در تیمار ۱۰۰٪ کودهای شیمیایی و کمترین آن در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۴). آساگی و همکاران (۱۷) نیز نتایج مشابهی گزارش کردند. با افزایش مقدار نیتروژن، وزن خشک ساقه سریع‌تر از وزن خشک ریشه افزایش می‌یابد و دستگاه ریشه‌ای ضعیف و کوچک باید یک ساقه بزرگ را از نظر آب و مواد غذایی تأمین کند (۳۲). کاربرد هر دو سطح لجن فاضلاب، به‌ویژه با ۵۰٪ کودهای شیمیایی، باعث افزایش نسبت وزن خشک بخش هوایی به ریشه، به‌ویژه در تیمار اشباع متناوب شد. بیشترین نسبت در تیمار غرقاب دایم با ۱۰۰٪ کودهای شیمیایی مشاهده شد (شکل ۳). کاربرد لجن فاضلاب باعث افزایش رشد بخش هوایی و ریشه، به‌ویژه در تیمارهای غرقاب دایم و متناوب، گردید که این امر به‌دلیل فراهمی عناصر غذایی (جدول ۲) برای رشد بخش هوایی و ریشه است. در شرایط اشباع متناوب، به‌علت کاهش مقدار آب مصرفی، رشد بخش هوایی و ریشه کاهش یافت. ولی کاهش رشد ریشه بیشتر از بخش هوایی بود و به‌همین علت این نسبت در شرایط اشباع متناوب افزایش یافت.

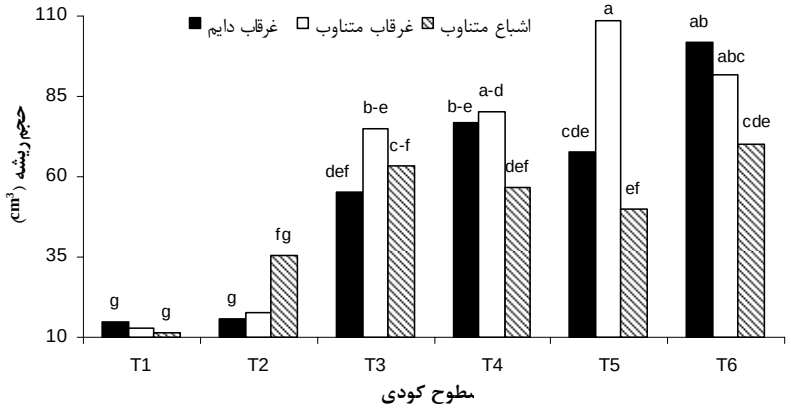
حجم ریشه

تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی شرایط رطوبتی و اثر متقابل شرایط رطوبتی و کودهای آلی و شیمیایی در سطح احتمال ۱٪ و اثر اصلی کودهای آلی و شیمیایی در سطح احتمال ۵٪ بر حجم ریشه معنی‌دار بودند (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که حجم ریشه در تیمار غرقاب متناوب بیشتر از اشباع متناوب بود. در حالی‌که میان سطوح رطوبتی غرقاب دایم و متناوب، و هم‌چنین غرقاب دایم و اشباع متناوب تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. حجم ریشه با کاربرد لجن فاضلاب و افزایش مقدار آن افزایش یافت. با افزایش ۵۰٪ کودهای شیمیایی، حجم ریشه بیشتر از کاربرد فقط لجن فاضلاب بود. اما این تفاوت معنی‌دار نبود. بیشترین حجم ریشه در تیمار ۴۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک + ۵۰٪ کودهای شیمیایی مشاهده شد (جدول ۴). در تیمار غرقاب متناوب که خاک به‌طور متناوب خشک و مرطوب می‌شود، ممکن است به دلیل ایجاد شرایط اکسیدی از تشکیل بعضی از مواد سمی و مضر تا حدودی جلوگیری شود.

با توجه به شکل ۴ و جدول ۴، افزودن کود آلی در هر سه سطح رطوبتی باعث افزایش حجم ریشه نسبت به شاهد شد. به‌طوری که بیشترین حجم ریشه در تیمار غرقاب متناوب با ۴۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک مشاهده شد. هم‌چنین افزودن ۵۰٪ کودهای شیمیایی به هر دو سطح لجن فاضلاب باعث افزایش بیشتر حجم ریشه شد. میان حجم ریشه با تعداد پنجه در بوته و

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-04-07]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.3.1.3]



شکل ۴. اثر متقابل شرایط رطوبتی و کودهای آلی و شیمیایی برحجم ریشه برنج

T1= شاهد، T2=۱۰۰٪ کودهای شیمیایی، T3= لجن فاضلاب (g/kg ۲۰)، T4= لجن فاضلاب (g/kg ۲۰)+۵۰٪ کودهای شیمیایی، T5= لجن فاضلاب (g/kg ۴۰) و T6= لجن فاضلاب (g/kg ۴۰)+۵۰٪ کودهای شیمیایی.

جدول ۵. نتایج تجزیه واریانس تأثیر شرایط رطوبتی، کودهای آلی و شیمیایی بر تعداد پنجه و برگ در بوته، ارتفاع ساقه، قطر ساقه و طول ریشه برنج

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		تعداد پنجه در بوته	تعداد برگ در بوته	ارتفاع ساقه	قطر ساقه	طول ریشه
شرایط رطوبتی	۲	۰/۹۸ **	۱۲/۲۴ n.s	۱۰۶/۵۴ n.s	۰/۰۳ n.s	۶۴/۵ *
کود	۵	۶/۱۳**	۲۰۱/۴**	۱۹۹۳۷/۱۹ n.s	۰/۴۱**	۳۲۹/۸۱**
شرایط رطوبتی × کود	۱۰	۰/۱۶ n.s	۶/۵۹ n.s	۳۰۸/۴۶ *	۰/۰۲ *	۱۴/۷۴ n.s
خطای آزمایشی	۳۴	۰/۱۸	۵/۸۳	۵۵۷/۳۹	۰/۰۱	۱۳/۱۹
ضریب تغییرات (٪)	۲	۱۲/۵۹	۱۷/۷۶	۲۰/۴۱	۱۲/۱۷	۳۷/۱۴

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و غیرمعنی‌دار

تعداد برگ در بوته همبستگی معنی‌داری به‌ترتیب با r=۰/۷۳** و r=۰/۹۰۳** وجود داشت. بنابراین، هرقدر رشد برگ‌ها بیشتر باشد بر رشد ریشه‌ها هم افزوده می‌شود. در نتیجه، با افزایش تعداد پنجه‌ها تعداد برگ‌ها بیشتر شده و در نتیجه رشد ریشه‌ها نیز افزایش می‌یابد (۱). با توجه به این که برگ‌ها مرکز انجام فتوسنتز و تولید کربوهیدرات‌های مورد نیاز گیاه و از جمله ریشه می‌باشد، وجود همبستگی‌های مذکور دور از انتظار نبود.

تعداد پنجه در بوته

تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی شرایط رطوبتی و کودهای آلی و شیمیایی در سطح احتمال ۱٪ بر تعداد پنجه در بوته معنی‌دار و اثر متقابل آنها غیرمعنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در سطح رطوبتی غرقاب دایم تعداد پنجه در بوته بیشتر از دو سطح رطوبتی دیگر بود. هم‌چنین با کاربرد ۱۰۰٪ کودهای شیمیایی و ۲۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک و افزایش سطح آن تعداد پنجه در بوته به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت؛ به‌طوری که بیشترین تعداد پنجه در سطح کودی ۴۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک با و بدون۵۰٪ کودهای شیمیایی مشاهده شد. کاربرد ۵۰٪ کودهای شیمیایی در سطح ۲۰ گرم

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-04-07]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.3.1.3]

جدول ۶. مقایسه میانگین‌های تعداد پنجه در بوته، تعداد برگ در بوته، ارتفاع ساقه، قطر ساقه و طول ریشه برنج تحت اثر اصلی شرایط آب خاک و کودهای آلی و شیمیایی

فاکتور	سطح	تعداد پنجه در بوته	تعداد برگ در بوته	ارتفاع ساقه (cm)	قطر ساقه (cm)	طول ریشه (cm)
شرایط رطوبتی	غرقاب دایم	۳/۵۸ a	۱۳/۳۹ a	۱۰۹/۲۶ a	۰/۹ a	۲۷/۴۴ a
	غرقاب متناوب	۳/۲۸ b	۱۴/۵ a	۱۰۰/۸۱ a	۰/۸۷ ab	۲۴/۴۴ b
	اشباع متناوب	۳/۱۳ b	۱۲/۸۹ a	۱۰۲/۹۹ a	۰/۸۱ b	۲۳/۹۴ b
کودهای آلی و شیمیایی	شاهد	۲/۰۶ d	۷/۵۳ d	۷۲/۵۳ b	۰/۵۸ c	۱۶/۱۱ c
	۱۰۰٪ کودهای شیمیایی	۲/۸۱ c	۸/۳۳ d	۷۱/۶۲ b	۰/۶۳ c	۱۹/۴۴ c
	لجن فاضلاب (۲۰ g/kg)	۳/۱۴ c	۱۳/۵ c	۱۱۷/۱۶ a	۰/۹۳ b	۲۹/۱۱ ab
	لجن فاضلاب (۲۰ g/kg)+۵۰٪ کودهای شیمیایی	۳/۶۷ b	۱۵/۸۶ b	۱۲۰/۳۳ a	۰/۹۴ b	۲۹ ab
	لجن فاضلاب (۴۰ g/kg)	۴/۱۱ a	۱۷/۶۹ ab	۱۲۱/۶۱ a	۰/۹۸ b	۲۶/۸۹ b
	لجن فاضلاب (۴۰ g/kg) + ۵۰٪ کودهای شیمیایی	۴/۱۹ a	۱۸/۶۴ a	۱۲۲/۸۶ a	۱/۱۲ a	۳۱/۱۱ a

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

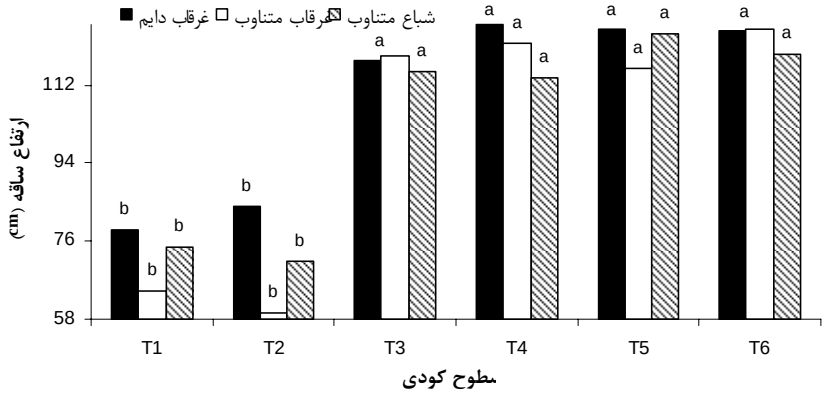
لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک باعث افزایش معنی‌دار تعداد پنجه نسبت به کاربرد فقط لجن فاضلاب شد. میان دو تیمار کودی ۴۰ گرم بر کیلوگرم لجن فاضلاب با و بدون ۵۰٪ کودهای شیمیایی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت و می‌توان با کاربرد ۴۰ گرم بر کیلوگرم لجن فاضلاب در هزینه‌ها صرفه‌جویی کرد (جدول ۶). علم و انصاری (۱۶) نشان دادند که در شرایط غرقاب نسبت به شرایط غیرغرقاب، تعداد پنجه‌ها، ارتفاع گیاه و عملکرد ماده خشک در گیاه برنج افزایش یافت. جورایمی و همکاران (۲۸) گزارش کردند که در غرقاب دایم و غرقاب و اشباع متناوب (با مدت زمان‌های مختلف) تعداد پنجه در گیاه برنج در مقایسه با تیمار غیرغرقاب به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. پایکار و همکاران (۳۳) گزارش کردند که کاربرد کود دامی به همراه کودهای شیمیایی باعث افزایش معنی‌دار تعداد پنجه گیاه برنج شد.

تعداد برگ در بوته

تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی کودهای آلی و شیمیایی در سطح احتمال ۱٪ بر تعداد برگ در بوته معنی‌دار ولی اثر اصلی شرایط رطوبتی و اثر متقابل شرایط رطوبتی و کودهای آلی و شیمیایی غیرمعنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که شرایط رطوبتی خاک بر تعداد برگ در بوته برنج اثر معنی‌داری نداشت. با کاربرد لجن فاضلاب و افزایش مقدار کاربرد آن، تعداد برگ در بوته افزایش یافت و بیشترین تعداد برگ در سطح کودی ۴۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک با ۵۰٪ کودهای شیمیایی و کمترین تعداد در شاهد و ۱۰۰٪ کودهای شیمیایی مشاهده گردید. هم‌چنین، افزودن ۵۰٪ کودهای شیمیایی به هر دو سطح لجن فاضلاب باعث افزایش معنی‌دار تعداد برگ نسبت به کاربرد ۲۰ و ۴۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک شد. میان سطوح ۲۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک با و بدون ۵۰٪ کودهای شیمیایی تفاوت معنی‌داری از نظر تعداد برگ وجود داشت. ولی میان سطوح ۴۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک با و بدون ۵۰٪ کودهای شیمیایی این تفاوت معنی‌دار نبود (جدول ۶). میان تعداد برگ در بوته و تعداد پنجه در بوته همبستگی مثبت و معنی‌دار با r=۰/۸۱۶** وجود داشت. با افزایش تعداد پنجه در بوته، به‌دلیل کاربرد کودهای آلی و شیمیایی، تعداد برگ نیز

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-04-07]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.3.1.3]



شکل ۵ . اثر متقابل شرایط رطوبتی و کودهای آلی و شیمیایی بر ارتفاع ساقه برنج

T1= شاهد، T2=۱۰۰٪ کودهای شیمیایی، T3= لجن فاضلاب (g/kg ۲۰)، T4= لجن فاضلاب (g/kg ۲۰)+۵۰٪ کودهای شیمیایی، T5= لجن فاضلاب (g/kg ۴۰) و T6= لجن فاضلاب (g/kg ۴۰)+۵۰٪ کودهای شیمیایی.

افزایش یافت و عواملی که تعداد پنجه در بوته را تحت تأثیر قرار می‌دهند بر تعداد برگ در بوته نیز تأثیر می‌گذارند.

ارتفاع ساقه

تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی شرایط رطوبتی و اثر اصلی کودهای آلی و شیمیایی بر ارتفاع ساقه غیرمعنی‌دار ولی اثر متقابل شرایط رطوبتی و کودهای آلی و شیمیایی در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میان سه سطح رطوبتی غرقاب دایم، متناوب و اشباع متناوب تفاوت معنی‌داری از نظر ارتفاع ساقه وجود نداشت. کاربرد لجن فاضلاب باعث افزایش ارتفاع ساقه گردید و با کاربرد ۵۰٪ کودهای شیمیایی ارتفاع ساقه بیشتر افزایش غیرمعنی‌دار یافت. نتایج آزمایش نشان داد که از نظر ارتفاع ساقه، تیمارهای ۲۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک با و بدون ۵۰٪ کودهای شیمیایی و ۴۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک با و بدون ۵۰٪ کودهای شیمیایی با تیمار شاهد و ۱۰۰٪ کودهای شیمیایی تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۶). در تیمارهای ۲۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک با و بدون ۵۰٪ کودهای شیمیایی و ۴۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک با و بدون ۵۰٪ کودهای شیمیایی (تیمارهای T_3 تا T_6) میان سه سطح رطوبتی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۵ و جدول ۶).

بنابراین، برای کاهش مصرف آب و کاهش هزینه مصرف کودهای آلی و شیمیایی و جلوگیری از خطرات زیست محیطی ناشی از کاربرد کودهای شیمیایی، تیمار اشباع متناوب با ۲۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک با توجه به افزایش ارتفاع ساقه قابل توصیه است. رضایی و نحوی (۸) در بررسی اثر دور آبیاری بر مقدار آب مصرفی و عملکرد برنج در گیلان گزارش کردند که علی‌رغم تفاوت معنی‌دار مقدار آب مصرفی در هر دو سال، اعمال تیمارهای آزمایشی (غرقاب دایم و دورهای آبیاری ۵، ۸ و ۱۱ روزه) بر صفات مورد بررسی، از قبیل ارتفاع بوته، اثر معنی‌داری نداشت. کاویتا و سوبرامانیان (۲۹) گزارش کردند که کاربرد کمپوست غنی شده به‌همراه کودهای شیمیایی باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه برنج شد. پایکار و همکاران (۳۳) و تقی‌زاده و همکاران (۴) نیز نتایج مشابهی گزارش کردند.

قطر ساقه

تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی شرایط رطوبتی بر قطر ساقه غیرمعنی‌دار، ولی اثر اصلی کودهای آلی و شیمیایی در سطح احتمال ۱٪ و اثر متقابل شرایط رطوبتی و کودهای آلی و شیمیایی در سطح احتمال ۵٪ بر قطر ساقه معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که قطر ساقه در تیمار غرقاب

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-04-07]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.3.1.3]

شکل ۶. اثر متقابل شرایط رطوبتی و کودهای آلی و شیمیایی بر قطر ساقه برنج.

T1= شاهد، T2=۱۰۰٪ کودهای شیمیایی، T3= لجن فاضلاب (g/kg ۲۰)، T4= لجن فاضلاب (g/kg ۲۰)+۵۰٪ کودهای شیمیایی، T5= لجن فاضلاب (g/kg ۴۰)، T6= لجن فاضلاب (g/kg ۴۰) + ۵۰٪ کودهای شیمیایی.

دایم تفاوت معنی‌داری با تیمار اشباع متناوب داشت. در حالی که میان تیمار غرقاب دایم و متناوب، هچنین تیمار غرقاب متناوب و اشباع متناوب، از نظر آماری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. علت افزایش قطر ساقه در محل طوقه در شرایط غرقاب را می‌توان به تشکیل ایرانشیم (پارانشیم هوایی) نسبت داد (۳۲). در شرایط غرقاب دایم، با تجمع گاز اتیلن در خاک، تشکیل پارانشیم هوایی در ساقه تحریک شده و همین امر باعث افزایش قطر ساقه در محل طوقه می‌شود (۳۲). با کاربرد لجن فاضلاب و افزایش مقدار آن، قطر ساقه نسبت به تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. کاربرد ۵۰٪ کودهای شیمیایی باعث افزایش بیشتر قطر ساقه نسبت به کاربرد تنهای لجن فاضلاب به‌ویژه در سطح ۴۰ گرم بر کیلوگرم خاک گردید. بیشترین قطر ساقه در تیمار۴۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک + ۵۰٪ کودهای شیمیایی و کمترین آن در تیمار شاهد و ۱۰۰٪ کودهای شیمیایی مشاهده شد (جدول ۶). افزایش قطر ساقه با کاربرد سطوح مختلف لجن فاضلاب می‌تواند به‌دلیل فراهمی عناصر غذایی ضروری و مورد نیاز گیاه (جدول ۲) و به‌دنبال آن تشکیل ساقه‌هایی قطور و با استحکام بیشتر باشد. افزودن کودهای آلی در هر سه سطح رطوبتی باعث افزایش قطر ساقه نسبت به تیمار شاهد و کاربرد ۱۰۰٪ کودهای شیمیایی شد. بیشترین قطر ساقه در تیمار غرقاب متناوب با ۴۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک + ۵۰٪ کودهای شیمیایی مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با بقیه تیمارها داشت (شکل ۶). مردمی (۱۰) گزارش کرد که کاربرد لجن فاضلاب قطر ساقه را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. به‌طوری که گیاه آفتابگردان در دو سطح ۱۵ و ۳۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک نسبت به تیمار شاهد و کودهای شیمیایی بوته‌های قوی‌تری داشت که به غنی بودن لجن فاضلاب از عناصر غذایی نسبت داده شد.

طول ریشه

تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی شرایط رطوبتی در سطح احتمال ۵٪ و اثر اصلی کودهای آلی و شیمیایی در سطح احتمال ۱٪ بر طول ریشه معنی‌دار بودند. ولی اثر متقابل شرایط رطوبتی و کودهای آلی و شیمیایی معنی‌دار نبود (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که طول ریشه در تیمار غرقاب دایم به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو تیمار غرقاب متناوب و اشباع متناوب بود. مصرف لجن فاضلاب رشد ریشه برنج را افزایش داد. کاربرد ۵۰٪ کودهای شیمیایی به‌همراه بیشترین سطح لجن فاضلاب (۴۰ گرم بر کیلوگرم خاک) باعث افزایش معنی‌دار طول ریشه نسبت به تیمارهای شاهد و ۱۰۰٪ کودهای شیمیایی شد. از نظر طول ریشه تفاوت معنی‌داری میان دو سطح ۲۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک با و بدون ۵۰٪ کودهای

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-04-07]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.3.1.3]

شیمیایی وجود نداشت (جدول ۶). بنابراین، نیازی به کاربرد ۵۰٪ کودهای شیمیایی در این سطح نبود. توزیع ریشه‌ها در خاک با کاربرد کودهای شیمیایی می‌تواند تغییر کند. ریشه‌زایی در ناحیه‌ای که غلظت مواد غذایی به‌ویژه نیتروژن زیاد است، به چند برابر افزایش می‌یابد. هم‌چنین افزایش رطوبت خاک آسیب ناشی از مقاومت مکانیکی خاک بر رشد طولی ریشه را کاهش داده و فراهمی عناصر غذایی را از راه انتشار و حرکت توده‌ای افزایش می‌دهد (۳۲). افزودن کودهای آلی باعث افزایش خلل و فرج خاک و کاهش جرم مخصوص ظاهری آن می‌شود. بنابراین، کودهای آلی با فراهمی مواد غذایی و کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک می‌توانند رشد طولی ریشه‌ها را افزایش دهند. پال و همکاران (۳۴) مشاهده کردند که با کاربرد کودهای شیمیایی NPKS و افزایش سطوح آنها، طول ریشه در هر چهار رقم برنج نسبت به تیمار شاهد (بدون کود) افزایش یافت. میرلوحی و همکاران (۱۳) گزارش کردند که طول ریشه گیاه برنج در تیمارهای غرقاب دایم و غیرغرقاب (نگه‌داری در ظرفیت مزرعه به‌مدت چهار هفته و سپس غرقاب تا پایان دوره رشد) به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار غیرغرقاب (ظرفیت مزرعه) بود.

کارآیی مصرف آب

تجزیه واریانس نتایج نشان داد که اثر اصلی شرایط رطوبتی و کودهای آلی و شیمیایی و اثر متقابل آنها در سطح احتمال ۱٪ بر کارآیی مصرف آب معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کارآیی مصرف آب در تیمار اشباع متناوب به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو تیمار غرقاب دایم و غرقاب متناوب بود. با کاربرد لجن فاضلاب و افزایش مقدار آن، کارآیی مصرف آب نیز افزایش یافت. هم‌چنین، کاربرد ۵۰٪ کودهای شیمیایی در سطح ۲۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک باعث افزایش معنی‌دار کارآیی مصرف آب نسبت به کاربرد فقط ۲۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک شد. بیشترین کارآیی مصرف آب در تیمارهای ۲۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک+۵۰٪ کودهای شیمیایی و ۴۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک با و بدون ۵۰٪ کودهای شیمیایی و کمترین آن در تیمار شاهد مشاهده گردید (جدول ۴). افزودن کودهای آلی و شیمیایی باعث افزایش معنی‌دار کارآیی مصرف آب در هر سه سطح رطوبتی نسبت به تیمار شاهد شد. هم‌چنین افزودن ۵۰٪ کودهای شیمیایی باعث افزایش بیشتر کارآیی مصرف آب در تیمار ۲۰ گرم لجن فاضلاب شد. بیشترین کارآیی مصرف آب در تیمار اشباع متناوب با ۲۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک + ۵۰٪ کودهای شیمیایی بود (شکل ۱). افزایش کارآیی مصرف آب بر اثر مصرف لجن فاضلاب و کودهای شیمیایی را می‌توان به افزایش رشد گیاه نسبت داد. میان کارآیی مصرف آب و وزن خشک بخش هوایی رابطه خطی و مثبت با $r=0/869^{**}$ وجود داشت و با افزایش وزن خشک بخش هوایی، کارآیی مصرف آب نیز به‌طور خطی افزایش یافت. مقایسه روش آبیاری غرقاب پیوسته با روش غرقاب متناوب نشان داد که روش غرقاب متناوب باعث صرفه‌جویی آب شد، بدون این که کاهش محسوس و معنی‌داری در عملکرد دانه به‌وجود آید (۲۶ و ۴۳). قربانپور و همکاران (۶) گزارش کردند که آبیاری متناوب بدون کاهش معنی‌دار عملکرد برنج باعث افزایش کارآیی مصرف آب شد. بلدر و همکاران (۱۸) مشاهده کردند با وجود این که میان دو تیمار غرقاب دایم و غرقاب- غیرغرقاب متناوب از نظر عملکرد و اجزای عملکرد برنج تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، تیمار غرقاب- غیرغرقاب متناوب باعث ذخیره آب به میزان ۱۸- ۱۵ درصد بیشتر از غرقاب دایم گردید. دانگ و همکاران (۲۴) گزارش کردند که آبیاری به روش مرطوب و خشک کردن متناوب نسبت به روش غرقاب دایم ۱۹٪ آب را ذخیره کرد، بدون این‌که عملکرد را کاهش دهد. آنان هم‌چنین گزارش کردند که تغییرات در عمق آب غرقاب و کاربرد کود شیمیایی موجب افزایش عملکرد از ۲ به ۷/۸ تن در هکتار شد. سناپاتی و سناپاتی (۴۲) گزارش کردند که عملکرد گیاه برنج و کارآیی مصرف آب در تیمار کود دامی (شامل ۳۰ kg N/ha)+۵۰٪ کودهای شیمیایی PK (۲۰:۲۰ kg/ha) بیشتر از بقیه تیمارها بود.

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-04-07]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.3.1.3]

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که مصرف ۲۰ و ۴۰ گرم کود مرغی بر کیلوگرم خاک به‌دلیل افزایش شوری محلول خاک مانع رشد برنج گردید. کاربرد لجن فاضلاب و افزایش سطح آن باعث افزایش معنی‌دار تمام ویژگی‌های رشد، بجز نسبت وزن خشک بخش هوایی به ریشه، نسبت به شاهد و ۱۰۰٪ کودهای شیمیایی شد. به‌طور کلی، کاربرد ۴۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک باعث افزایش معنی‌دار تعداد پنجه و برگ در بوته، ارتفاع ساقه، حجم ریشه، وزن خشک بخش هوایی و ریشه و کارآیی مصرف آب شد. بیشترین تعداد پنجه در بوته، قطر ساقه، طول ریشه و نسبت وزن خشک بخش هوایی به ریشه در تیمار غرقاب دایم مشاهده شد. حداکثر کارآیی مصرف آب مربوط به تیمار اشباع متناوب بود. میان سه سطح رطوبتی از نظر ارتفاع ساقه، تعداد برگ در بوته و وزن خشک بخش هوایی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. مقدار آب مصرفی در اشباع متناوب کمتر از غرقاب دایم و غرقاب متناوب ولی کارآیی مصرف آب بیشتر از غرقاب دایم و غرقاب متناوب بود. در حالی که از نظر وزن خشک بخش هوایی تفاوت معنی‌داری میان آنها وجود نداشت. بنابراین، برای دستیابی به بیشترین ماده خشک و کارآیی مصرف آب، تیمار اشباع متناوب با کاربرد لجن فاضلاب به میزان ۴۰ گرم بر کیلوگرم خاک قلیایی غیرآهکی با بافت شن لومی توصیه می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱. اخوت، م. و د. وکیلی. ۱۳۷۶. برنج، کاشت، داشت، برداشت. انتشارات فارابی، تهران.

۲. اسدی، م. ا. و پ. شاهین رخسار احمدی. ۱۳۸۵. معرفی روش جدید آبیاری برنج در کشور چین. مجموعه مقالات دوازدهمین همایش ملی برنج کشور، جلد دوم، دانشگاه مازندران، بابلسر.

۳. توفیقی، ح. و ن. نجفی. ۱۳۸۰. بررسی تغییرات بازیافت و قابلیت استفاده روی خاک و روی اضافه شده به خاک در شرایط غرقابی و غیرغرقابی در خاک‌های شالیزاری شمال ایران. مجموعه مقالات هفتمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد.

۴. تقی‌زاده، م.، م. اصفهانی، ن. دواتگر و ح. مدنی. ۱۳۸۷. تأثیر دور آبیاری و مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج طارم هاشمی در رشت. مجله یافته‌های نوین کشاورزی ۲(۴): ۳۵۳-۳۶۴.

۵. عرب زاده، ب. و ع. ر. توکلی. ۱۳۸۴. به‌گزینی مدیریت کم‌آبیاری تنظیم شده در کشت نشایی برنج. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۱۲(۴): ۱۱-۲۱.

۶. قربانپور، م.، د. مظاهری، ف. علی‌نیا و م. ر. نحوی. ۱۳۸۳. اثر مدیریت‌های مختلف آبیاری بر روی برخی صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک برنج (*Oryza sativa* L.). مجله پژوهش و سازندگی ۶۵: ۲۴-۳۲.

۷. دهقانیان، س. ا. و م. م. باقری. ۱۳۸۶. بررسی اثرات روش‌های آبیاری بارانی، قطره‌ای (نواری) و غرقابی در کارآیی مصرف آب دو رقم برنج در فارس. مجموعه مقالات اولین سمینار طرح ملی آبیاری تحت فشار و توسعه پایدار، انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، شماره ۱۲۸، صفحات ۲۳۳ تا ۲۴۱.

۸. رضایی، م. و م. نحوی. ۱۳۸۲. اثر دور آبیاری بر مقدار مصرف آب و عملکرد برنج در گیلان. مجموعه مقالات یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، شماره ۸۳، صفحات ۲۳۳ تا ۲۴۰.

۹. کاظمی اربط، ح. ۱۳۷۴. زراعت خصوصی، جلد اول، غلات. مرکز نشر دانشگاهی، تهران، ۲۸۴ صفحه.

۱۰. مردمی، س. ۱۳۸۸. تأثیر غرقاب و کودهای آلی بر ویژگی‌های شیمیایی خاک، رشد و تغذیه گیاه آفتابگردان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ۱۶۴ صفحه.

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-04-07]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.3.1.3]

۱۱. ملکوتی، م. ج.، م. ر. بلالی، ا. گلچین، ع. مجیدی، م. س. درودی، ع. ا. ضیاییان، م. آ. لطف الهی، م. شهابیان، م. بصیرت، س. منوچهری، م. ح. داودی، ز. خادمی و ک. شهبازی. ۱۳۷۹. توصیه بهینه کودی برای محصولات زراعی و باغی. نشریه فنی شماره ۲۰۰، مؤسسه تحقیقات خاک و آب ایران، نشر آموزش کشاورزی، کرج، ۵۱ صفحه.

۱۲. میرزایی تالارپشتی، ر.، ج. کامبوزیا، ح. صباحی و ع. ا. مهدوی دامغانی. ۱۳۸۸. اثر کاربرد کودهای آلی بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و تولید محصول و ماده خشک گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* L.). مجله پژوهش‌های زراعی ایران ۷(۱): ۲۵۷-۲۶۸.

۱۳. میرلوحی، آ .ف، م. ح. اهتمام و م. ر. سبزعلیان. ۱۳۸۳. بررسی عوامل نمود بهتر برنج در شرایط غرقابی با استفاده از رقم‌های زراعی ایران. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۸(۲): ۱۲۱-۱۳۳.

۱۴. نحوی، م.، م. ر. یزدانی و ح. ر. سروش. ۱۳۷۹. بررسی تأثیر دورهای مختلف آبیاری بر مقدار آب مصرفی، عملکرد و اجزای عملکرد برنج. مجموعه مقالات دهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران.

15. Aguilar, M. and F. Brojas. 2005. Water use in three rice flooding management systems under Mediterranean climatic conditions. Span. J. Agric. Res. 3: 344-351.
16. Alam, S. M. and R. Ansari. 2001. Influence of iron and manganese on the growth and contents of Fe, Mn, and P in rice. J. Biol. Sci. 1: 434-435.
17. Asagi, H., H. Ueno and A. Ebid. 2007. Effects of sewage sludge application on rice growth, soil properties, and N fate in low fertile paddy soil. Intl. J. Soil Sci. 2: 171-181.
18. Belder, P., B. A. M. Bouman, R. Cabangon, L. Guoan, E. J. P. Quilang, L. Yuanhua, J. H. J. Spiertz and T. P. Tuong. 2004. Effect of water-saving irrigation on rice yield and water use in typical lowland conditions in Asia. Agric. Water Manage. 65: 193-210.
19. Borrell, A., A. Garside and S. Fukai. 1997. Improving efficiency of water use for irrigated rice in a semi-arid tropical environment. Field Crops Res. 52: 231-248.
20. Chandrasekaran, B., A. Nandhagopal, K. Palanisami, S. D. Sinakumar, V. Balasubramanian and R. Rajendran. 2004. Participatory irrigation management for efficient water use and enhanced rice productivity in Tamil Nadu, India. IRRN 29: 69-70.
21. Chaudhry, M. S. and E. O. McLean. 1963. Comparative effects of flooded and unflooded soil conditions and nitrogen application on growth and nutrient uptake by rice plants. Agron. J. 55: 565-567.
22. Cherian, E. C., G. M. Paulsen and L. S. Murphy. 1968. Nutrient uptake by lowland rice under flooded and nonflooded soil conditions. Agron. J. 60: 554-557.
23. Dane, J. H. and G. C. Topp. 2002. Methods of Soil Analysis. Part 4, Physical Methods, ASA-CSSA-SSSA Publisher, USA.
24. Dung, N. V., N. T. Canh and C. A. Tiep. 2007. Water-saving irrigation-effective water management in rice cultivation and natural resource conservation. Proc. of the JSPS Intl. Seminar, 22-25 Nov., Hanoi Univ. of Agric., Vietnam.
25. Ghosh, A. and A. R. Sharma. 1999. Effect of combined use of organic manure and nitrogen fertilizer on the performance of rice under flood-prone lowland condition. J. Agric. Sci. Cambridge 132: 461-465.
26. Ibrahim, A. M., M. S. A. El-Gohary, L. S. Willardson and D. V. Sisson. 1995. Irrigation interval effects on rice production in the Nile delta. Irrig. Sci. 16: 29-33.
27. Ibrahim, M., A. U. Hassan, M. Iqbal and E. E. Valeem. 2008. Response of wheat growth and yield to various levels of compost and organic manure. Pakis. J. Bot. 40: 2135-2141.
28. Juraimi, A. S., A. H. Muhammad Saiful, M. Begum, A. R. Anuar and M. Azmi. 2009. Influence of flooding intensity and duration on rice growth and yield. Pertanika J. Trop. Agric. Sci. 32: 195-208.
29. Kavitha, R. and P. Subramanian. 2007. Effect of enriched municipal solid waste compost application on growth, plant nutrient uptake and yield of rice. Agron. J. 6: 586-592.
30. Kramer, P. J. 1983. Water Relations of Plants. Academic Press, Inc., Florida, USA.
31. Maftoun, M. and F. Moshiri. 2008. Growth, mineral nutrition and selected soil properties of lowland rice, as affected by soil application of organic wastes and phosphorus. J. Agric. Sci. Technol. 10: 481-492.
32. Marschner, H. 2003. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, USA.
33. Paikar, S. D., B. S. Vyakaranahal, D. P. Biradar and B. S. Janagoudor. 2009. Influence of organic and inorganic nutrient and pest management on growth and flowering of scented rice Cv. Mugad suganda. Karnataka J. Agric.

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-04-07]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.3.1.3]

Sci. 22: 194-197.
34. Pal, N. C., M. A. R. Sarkar, M. Z. Hossain and S. C. Barman. 2008. Root growth of four transplant Aman rice varieties as influenced by NPKS fertilizer. J. Bangladesh Agric. Univ. 6: 235-238.
35. Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney. 1982. Methods of Soil Analysis. Part 2, Chemical and Microbiological Properties, ASA-CSSA-SSSA Publisher, Madison, Wisconsin, USA.
36. Patrick, Jr., W. H. and W. J. Fontenot. 1976. Growth and mineral composition of rice at various soil moisture tensions and oxygen levels. Agron. J. 68: 325-329.
37. Peters, J. 2003. Recommended Methods of Manure Analysis. Cooperative Extension Publishing, University of Wisconsin, pp. 1-57.
38. Regmi, A. P., J. K. Ladha, H. Pathak, E. Pasuquin, C. Buenon, D. Dawe, P. R. Hobbs, D. Joshy, S. L. Maskey and S. P. Pandey. 2002. Yield and soil fertility trends in a 20-year rice-rice-wheat experiment in Nepal. Soil Sci. Soc. Am. J. 66: 857-867.
39. Rekhi, R. S., R. Singh, R. K. Goel and J. Singh. 2004. Crop yield, disease incidence, and insect pest attack in relation to N dynamics in rice. IRRN 29: 65-67.
40. Richards, L. A. 1969. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. US Salinity Laboratory Staff, Agricultural Handbook, No. 60, USDA, USA.
41. Sarwar, M. J. and Y. M. Khanif. 2005. The effect of different water levels on rice yield and Cu and Zn concentration. J. Agron. 4: 116-121.
42. Senapati, H. K. and P. C. Senapati. 2004. Effects of long-term application of manure and fertilizer on the upland rainfed rice cropping system. IRRN 29: 60-61.
43. Tripathi, R. P., H. S. Kushwaha and R. K. Mishra. 1986. Irrigation requirements of rice under shallow water table conditions. Agric. Water Manage. 12: 127-136.

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2025-04-07]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.3.1.3]