

اثر شرایط آب خاک، لجن فاضلاب، کود مرغی و کودهای شیمیایی بر ویژگی‌های رشد و کارایی مصرف آب گیاه برنج در یک خاک آهکی

معصومه عباسی¹، نصرت اله نجفی^{2*}، ناصر علی اصغرزاد³ و شاهین اوستان²

تاریخ دریافت: 90/08/28 تاریخ پذیرش: 90/12/07

¹ دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

^{2,3} به ترتیب دانشیار و استاد، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

*مسئول مکاتبه: E-mail: n-najafi@tabrizu.ac.ir

چکیده

برنج یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی در ایران است که نیاز به آب فراوان داشته و عمدتاً در شرایط غرقاب کشت می‌شود. برای افزایش کارایی مصرف آب و عملکرد برنج، کاهش آلودگی محیط زیست با کودهای شیمیایی و افزایش مواد آلی خاک‌های شالیزاری استفاده از کودهای آلی توصیه می‌شود. این پژوهش برای بررسی اثر شرایط آب خاک، لجن فاضلاب، کود مرغی و کودهای شیمیایی بر ویژگی‌های رشد و کارایی مصرف آب گیاه برنج (*Oryza sativa* L.) رقم علی کاظمی در یک خاک آهکی لوم رسی در شرایط گلخانه‌ای انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی شامل شرایط آب خاک در سه سطح (غرقاب دائم، غرقاب متناوب و اشباع متناوب) و منبع و مقدار کودهای آلی و شیمیایی در 10 سطح (شاهد، 100% کودهای شیمیایی (456/5 میلی‌گرم اوره، 66/4 میلی‌گرم $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ و 22/0 میلی‌گرم $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ بر کیلوگرم خاک)، 6 گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک با و بدون 50% کودهای شیمیایی، 20 گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک با و بدون 50% کودهای شیمیایی، 3 گرم کود مرغی بر کیلوگرم خاک با و بدون 50% کودهای شیمیایی، 6 گرم کود مرغی بر کیلوگرم خاک با و بدون 50% کودهای شیمیایی) و با سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که تعداد پنجه در بوته، تعداد برگ در بوته، شاخص سطح برگ و وزن خشک بخش هوایی و ریشه در غرقاب دائم و غرقاب متناوب بیشتر از اشباع دائم بود. اثر شرایط آب خاک بر کارایی مصرف آب گیاه برنج معنی‌دار نبود. مصرف کودهای آلی و شیمیایی باعث افزایش پارامترهای فوق و کارایی مصرف آب نسبت به شاهد گردید. با افزایش سطح لجن فاضلاب تعداد پنجه و برگ در بوته، ارتفاع ساقه، وزن خشک بخش هوایی و ریشه، نسبت وزن خشک بخش هوایی به ریشه، شاخص کلروفیل برگ‌ها، شاخص سطح برگ و کارایی مصرف آب افزایش یافتند ولی با افزایش سطح کود مرغی از 3 به 6 گرم بر کیلوگرم خاک صفات گیاهی مذکور کاهش یافتند. به طور کلی، تیمار غرقاب متناوب با مصرف 20 گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک برای دستیابی به رشد مطلوب گیاه برنج و افزایش کارایی مصرف آب در شرایط گلخانه‌ای توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: برنج، شرایط آب خاک، کارایی مصرف آب، کود مرغی، لجن فاضلاب.

Effects of Soil Water Conditions, Sewage Sludge, Poultry Manure and Chemical Fertilizers on the Growth Characteristics and Water Use Efficiency of Rice Plant in a Calcareous Soil

M Abbasi¹, N Najafi^{*2}, N Aliasghar zad³ and Sh Oustan²

Received: 19 November 2011, Accepted: 26 February 2012

¹Former MSc Student, Dept. of Soil Sci., Faculty of Agric., Univ. of Tabriz, Iran

^{2,3}Respectively, Assoc. Prof., and Prof., Dept. of Soil Sci., Faculty of Agric., Univ. of Tabriz, Iran

*Corresponding Author E-mail: n-najafi@tabrizu.ac.ir

Abstract

Rice is one of the most important agricultural crops in Iran that needs much water and mainly cultivated in waterlogged conditions. In order to increase water use efficiency and yield of rice, reduce environmental pollution with chemical fertilizers and increase organic matter of paddy soils application of organic fertilizers is recommended. This investigation was conducted to study the effects of soil water conditions, sewage sludge, poultry manure and chemical fertilizers on the growth characteristics and water use efficiency of rice plant (*Oryza sativa* L. cv. Ali Kazemi) in a calcareous clay loam soil under greenhouse conditions. The study was performed as a factorial experiment in a randomized complete blocks design including soil water conditions at three levels (continuous submergence, alternate submergence and alternate saturation) and source and amount of organic and chemical fertilizers in 10 levels (control, 100% chemical fertilizers (456.5 mg urea, 66.4 mg $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ and 22 mg $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ /kg of soil), 6g sewage sludge per kg of soil with and without 50% chemical fertilizers, 20g sewage sludge per kg of soil with and without 50% chemical fertilizers, 3g poultry manure per kg of soil with and without 50% chemical fertilizers and 6g poultry manure per kg of soil with and without 50% chemical fertilizers) with three replications. Results showed that the tiller and leaf number per plant, leaf area index and shoot and root dry matter in continuous submergence and alternate submergence were greater than alternate saturation. The effect of soil water conditions on water use efficiency of rice plant was not significant. Application of organic and chemical fertilizers increased the above mentioned characteristics and water use efficiency as compared to the control treatment. With increasing the level of sewage sludge, tiller and leaf number per plant, stem length, shoot and root dry matter, the ratio of shoot dry matter to that of root, leaf area index, leaves chlorophyll index and water use efficiency increased but by increasing amount of poultry manure from 3 to 6 g per kg of soil the above mentioned plant characteristics decreased. In general, alternative submergence with application of 20 g sewage sludge per kg of soil to achieve the optimum growth of rice and increase water use efficiency in greenhouse conditions is recommended.

Keywords: Poultry manure, Rice, Sewage sludge, Soil water conditions, Water use efficiency

مقدمه

دور مناسب است. غرقاب دایم در آبیاری برنج نه تنها یک ضرورت نیست، بلکه در مناطق خشک و نیمه خشک که دستیابی به حداکثر کارایی مصرف آب دارای اهمیت فراوان است، مقرون به صرفه نمی باشد (پورعزیزی و مهدوی 1385). بومان و تونگ (2001) بیان داشتند که با کاهش ارتفاع آب غرقاب تا حد اشباع یا آبیاری متناوب می توان آب مصرفی برنج غرقاب را کاهش داد. آنان مشاهده کردند که میزان آب مصرفی در شرایط اشباع نسبت به غرقاب دایم به طور میانگین 23 درصد کمتر بود در حالی که، عملکرد تنها شش درصد کاهش یافت.

کودهای شیمیایی از جمله منابعی هستند که به سرعت می توانند عناصر غذایی را در اختیار گیاه قرار دهند ولی مصرف زیاد و مداوم آنها خطرات زیست محیطی مثل آلودگی آبهای سطحی و زیرزمینی و غنی شدن آنها را به دنبال دارد (ماهاجان و گوپتا 2009). لذا، بهتر است بخشی از کودهای شیمیایی با کودهای آلی جایگزین شود. با توجه به کمبود مواد آلی در اغلب خاکهای ایران، مصرف انواع مواد آلی از قبیل کود دامی، کود مرغی و لجن فاضلاب شهری در خاک ضروری به نظر می رسد ولی این کودها به تنهایی نمی توانند تمامی نیاز گیاه را به عناصر غذایی تأمین کنند (ماهاجان و گوپتا 2009). ساتیانارایانا و همکاران (2002) گزارش کردند که حداکثر عملکرد برنج با مصرف تلفیقی 10 ton/ha کود دامی و کودهای شیمیایی NPK با نسبت 45:60:12 به دست آمد. کوپین و همکاران (2002) گزارش کردند که در شرایط مزرعه کاربرد 100 درصد کودهای شیمیایی NPK (40 kg/ha):60:120 سبب افزایش معنی دار عملکرد گیاه برنج نسبت به شاهد شد که مشابه با مقادیر به دست آمده از کاربرد تلفیقی 10 ton/ha کود دامی به همراه 50 درصد کودهای شیمیایی NPK (60:30:20 kg/ha) بود. یادوانیش (2003) در شرایط مزرعه مشاهده کرد که

برنج از گیاهان زراعی مهم قاره آسیا بوده و آب مورد نیاز آن از سایر غلات بیشتر است. دانه برنج و فرآورده های حاصل از آن نزدیک به 40 درصد غذای مورد نیاز نیمی از مردم جهان را تشکیل می دهد و از لحاظ تولید جهانی می تواند با گندم برابری کند (کازمی اربط 1374). برنج از نظر مورفولوژیکی یک گیاه غیرآبزی است که می تواند هم در شرایط غرقاب و هم در شرایط غیرغرقاب رشد نماید (چادری و مک لین 1963). با این حال، بررسی ها نشان می دهند که عملکرد این گیاه در شرایط غرقاب عموماً نسبت به شرایط غیرغرقاب به طور قابل ملاحظه بیشتر است (چادری و مک لین 1963، چریان و همکاران 1968، پاتریک و فونتوت 1976). سنگ و همکاران (1999) مشاهده کردند که در هر دو خاک رسی و شنی در شرایط غرقاب دایم، مقدار نیتروژن و فسفر جذب شده توسط گیاه و همچنین مقدار ماده خشک بخش هوایی گیاه برنج نسبت به دو تیمار غرقاب متناوب و غیرغرقاب بیشتر بود.

با توجه به اقلیم کشور و توزیع نامناسب بارندگی، کمبود آب عامل اصلی محدودکننده تولید محصولات کشاورزی در ایران است. لذا، آبیاری شالیزار از مهمترین عملیاتی است که در زراعت برنج باید به دقت انجام شود (سلحشور و همکاران 1388). غرقاب دایم و با عمق آب ایستابی 7-2 سانتی متر در کرت در تمام طول دوره رشد در مقایسه با شرایط غیرغرقابی، شرایط مناسبی برای رشد گیاه برنج است؛ چون با این روش آبیاری نه تنها آب و عناصر غذایی کافی در اختیار گیاه قرار خواهد گرفت بلکه از نظر کنترل علف های هرز نیز خیلی مؤثر است؛ اما این روش آبیاری وقتی امکان پذیر است که آب کافی، مناسب و مطمئن و ارزان فراهم گردد. یکی از راهکارهای موجود برای کاهش مصرف آب در کشت برنج تغییر روش مرسوم آبیاری غرقاب دایم به روش آبیاری تناوبی با

استثنای بخشی از شمال کشور) و انتخاب خاک با بافت لوم رسی نیز به دلیل رشد بیشتر برنج در این نوع خاک-ها بود. برای کودهای آلی (کود مرغی و لجن فاضلاب) نیز ویژگی‌هایی از قبیل کربن آلی، نیتروژن کل، فسفر، سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز، روی، مس، کادمیوم و سرب قابل جذب با روش پیچ و همکاران (1986)، pH، EC، فسفر، سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز، روی، مس، کادمیوم و سرب کل با روش پیترز (2003) تعیین گردیدند و نتایج در جدول 2 ارائه شد. سه کیلوگرم خاک داخل گلدان‌ها ریخته شد. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، شامل فاکتور اول شرایط رطوبتی خاک در سه سطح (غرقاب دائم، غرقاب متناوب و اشباع متناوب)، فاکتور دوم منبع و مقدار کودهای آلی و شیمیایی در 10 سطح (T₁: شاهد، T₂: 100% کودهای شیمیایی (456/52 میلی‌گرم اوره، 66/37 میلی‌گرم Ca(H₂PO₄)₂.H₂O و 21/98 میلی‌گرم ZnSO₄.7H₂O بر کیلوگرم خاک)، T₃: 6 گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم، T₄: T₃+50% کودهای شیمیایی، T₅: لجن فاضلاب 20 گرم بر کیلوگرم، T₆: T₅+50% کودهای شیمیایی، T₇: کود مرغی 3 گرم بر کیلوگرم، T₈: T₇+50% کودهای شیمیایی، T₉: کود مرغی 6 گرم بر کیلوگرم، T₁₀: T₉+50% کودهای شیمیایی) در شرایط گلخانه‌ای انجام شد. لجن فاضلاب و کود مرغی بر اساس مقادیر ذکر شده به تیمارهای مذکور افزوده شد. کودهای شیمیایی بر اساس نتایج آزمون خاک و توصیه کودی مؤسسه تحقیقات خاک و آب برای گیاه برنج (ملکوتی و همکاران 1379) به صورت محلول و قبل از کشت به تیمارهای مورد نظر اضافه شدند. کود اوره در سه نوبت به خاک اضافه شد. یک‌سوم قبل از کشت گیاه، یک‌سوم یک ماه پس از کشت و یک‌سوم دوم ماه پس از کشت و با سرنگ 50 میلی-لیتری و به صورت محلول به داخل خاک (عمق حدود پنج سانتی‌متر) تزریق شد تا اثر بخشی آن افزایش یابد. خاک داخل گلدان‌ها برای رسیدن به تعادل نسبی به

میانگین عملکرد گیاه برنج در تیمارهایی که 10ton/ha کود سبز یا کود دامی به همراه 50 درصد کودهای شیمیایی NPK (60:13:21 kg/ha) دریافت کرده بودند با عملکرد به دست آمده از تیمار 100 درصد کودهای شیمیایی NPK مشابه بود. بنابراین، وی گزارش کرد که با مصرف کود سبز یا کود دامی می‌توان 60 kg N/ha و 13 kg P/ha در مصرف کودهای شیمیایی برای گیاه برنج صرفه‌جویی کرده و آنها را با کودهای آلی جایگزین نمود. با توجه به مطالب فوق هدف از انجام این آزمایش، بررسی اثر شرایط آب خاک و مقادیر مصرف لجن فاضلاب، کود مرغی و کودهای شیمیایی بر ویژگی‌های رشد و کارایی مصرف آب گیاه برنج در یک خاک آهکی با بافت لوم رسی بود.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش خاکی با بافت لوم رسی از مزرعه‌ای در اطرف روستای اسپیران تبریز انتخاب گردید و از عمق 0-25 سانتی‌متری نمونه برداری شد. کودهای آلی مورد استفاده شامل لجن فاضلاب و کود مرغی به ترتیب از تصفیه‌خانه فاضلاب شهر میانه و شرکت آذر طویوق میانه تهیه گردید. بعد از هواخشک کردن و عبور از الک دو میلی‌متری، ویژگی‌های مهم خاک شامل کربنات کلسیم معادل با روش ریچاردز (1969)، درصد رطوبت اشباع و بافت با روش دن و تاپ (2002)، pH، EC، درصد کربن آلی، نیتروژن کل، فسفر، سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز، روی، مس، کادمیوم و سرب قابل جذب با روش پیچ و همکاران (1982) اندازه‌گیری شدند و نتایج در جدول 1 ارائه شد. همانطور که نتایج نشان می‌دهد خاک مورد استفاده آهکی بوده و دارای کمبود N، P و Zn است. هازلتون و مورفی (2007) نشان دادند که خاک‌های آهکی معمولاً با کمبود عناصر کم‌مصرف مواجه هستند. انتخاب خاک آهکی به این دلیل بود که قسمت عمده خاک‌های زیر کشت برنج را این نوع خاک‌ها تشکیل می‌دهد (به

ویژگی‌های گیاه از قبیل تعداد پنجه و برگ در بوته، ارتفاع و قطر ساقه، طول و حجم ریشه، وزن خشک ریشه و بخش هوایی و نسبت آنها، شاخص کلروفیل و سطح برگ‌ها اندازه‌گیری شدند. برای تعیین طول ریشه، توده ریشه بر روی یک کاغذ تمیز پهن شد و بیشترین طول آن با استفاده از متر تعیین گردید. برای اندازه‌گیری حجم ریشه از استوانه‌های یک لیتری استفاده شد. ابتدا تا حجم معینی داخل استوانه‌ها آب ریخته شد سپس ریشه به‌داخل استوانه وارد و تغییر حجم آب استوانه به‌عنوان حجم ریشه در نظر گرفته شد (برای ریشه‌های کم‌حجم از استوانه مدرج کوچکتر استفاده شد). برای تعیین شاخص کلروفیل برگ‌ها از دستگاه کلروفیل‌سنج مدل CL-01 ساخت شرکت Hansatech انگلستان استفاده گردید. چهار برگ سالم از هر بوته (جمعاً 16 برگ در هر گلدان) انتخاب شد. پس از پاک کردن برگ، پهن‌ترین بخش برگ میان انبرک دستگاه قرار گرفت سپس، شاخص کلروفیل آن‌ها اندازه‌گیری شد و میانگین آنها برای هر گلدان محاسبه گردید. 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 در هر گلدان به مقدار آب مصرف شده آن (مجموع تبخیر و تعرق) تقسیم گردید (کرامر 1983). با توجه به اینکه گلدان‌ها فاقد زهکش و روان‌آب بودند، آب مصرف شده در هر گلدان برابر مجموع آب تبخیر و تعرق شده بود. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTATC و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید.

مدت دو هفته به حالت غرقاب (با حدود یک سانتی‌متر آب در سطح خاک) نگه داشته شد. برای آماده‌سازی بذور برنج (*Oryza sativa* L.) رقم علی کاظمی، ابتدا بذورهای سالم برنج به‌وسیله محلول کلرید سدیم پنج درصد از بذورهای ناسالم جدا شدند، سپس بذرها به خوبی با آب معمولی و با آب مقطر شسته و لای پارچه متقالی تمیز و مرطوب قرار داده شدند و به مدت چهار تا پنج روز در دمای 25-27 درجه سلسیوس نگهداری شدند تا جوانه بزنند. تعداد 10 عدد بذر جوانه‌دار شده برنج انتخاب و در هر گلدان با خاک اشباع کاشته شد. بعد از اطمینان از استقرار گیاهچه‌ها، گیاهان به چهار عدد در هر گلدان تنک شدند و شرایط رطوبتی خاک شامل غرقاب دائم، غرقاب متناوب و اشباع متناوب اعمال شد. در تیمارهای غرقاب دائم ارتفاع آب در سطح خاک به پنج سانتی‌متر رسانده شد و تا پایان دوره رشد با افزودن روزانه آب در همین سطح نگه‌داشته شد (توفیقی و نجفی 1380). در غرقاب متناوب پس از اینکه ارتفاع آب در سطح خاک به صفر می‌رسید مجدداً ارتفاع آب به پنج سانتی‌متر رسانده می‌شد (عرب‌زاده و توکلی 1384). در حالت اشباع متناوب با توزین روزانه گلدان‌ها و افزودن آب (دو تا سه بار در روز) سعی شد رطوبت خاک در حالت نزدیک اشباع نگه داشته شود. در این آزمایش از نسبت 1:1 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 گلخانه حدود 45-55 درصد و دمای آن بین 18-32 درجه سلسیوس در طول شبانه روز نوسان داشت. پس از سه ماه رشد،

جدول 1- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش گلخانه‌ای

گروه بافت لوم رسی	شن (%)	رس (%)	آهک (%)	کربن آلی (%)	SP	pH _(1:1)	EC _(1:1) (dS/m)
	39	22/5	15/3	0/58	44/4	7	0/47

ادامه جدول 1- غلظت نیتروژن کل و عناصر قابل جذب خاک

Pb	Cd	Cu	Zn	Mn	Fe	Mg	Ca	Na	K	P	N
(mg/kg)											
ناچیز	0/04	2/2	0/5	7	4	797/8	7234/7	325/7	556/4	8/7	0/04

جدول 2- برخی ویژگی‌های شیمیایی کود مرغی و لجن فاضلاب مورد استفاده در آزمایش گلخانه‌ای

EC _(1:2) (dS/m)(v/v)	EC _(1:5) (dS/m)(w/v)	pH _(1:2) (v/v)	pH _(1:5) (w/v)	نیتروژن کل (%)	کربن آلی (%)	
18/38	11/89	6/94	7/07	5/5	30	کود مرغی
5/58	3/25	6/26	6/63	4	21/8	لجن فاضلاب

ادامه جدول 2- غلظت کل عناصر در دو کود آلی مورد استفاده

Pb	Cd	Cu	Zn	Mn	Fe	Mg	Ca	Na	K	P	
(mg/kg)						(mg/g)					
7/7	10/9	29/4	418/4	703/4	211/6	3/9	11/7	4/8	20/3	10/4	کود مرغی
51/4	12/1	186/5	2723	808	7124/4	5/2	26/7	0/8	2/9	11/6	لجن فاضلاب

ادامه جدول 2- غلظت عناصر قابل جذب در دو کود آلی مورد استفاده

Pb	Cd	Cu	Zn	Mn	Fe	Mg	Ca	Na	K	P	
(mg/kg)						(mg/g)					
0/5	0/4	27/9	93/7	6/6	26/4	3/4	3/2	2/5	9/8	1/4	کود مرغی
5/7	0/9	121/5	531/9	52/2	42/3	1/2	8/9	0/3	0/4	0/5	لجن فاضلاب

نتایج و بحث

تعداد پنجه در بوته

آبیاری بر تعداد کل پنجه در بوته معنی‌دار بود. عثمان و همکاران (2003) گزارش کردند که کاربرد کودهای شیمیایی NPK به همراه 20ton/ha کود مرغی و کودهای شیمیایی با همان نسبت به همراه کود دامی باعث افزایش تعداد پنجه در بوته برنج نسبت به سایر تیمارها شد. آنان دلیل افزایش تعداد پنجه در بوته با مصرف این سطح کودی را افزایش قابلیت جذب نیتروژن ذکر کردند که نقش مهمی در تقسیم سلولی دارد و علت دیگر را بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک پس از افزودن ماده آلی گزارش نمودند. کاویتها و سویرامانیان (2007) مشاهده کردند که تعداد پنجه در بوته برنج به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کاربرد کمپوست غنی شده به همراه کودهای شیمیایی NPK قرار گرفت. آنان بیان کردند که افزایش عناصر غذایی قابل جذب گیاه سبب تولید بیشترین تعداد پنجه در بوته گردید. از نظر تعداد پنجه در بوته میان 6 و 20 گرم لجن فاضلاب بر

اثر اصلی شرایط رطوبتی و کودهای آلی و شیمیایی بر تعداد پنجه در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار ولی اثر متقابل آنها غیرمعنی‌دار بود (جدول 3). تعداد پنجه در بوته در شرایط غرقاب دائم و غرقاب متناوب به‌طور معنی‌داری بیشتر از اشباع متناوب بود. در میان سطوح کودی، 100% کودهای شیمیایی و 20 گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک بیشترین و تیمار شاهد کمترین تعداد پنجه را داشتند. مصرف 50% کودهای شیمیایی در سطح 6 گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک و در هر دو سطح 3 و 6 گرم کود مرغی بر کیلوگرم خاک باعث افزایش تعداد پنجه نسبت به تیمارهای کودی بدون 50% کودهای شیمیایی شد (جدول 4). تقی‌زاده و همکاران (1387) مشاهده کردند که اثر مصرف کود نیتروژن و دوره‌های مختلف

رهاسازی سریعتر عناصر غذایی نسبت به کودهای آلی باشد؛ چون تجزیه کودهای آلی در شرایط غرقاب کند بوده و مدتی طول می‌کشد عناصر غذایی آزاد شده از تجزیه کود در اختیار گیاه قرار گیرد ولی کودهای شیمیایی به سرعت این عناصر را در زمان رشد در اختیار گیاه قرار می‌دهند (ماهاجان و گوپتا 2009). همچنین مصرف 50% کودهای شیمیایی در سطوح پایین کودهای آلی می‌تواند کمبود عناصر غذایی را جبران کند و رشد گیاه از جمله تعداد پنجه در بوته را بهبود بخشد.

کیلوگرم خاک با و بدون 50% کودهای شیمیایی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. با توجه به نتایج تجزیه کود مرغی و لجن فاضلاب (جدول 2) غلظت سدیم و پتاسیم قابل جذب در کود مرغی نسبت به لجن فاضلاب بالا بوده و باعث افزایش غلظت این عناصر در خاک شده و جذب آب و سایر عناصر غذایی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به همین علت مصرف این کود مانند مصرف لجن فاضلاب نمی‌تواند بر ویژگی‌های رویشی گیاه تأثیر بگذارد. افزایش بیشتر رشد گیاه با مصرف تلفیقی 50% کودهای شیمیایی و آلی ممکن است به دلیل فراهمی و

جدول 3- تجزیه واریانس اثر شرایط رطوبتی و کودهای آلی و شیمیایی بر تعداد پنجه و برگ در بوته، ارتفاع ساقه در محل طوقه، قطر ساقه و طول ریشه

طول ریشه	میانگین مربعات		تعداد برگ در بوته	تعداد پنجه در بوته	درجه آزادی	منبع تغییر
	قطر ساقه در محل طوقه	ارتفاع ساقه				
1119/76 **	0/03 *	1038/88 **	0/69 **	8/25 **	2	شرایط رطوبت خاک
246/50 **	0/02 **	308/91 **	0/63 **	3/05 **	9	کود
52/58 ^{n.s}	0/01 ^{n.s}	73/78 ^{n.s}	0/16 ^{n.s}	0/66 ^{n.s}	18	شرایط رطوبتی × کود
44/97	0/01	41/91	0/09	0/40	58	خطای آزمایشی
23/41	9/26	6/76	7/75	12/02		ضریب تغییرات (%)

^{n.s}، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد

کودی 20 گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک و کمترین آن در تیمارهای شاهد و 6 گرم کود مرغی بر کیلوگرم خاک مشاهده گردید (جدول 4). کاهش تعداد برگ‌های گیاه با افزایش سطح کود مرغی ممکن است به دلیل افزایش شوری محلول خاک بر اثر مصرف این کود و به دنبال آن کاهش جذب آب و عناصر غذایی و کاهش رشد گیاه باشد. مطابق جدول 2، EC کود مرغی حدود سه برابر لجن فاضلاب بود.

ارتفاع ساقه

اثر شرایط رطوبتی و کودهای آلی و شیمیایی بر ارتفاع ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار ولی اثر متقابل آنها غیرمعنی‌دار بود (جدول 3). از نظر ارتفاع ساقه میان سه سطح رطوبتی تفاوت معنی‌داری

تعداد برگ در بوته

اثر اصلی شرایط رطوبتی و کودهای آلی و شیمیایی بر تعداد برگ در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار ولی اثر متقابل شرایط رطوبتی و کودهای آلی و شیمیایی غیرمعنی‌دار بود (جدول 3). تعداد برگ در بوته در دو تیمار غرقاب دایم و متناوب به طور معنی‌داری بیشتر از تیمار اشباع متناوب بود. تعداد برگ در بوته با مصرف لجن فاضلاب و افزایش سطح آن به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت. با مصرف 3 گرم کود مرغی بر کیلوگرم خاک تعداد برگ افزایش یافت ولی با افزایش سطح آن به 6 گرم بر کیلوگرم خاک دوباره کاهش یافت و با تیمار شاهد تفاوت معنی‌دار نداشت. بنابراین، بیشترین تعداد برگ در بوته در تیمار

ارتفاع گیاه با افزایش عمق آب در کرت افزایش می‌یابد. همچنین تحقیقات نشان داده که حداکثر محصول زمانی به دست خواهد آمد که خاک شالیزار در شرایط غرقاب یا اشباع باشد ولی در بعضی از مراحل رشد، کم کردن تدریجی رطوبت خاک باعث افزایش عملکرد می‌شود، به شرطی که خاک از مرحله تشکیل خوشه اولیه تا مرحله رسیدن در حد اشباع یا غرقاب باشد (پورعزیزی و مهدوی 1385).

وجود داشت و غرقاب دایم بیشترین و اشباع متناوب کمترین ارتفاع ساقه را داشت. پارک و همکاران (1978) گزارش کردند که در هر سه تیمار رطوبتی (غرقاب، pF1/8 و pF2/5) که کود شیمیایی بیشتری دریافت کرده بودند، ارتفاع گیاه برنج بیشتر از تیمارهایی بود که کود شیمیایی کمتری دریافت کرده بودند. همچنین ارتفاع گیاه در تیمار غرقاب با کود شیمیایی بالا، بیشتر از دو تیمار رطوبتی دیگر بود. جورایی و همکاران (2009) نتایج مشابهی گزارش کردند. ارتفاع گیاه برنج مستقیماً تحت تأثیر عمق آب در کرت قرار دارد به طوری که

جدول 4- مقایسه میانگین‌های تعداد پنجه و برگ در بوته، ارتفاع ساقه، قطر ساقه و طول ریشه برنج تحت اثر اصلی

شرایط رطوبتی و کودهای آلی و شیمیایی

فاکتور	سطوح	تعداد پنجه در بوته	تعداد برگ در بوته	ارتفاع ساقه (cm)	قطر ساقه در محل طوقه (cm)	طول ریشه (cm/pot)
شرایط غرقاب دایم	5/67 a	15/09 a	101/06 a	0/90 a	34/33 a	
رطوبت غرقاب متناوب	5/40 a	15/33 a	96/82 b	0/85 b	29/43 b	
خاک اشباع متناوب	4/66 b	13/17 b	89/43 c	0/91 a	22/18 c	
شاهد	4/28 f	11/33 d	83/61 e	0/82 e	31/50 bc	
100% کودهای شیمیایی	5/94 a	17/50 a	97/31 abc	0/97 a	30/61 bcd	
لجن فاضلاب (6 g/kg)	5/29 bcd	13/94 bc	92/97 cd	0/90 a-d	39/11 a	
لجن فاضلاب (6 g/kg)+50% کودهای شیمیایی	5/47 abc	15/76 ab	97/56 abc	0/88 b-e	28/22 b-e	
لجن فاضلاب (20 g/kg)	6/00 a	16/81 a	99/03 abc	0/95 ab	33/88 ab	
لجن فاضلاب (20 g/kg)+50% کودهای شیمیایی	5/81 ab	15/44 ab	103/19 a	0/88 b-e	24/42 de	
کود مرغی (3 g/kg)	5/08 cde	14/25 bc	100/42 ab	0/83 de	25/94 cde	
کود مرغی (3 g/kg)+50% کودهای شیمیایی	5/22 bcd	15/39 ab	98/97 abc	0/91 abc	27/22 cde	
کود مرغی (6 g/kg)	4/61 ef	11/89 d	88/69 de	0/83 cde	23/61 e	
کود مرغی (6 g/kg)+50% کودهای شیمیایی	4/74 def	12/97 cd	95/91 bc	0/88 b-e	21/94 e	

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

ارتفاع ساقه شد به طوری که بیشترین ارتفاع ساقه در 20 گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک + 50% کودهای شیمیایی مشاهده گردید (جدول 4). عثمان و همکاران (2003) در بررسی اثر مصرف تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی بر رشد و عملکرد برنج نتایج مشابهی مشاهده کردند. افزایش ارتفاع گیاه با مصرف تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی می‌تواند به دلیل افزایش عناصر غذایی

افزودن کودهای آلی و شیمیایی باعث افزایش ارتفاع ساقه گردید (جدول 4). با مصرف لجن فاضلاب و افزایش مقدار آن به 20 گرم بر کیلوگرم خاک، ارتفاع ساقه افزایش یافت و با مصرف 3 گرم کود مرغی بر کیلوگرم خاک نیز ارتفاع گیاه به حداکثر رسید ولی با افزایش مقدار آن به 6 گرم ارتفاع ساقه کاهش یافت. مصرف 50% کودهای شیمیایی باعث افزایش بیشتر

پرمصرف و کم مصرف قابل جذب گیاه باشد (جدول های 1 و 2).

قطر ساقه در محل طوقه

اثر اصلی شرایط رطوبتی بر قطر ساقه در سطح احتمال پنج درصد و اثر کودهای آلی و شیمیایی بر آن در سطح احتمال یک درصد معنی دار بودند ولی اثر متقابل آنها غیرمعنی دار بود (جدول 3). میان تیمارهای غرقاب دایم و اشیاع متناوب از نظر قطر ساقه تفاوت معنی داری وجود نداشت ولی به طور معنی داری بیشتر از تیمار غرقاب متناوب بودند. علت افزایش قطر ساقه در محل طوقه در شرایط غرقاب را می توان به تشکیل ایرانشیم (پارانشیم هوایی) نسبت داد. 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 می شود (مارشنر 2003). بررسی اثر کودهای آلی و شیمیایی بر قطر ساقه نشان داد که بیشترین قطر ساقه در تیمار 100% کودهای شیمیایی و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد بدون کود بود. با مصرف لجن فاضلاب و افزایش سطح آن به 20 گرم بر کیلوگرم خاک قطر ساقه افزایش یافت ولی افزودن 50% کودهای شیمیایی باعث کاهش قطر ساقه نسبت به مصرف تنهای لجن فاضلاب گردید؛ این روند در مورد کود مرغی برعکس بود و با افزایش سطوح کود مرغی از 3 به 6 گرم بر کیلوگرم قطر ساقه کاهش یافت و مصرف 50% کودهای شیمیایی باعث افزایش قطر ساقه نسبت به مصرف تنهای کود مرغی شد (جدول 4). یانگ و همکاران (2004) گزارش کردند که مصرف کودهای شیمیایی و ماده آلی به ویژه کاه برنج باعث افزایش معنی دار قطر، ضخامت دیواره و وزن ساقه و در نتیجه کاهش ارتفاع ساقه برنج شد که تمام این عوامل باعث

افزایش مقاومت ساقه به ورس می شود. همچنین، تأثیر مثبت مصرف کودهای آلی و شیمیایی بر مقاومت به ورس گیاه برنج در شرایط خشک و مرطوب کردن متناوب و آبیاری (غیرغرقاب) بیشتر از شرایط غرقاب دایم بود. آنان دلیل افزایش قطر و ضخامت ساقه و در نتیجه مقاومت به ورس را افزایش غلظت K_2O و SiO_2 در ساقه برنج ذکر کردند (یانگ و همکاران 2004).

طول ریشه

اثر شرایط رطوبتی و کودهای آلی و شیمیایی بر طول ریشه در سطح احتمال پنج درصد معنی دار ولی اثر متقابل آنها غیرمعنی دار بودند (جدول 3). طول ریشه در تیمار غرقاب دایم به طور معنی داری بیشتر از دو تیمار رطوبتی دیگر بود. مصرف 6 گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک باعث حداکثر رشد ریشه شد ولی با افزایش مقدار لجن فاضلاب و همچنین مصرف 50% کودهای شیمیایی طول ریشه کاهش یافت. نتیجه مشابهی با مصرف کود مرغی نیز مشاهده شد با این تفاوت که رشد طولی ریشه در تیمارهای دارای لجن فاضلاب بیشتر از تیمارهای دارای کود مرغی بود. بنابراین، بیشترین طول ریشه در تیمار 6 گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک و کمترین آن در تیمارهای 6 گرم کود مرغی بر کیلوگرم خاک با و بدون 50% کودهای شیمیایی مشاهده شد (جدول 4). ابراهیم و همکاران (2010) گزارش کردند که مصرف کود دامی و کمپوست باعث افزایش طول ریشه در برنج و گندم شد. آنان این افزایش را به بهبود ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک و افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی بر اثر مصرف کودهای آلی نسبت دادند.

جدول 5- تجزیه واریانس اثر شرایط رطوبتی و کودهای آلی و شیمیایی بر حجم ریشه، وزن خشک بخش هوایی، وزن خشک ریشه و نسبت وزن خشک ریشه به بخش هوایی برنج

میانگین مربعات					
منبع تغییر	درجه آزادی	حجم ریشه	وزن خشک بخش هوایی	وزن خشک ریشه	نسبت وزن خشک ریشه به بخش هوایی
شرایط رطوبت خاک	2	1/82 **	3/41 **	1/26 **	0/07 **
کود	9	0/32 **	1/90 **	0/35 **	0/03 **
شرایط رطوبتی × کود	18	0/12 *	0/33 n.s	0/12 n.s	0/01 n.s
خطای آزمایشی	58	0/06	0/26	0/08	0/01
ضریب تغییرات (%)		20/36	17/08	26/99	18/78

n.s، * و ** به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد

کردند. مصرف کودهای شیمیایی و آلی، به ویژه سطوح اولیه لجن فاضلاب باعث افزایش حجم ریشه شد ولی با افزایش مقدار لجن فاضلاب به خصوص با مصرف 50% کودهای شیمیایی حجم ریشه کاهش یافت که در تیمار کود مرغی نیز همین نتیجه مشاهده شد. بیشترین حجم ریشه در تیمارهای 100% کودهای شیمیایی، 6 و 20 گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک و 3 گرم کود مرغی بر کیلوگرم خاک + 50% کودهای شیمیایی و کمترین مقدار در تیمارهای 6 گرم کود مرغی بر کیلوگرم خاک با و بدون 50% کودهای شیمیایی مشاهده شد (جدول 6). بیشترین حجم ریشه مربوط به تیمار غرقاب دایم و مصرف 6 گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک بود. افزودن 50% کودهای شیمیایی در هر دو سطح لجن فاضلاب باعث کاهش حجم ریشه نسبت به تیمارهای بدون کودهای شیمیایی شد. همچنین در اکثر تیمارهایی که کود مرغی نسبتاً پوسیده اضافه شده بود حجم ریشه کاهش یافت ولی با مصرف لجن فاضلاب و افزایش سطح آن حجم ریشه در تیمار رطوبتی غرقاب متناوب و اشباع متناوب به طور معنی داری نسبت به تیمار شاهد و کودهای شیمیایی در همین شرایط رطوبتی افزایش یافت (شکل 1) که علت آن ممکن است بهبود تغذیه گیاه در این شرایط رطوبتی باشد. به نظر می رسد کاهش حجم ریشه با مصرف کود مرغی به دلیل

رشد ریشه به روش های گوناگون تحت تأثیر مواد آلی محلول خاک قرار می گیرد. اگر غلظت اسیدهای آلی با جرم مولکولی بالا در محلول خاک کم باشد، ممکن است تشکیل ریشه و رشد طولی ریشه در حضور آنها افزایش یابد ولی در غلظت های بیشتر، مواد آلی با جرم مولکولی اندک در جلوگیری از رشد ریشه ها نقش دارند. همچنین در شرایط غرقاب، اسید استیک و اسیدهای چرب فرار، ممکن است در غلظت های سمی در رایزوسفر انباشته شوند و از رشد ریشه و ساقه حتی در گونه های سازش یافته با غرقاب جلوگیری کنند. توزیع ریشه ها در خاک با مصرف کودهای شیمیایی می تواند تغییر کند. ریشه زایی در ناحیه ای که غلظت مواد غذایی به ویژه نیتروژن بالاست، به چند برابر افزایش می یابد. 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 توده ای افزایش می دهد (مارشور 2003).

حجم ریشه

اثر شرایط رطوبتی و کودهای آلی و شیمیایی بر حجم ریشه در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل آنها در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بودند (جدول 5). حجم ریشه در شرایط رطوبتی غرقاب دایم به طور معنی داری بیشتر از دو سطح رطوبتی دیگر بود (جدول 6). زانگ و همکاران (2009) نیز نتایج مشابهی گزارش

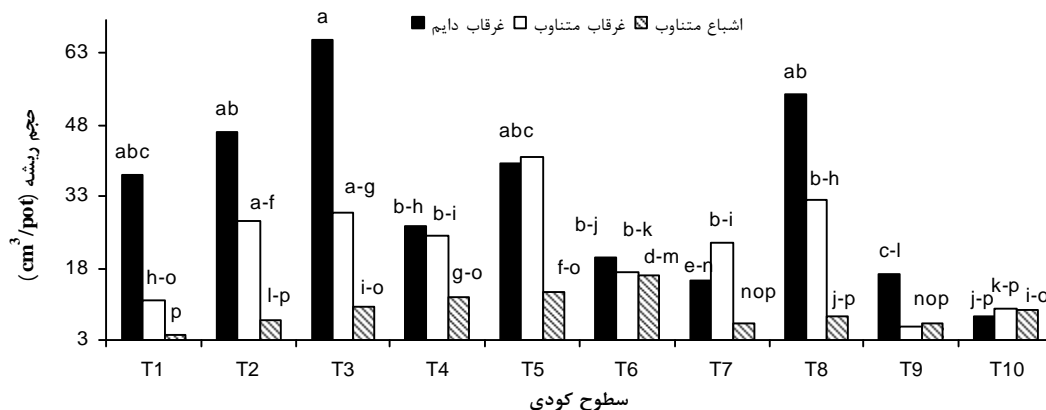
نیاز گیاه (جدول‌های 1 و 2) و بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک باشد (لی و همکاران 2009).

افزایش غلظت نمک‌های محلول و EC آن (جدول 2) می- باشد. افزایش حجم ریشه با مصرف لجن فاضلاب ممکن است به دلیل افزایش فراهمی عناصر غذایی مورد

جدول 6- مقایسه میانگین‌های حجم ریشه، وزن خشک بخش هوایی، وزن خشک ریشه و نسبت وزن خشک ریشه به بخش هوایی برنج تحت اثر اصلی شرایط رطوبتی و کودهای آلی و شیمیایی

فاکتور	سطوح	حجم ریشه (cm ³ /pot)	وزن خشک بخش هوایی (g/pot)	وزن خشک ریشه (g/pot)	نسبت وزن خشک ریشه به بخش هوایی
شرایط	غرقاب دایم	33/17 a	11/11 a	2/31 a	0/20 a
رطوبت	غرقاب متناوب	22/33 b	9/95 a	1/80 a	0/17 a
خاک	اشباع متناوب	9/27 c	7/12 b	0/84 b	0/11 b
	شاهد	17/72 bc	4/77 f	1/01 cd	0/20 b
کودهای آلی و شیمیایی	100% کودهای شیمیایی	27/28 a	12/92 ab	2/38 ab	0/17 bcd
	لجن فاضلاب (6 g/kg)	35/22 a	8/80 cd	2/48 ab	0/26 a
	لجن فاضلاب (6 g/kg)+50% کودهای شیمیایی	21/11 ab	9/82 bcd	1/72 abc	0/15 bcd
	لجن فاضلاب (20 g/kg)	31/44 a	13/15 a	2/64 a	0/18 bc
	لجن فاضلاب (20 g/kg)+50% کودهای شیمیایی	18/00 ab	11/23 abc	1/49 abc	0/14 cde
	کود مرعی (3 g/kg)	15/00 bc	9/01 cd	1/20 bcd	0/13 de
	کود مرعی (3 g/kg)+50% کودهای شیمیایی	31/50 a	10/42 a-d	1/95 abc	0/15 bcd
	کود مرعی (6 g/kg)	9/61 c	6/29 ef	0/78 d	0/11 de
	کود مرعی (6 g/kg)+50% کودهای شیمیایی	9/00 c	7/56 de	0/83 d	0/10 e

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



شکل 1- اثر متقابل شرایط رطوبتی و کودهای آلی و شیمیایی بر حجم ریشه برنج

بودند (جدول 5). وزن خشک بخش هوایی در دو تیمار غرقاب دایم و متناوب با تیمار اشباع متناوب تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول 6). شیخ (1973) گزارش نمود که ویژگی‌های رشد گیاه برنج از قبیل ماده خشک در

وزن خشک بخش هوایی اثر اصلی شرایط رطوبتی و کودهای آلی و شیمیایی بر وزن خشک بخش هوایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار ولی اثر متقابل آنها غیرمعنی‌دار

مصرف بیشتر کود دامی، احتمالاً به دلیل افزایش املاح محلول خاک کاهش یافت. میرزایی و همکاران (1388) بیان کردند که با مصرف کودهای آلی میزان ماده خشک بخش هوایی و ریشه گوجه فرنگی نسبت به حالت بدون مصرف کود افزایش یافت. بیشترین وزن خشک بخش هوایی در تیمارهای ورمی کمپوست و کود شیمیایی و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد مشاهده شد. با مصرف کودهای آلی، میزان مواد آلی خاک افزایش یافته و موجب بهبود فعالیت‌های میکروبی و فراهمی عناصر غذایی کم مصرف و پرمصرف مورد نیاز گیاه می‌شود که می‌توان ضمن دستیابی به عملکرد مطلوب تداوم آن را در خاک حفظ کرد (میرزایی و همکاران 1388).

وزن خشک ریشه

اثر شرایط رطوبتی و کودهای آلی و شیمیایی بر وزن خشک ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی-دار ولی اثر متقابل آنها غیرمعنی‌دار بودند (جدول 5). وزن خشک ریشه در تیمار غرقاب دایم و غرقاب متناوب به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار اشباع متناوب بود. مصرف کودهای شیمیایی و لجن فاضلاب باعث افزایش وزن خشک ریشه شد ولی با افزایش سطوح لجن فاضلاب وزن خشک ریشه کاهش یافت. مصرف 50% کودهای شیمیایی نیز باعث کاهش وزن خشک ریشه نسبت به مصرف تنهای لجن فاضلاب شد ولی این تفاوت معنی‌دار نبود. با مصرف کود مرغی به‌ویژه سطح بالای آن (6 گرم بر کیلوگرم خاک) وزن خشک ریشه نسبت به تیمار شاهد (بدون کود) کاهش یافت ولی مصرف 50% کودهای شیمیایی با کمترین سطح کود مرغی باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک ریشه شد. بیشترین وزن خشک ریشه در تیمارهای 100% کودهای شیمیایی، 6 و 20 گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک و کمترین آن در تیمارهای 6 گرم کود مرغی بر کیلوگرم خاک با و بدون 50% کودهای شیمیایی مشاهده گردید (جدول 6). قانونم (2008) بیان کرد که ارتفاع گیاه، وزن

تیمار غرقاب بیشتر از تیمارهای دیگر بود. وی بیان داشت که غلظت N، K، Ca، Na و Fe در بخش هوایی گیاه برنج در تیمار غرقاب بیشتر از تیمارهای دیگر بود. علم و انصاری (2001) نشان دادند که در شرایط غرقاب نسبت به شرایط غیرغرقاب تعداد پنجه‌ها، ارتفاع گیاه، عملکرد ماده خشک و غلظت آهن، منگنز و فسفر در گیاه برنج افزایش یافت. میرلوحی و همکاران (1383) نیز نشان دادند که در شرایط غرقاب بعضی عناصر غذایی به شکل محلول و قابل جذب گیاه تبدیل می‌شود؛ در نتیجه، باعث رشد بهتر گیاه و افزایش وزن خشک آن می‌گردد. با مصرف کودهای شیمیایی و آلی به‌ویژه سطوح بالای لجن فاضلاب و سطح پایین کود مرغی وزن خشک بخش هوایی افزایش یافت ولی با افزایش سطح کود مرغی وزن خشک بخش هوایی کاهش یافت که با مصرف تلفیقی کود مرغی و 50% کودهای شیمیایی این کاهش تا حدی جبران گردید. بیشترین وزن خشک بخش هوایی در تیمار 20 گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک مشاهده شد (جدول 6). شو (2005) بیان کرد که مصرف کمپوست بقایای گیاهی به میزان 135 g/kg باعث افزایش ارتفاع گیاه، تعداد پنجه، عملکرد کاه و کل گیاه برنج در هر دو مرحله خوشه‌دهی و رسیدگی نسبت به دو تیمار کودهای شیمیایی (mg/kg) 233:83:117 (NPK) و کمپوست کود گاوی (127g/kg) شد. لی و همکاران (2009) و مانیوانان و سریراماچاندرااسخاران (2009) نیز نتایج مشابهی گزارش کردند. مصرف کود آلی باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، افزایش فراهمی عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف در خاک و در نتیجه افزایش وزن خشک گیاه می‌شود (لی و همکاران 2009). رسولی و مفتون (1387) گزارش کردند که مصرف کمپوست و کود دامی سبب افزایش وزن خشک گیاه برنج گردید. همچنین بیشترین وزن خشک برنج با مصرف چهار درصد کمپوست و 150mgN/kg به دست آمد. رشد برنج با مصرف کود دامی تا سطح دو درصد افزایش و با

هوایی در سطح 6 گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک و کمترین آن در سطح 6 گرم کود مرغی بر کیلوگرم خاک + 50% کودهای شیمیایی مشاهده گردید (جدول 6). آسقی و همکاران (2007) گزارش کردند که نسبت وزن خشک بخش هوایی به ریشه در تیمار لجن فاضلاب به-طور معنی‌داری بیشتر از دو تیمار شاهد و کود شیمیایی بود.

شاخص کلروفیل برگ‌ها

اثر اصلی شرایط رطوبتی و اثر متقابل شرایط رطوبتی و کودهای آلی و شیمیایی بر شاخص کلروفیل برگ‌ها غیرمعنی‌دار ولی اثر اصلی کودهای آلی و شیمیایی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول 7). شاخص کلروفیل برگ‌ها در تیمار اشباع متناوب بیشتر از تیمارهای غرقاب دایم و غرقاب متناوب بود ولی از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. مصرف کودهای شیمیایی و آلی باعث افزایش شاخص کلروفیل برگ‌ها شد. با افزایش سطح لجن فاضلاب نیز شاخص کلروفیل برگ‌ها افزایش یافت. همچنین، مصرف 50% کودهای شیمیایی در هر دو سطح لجن فاضلاب باعث افزایش بیشتر شاخص کلروفیل برگ‌ها نسبت به مصرف تنهای لجن فاضلاب شد. مصرف کود مرغی نیز باعث افزایش شاخص کلروفیل برگ‌ها گردید ولی با افزایش سطح آن شاخص کلروفیل برگ‌ها تغییر معنی‌داری نکرد. بیشترین شاخص کلروفیل برگ‌ها در تیمار 20 گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک + 50% کودهای شیمیایی و کمترین آن در تیمار شاهد مشاهده گردید (جدول 8). قربانلی و همکاران (1385)، نجفی و مردمی (1390) و آسقی و همکاران (2007) نتایج مشابهی گزارش کردند. نیتروژن یکی از عناصر پرمصرف مهم در ساخت کلروفیل برگ-ها می‌باشد. چون در شرایط غرقاب دایم هدروری نیتروژن به‌علت نیترات‌زدایی زیاد است در نتیجه در ساخت کلروفیل برگ نیز اختلال ایجاد می‌شود که می‌توان با کاهش سطح آب غرقاب تا حد اشباع یا آبیاری

خشک کاه و ریشه برنج با مصرف هر دو تیمار کودهای شیمیایی (NPK 80:80:80 kg/ha) و بقایای آلی پوسیده (با 80kg N/ha) افزایش یافت. نجفی و مردمی (1390) و پال و همکاران (2008) نیز نتایج مشابهی گزارش کردند. عملکرد وزن خشک ریشه رابطه مستقیمی با بهبود وضعیت عناصر غذایی خاک و بهبود ساختمان خاک دارد. همچنین افزایش عملکرد ماده خشک ممکن است به دلیل افزایش نیتروژن و کربن آلی خاک باشد که به دنبال آن رشد ریشه گیاه و در نتیجه تولید افزایش می‌یابد (میرزایی و همکاران 1388).

نسبت وزن خشک ریشه به بخش هوایی

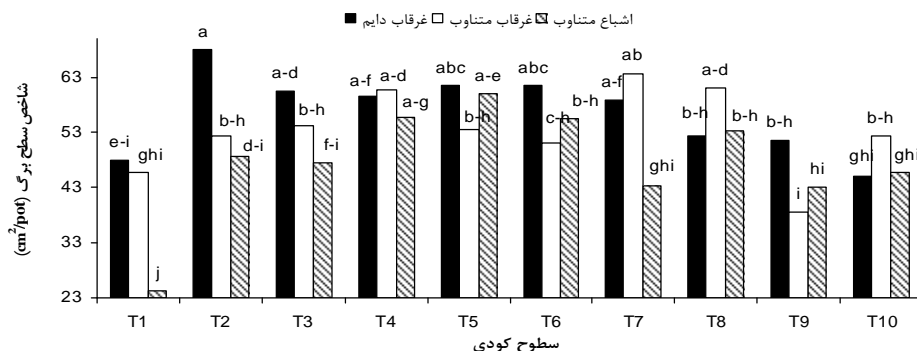
اثر اصلی شرایط رطوبتی و کودهای آلی و شیمیایی بر نسبت وزن خشک ریشه به بخش هوایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار ولی اثر متقابل آنها غیرمعنی‌دار بودند (جدول 5). از نظر نسبت وزن خشک ریشه به بخش هوایی، غرقاب دایم و غرقاب متناوب با اشباع متناوب تفاوت معنی‌داری داشتند. مصرف 100% کودهای شیمیایی، سطوح بالای لجن فاضلاب و هر دو سطح کود مرغی باعث کاهش نسبت وزن خشک ریشه به بخش هوایی نسبت به شاهد گردید. علت کاهش این نسبت با مصرف سطوح بالای لجن فاضلاب می‌تواند رشد بیشتر بخش هوایی نسبت به ریشه به دلیل فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه از جمله نیتروژن (جدول 2) باشد. مارشنر (2003) بیان داشت که مصرف کود نیتروژن نسبت ماده خشک بخش هوایی به ریشه را افزایش می‌دهد. کاهش نسبت وزن خشک ریشه به بخش هوایی با مصرف کود مرغی نیز ممکن است به کاهش بیشتر رشد ریشه به‌ویژه در سطوح بالای کود مرغی به دلیل افزایش نمکهای محلول و EC آن (جدول 2) مربوط باشد. تلفیق کودهای آلی با 50% کودهای شیمیایی در هر دو سطح لجن فاضلاب و در سطح 6 گرم کود مرغی بر کیلوگرم خاک، نسبت وزن خشک ریشه به بخش هوایی را نسبت به مصرف تنهای آنها افزایش داد. بیشترین نسبت وزن خشک ریشه به بخش

مصرف 50% کودهای شیمیایی به همراه کود مرغی شاخص سطح برگ نسبت به مصرف فقط کود مرغی افزایش یافت. بیشترین شاخص سطح برگ در تیمارهای 100% کودهای شیمیایی، 6 گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک+50% کودهای شیمیایی، 20 گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک با و بدون 50% کودهای شیمیایی و 3 گرم کود مرغی بر کیلوگرم خاک با و بدون 50% کودهای شیمیایی مشاهده گردید (جدول 8). قربانلی و همکاران (1385) گزارش کردند افزایش مقدار نیتروژن سبب افزایش پارامترهای رشد از قبیل سطح برگ و وزن خشک کل گیاه برنج شد. پارامترهای رشد از قبیل وزن خشک در تیمارهای غرقاب دایم نسبت به تیمار اشباع متناوب به طور معنی داری افزایش یافتند. فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه با مصرف کودهای آلی و شیمیایی می تواند باعث طولی شدن سلولها یا تقسیم سلولی شود که باعث افزایش اندازه برگها و در نتیجه افزایش سطح برگ می گردد (حسن-الزمان و همکاران 2010). مصرف کودهای آلی و شیمیایی باعث افزایش سطح برگ در هر سه سطح رطوبتی به ویژه اشباع متناوب نسبت به تیمار شاهد شد. بیشترین شاخص سطح برگ در تیمار غرقاب دایم با 100% کودهای شیمیایی مشاهده گردید (شکل 2). افزایش سطح برگ با مصرف هر دو سطح لجن فاضلاب و کمترین سطح کود مرغی می تواند به علت غنی بودن این کودها از عناصر غذایی از قبیل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، روی و مس باشد که در طول دوره رشد گیاه آزاد شده و در اختیار گیاه قرار می گیرد (جدول 2).

متناوب نیترات زدایی را کاهش و معدنی شدن نیتروژن را افزایش داد (ونترینک 2002). در طی مراحل اولیه رشد که نیاز محصول به نیتروژن کم است، به علت معدنی شدن ماده آلی خاک و بقایای محصول، آمونیوم محلول و قابل تبادل در لایه خاک احیا شده تجمع می یابد. به دنبال انتشار آمونیوم به لایه هوای خاک سطحی، نیتروژن آمونیومی به نیترات تبدیل شده و بر اثر انتشار به لایه احیا شده خاک برمی گردد و بر اثر فرآیند نیترات زدایی تلف می شود (مارشور 2003). کمبود نیتروژن در خاکهایی با مقدار ماده آلی کم و پتانسیل بالای هدرروی نیتروژن به صورت گاز آمونیاک مشاهده می شود (دبرمن و فیرهورست 2000). به نظر می رسد عوامل ذکر شده در بالا می توانند از طریق اثر بر غلظت نیتروژن گیاه، شاخص کلروفیل برگها را نیز تحت تأثیر قرار دهند.

شاخص سطح برگها

اثر شرایط رطوبتی و کودهای آلی و شیمیایی بر شاخص سطح برگها در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل آنها در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بودند (جدول 7). تیمارهای غرقاب دایم و متناوب از نظر شاخص سطح برگ با تیمار اشباع متناوب تفاوت معنی داری داشتند. با مصرف کودهای آلی و شیمیایی شاخص سطح برگ افزایش یافت. با افزایش سطح لجن فاضلاب شاخص سطح برگ افزایش یافت و مصرف 50% کودهای شیمیایی با سطح 6 گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک باعث افزایش شاخص سطح برگ نسبت به مصرف تنهای این سطح لجن فاضلاب شد اما با افزایش سطح کود مرغی از 3 به 6 گرم بر کیلوگرم خاک شاخص سطح برگ کاهش یافت. با



شکل 2- اثر متقابل شرایط رطوبتی و کودهای آلی و شیمیایی بر شاخص سطح برگ‌های برنج

افزودن لجن فاضلاب باعث تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در خاک گردید (جدول 2) که همین امر می‌تواند باعث افزایش رشد گیاه و افزایش جذب آب توسط گیاه گردید.

کارایی مصرف آب

اثر شرایط رطوبتی و اثر متقابل شرایط رطوبتی و کودهای آلی و شیمیایی بر کارایی مصرف آب برنج غیرمعنی‌دار ولی اثر اصلی کودهای آلی و شیمیایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول 7). با مصرف کودهای شیمیایی و آلی به‌ویژه لجن فاضلاب کارایی مصرف آب افزایش یافت. با افزایش سطح لجن فاضلاب از 20 به 40 گرم بر کیلوگرم خاک کارایی مصرف آب بیشتر افزایش یافت. مصرف 50% کودهای شیمیایی به همراه 20 گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک باعث افزایش معنی‌دار کارایی مصرف آب نسبت به مصرف تنهای این سطح کودی شد ولی با افزایش سطوح کود مرغی کارایی مصرف آب کاهش یافت و با مصرف 50% کودهای شیمیایی این کاهش تا حدودی جبران شد. بیشترین کارایی مصرف آب در تیمار 20 گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک و کمترین آن در تیمار شاهد مشاهده گردید (جدول 8). رابطه خطی معنی‌داری با $r=0/782^{**}$ میان وزن خشک بخش هوایی و کارایی مصرف آب وجود داشت و با افزایش وزن خشک بخش هوایی کارایی مصرف آب افزایش یافت.

مقدار آب مصرفی

اثر اصلی شرایط رطوبتی و کودهای آلی و شیمیایی بر مقدار آب مصرفی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار و اثر متقابل آنها غیرمعنی‌دار بود (جدول 7). مقدار آب مصرفی در تیمار غرقاب دائم به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو تیمار غرقاب متناوب و اشباع متناوب بود. مصرف کودهای شیمیایی و آلی به‌ویژه لجن فاضلاب باعث افزایش مقدار آب مصرفی شد که با افزایش سطح لجن فاضلاب مقدار آب مصرفی به حداکثر رسید ولی مصرف تلفیقی 50% کودهای شیمیایی باعث کاهش مقدار آب مصرفی در مقایسه با مصرف فقط لجن فاضلاب شد که علت آن کاهش رشد گیاه با مصرف 50% کودهای شیمیایی و به‌دنبال آن جذب کمتر آب می‌باشد. همچنین با افزایش مقدار کود مرغی مقدار آب مصرفی کاهش یافت. در سطح 3 گرم کود مرغی بر کیلوگرم خاک افزودن 50% کودهای شیمیایی باعث افزایش مقدار آب مصرفی شد. بیشترین مقدار آب مصرفی مربوط به سطح کودی 20 گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک و کمترین آن در تیمار شاهد بود (جدول 8). تنوا (2003) مشاهده کرد که آبیاری متناوب با کاهش کم عملکرد باعث کاهش 50-60 درصدی مقدار آب مصرفی نسبت به غرقاب دائم شد. تابال و همکاران (2002) نیز گزارش کردند که تیمار اشباع متناوب با کاهش پنج درصدی محصول میزان آب مصرفی را 35% کاهش داد. عرب‌زاده و توکلی (1384) و بومان و تونگ (2001) نتایج مشابهی گزارش کردند.

شرایط تنش کمبود آب در تیمارهایی که 180 kg/ha کود نیتروژن دریافت کرده بودند، بیشتر از تیمارهای بدون کود بود. همچنین قابلیت بهره‌وری آب در رژیم‌های غرقاب- غیرغرقاب متناوب، 20-4 درصد بیشتر از شرایط غرقاب دائم بود. علت کاهش کارایی مصرف آب در تیمارهای کود مرعی کاهش وزن خشک بخش هوایی می‌باشد که ممکن است به علت حضور نمک‌های محلول زیاد در این کود آلی (غلظت زیاد سدیم و پتاسیم قابل-جذب) و همچنین غلظت پایین عناصر کم‌مصرف قابل-جذب کود مرعی نسبت به لجن فاضلاب باشد (جدول 2). مصرف لجن فاضلاب کارایی مصرف آب را بیشتر از مصرف کود مرعی افزایش داد (جدول 8). مصرف مواد آلی باعث افزایش جذب مواد غذایی به وسیله گیاه و رشد ریشه‌ها و بخش هوایی گیاه شده (آکانی و اوجینی 2007 و مفتون و مشیری 2008) و در نتیجه کارایی مصرف آب افزایش می‌یابد.

علیرغم این‌که از نظر کارایی مصرف آب میان سه سطح رطوبتی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ولی اشباع متناوب مقدار آب مصرفی را 34-56 درصد و وزن خشک بخش هوایی را 40-56 درصد نسبت به غرقاب دائم و غرقاب متناوب کاهش داد و میان غرقاب دائم و غرقاب متناوب از نظر ماده خشک بخش هوایی و ریشه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، بنابراین، برای دستیابی به ماده خشک بیشتر با مصرف آب کمتر، شرایط غرقاب متناوب می‌تواند توصیه شود. پیرمردیان و همکاران (1382) گزارش کردند که غرقاب متناوب با توجه به عملکرد یکسان و افزایش کارایی مصرف آب نسبت به غرقاب دائم قابل توصیه بود. زاو و همکاران (2011) گزارش کردند که روش غرقاب متناوب باعث کاهش 25/6 درصدی آب مصرفی و افزایش 11/5 درصدی عملکرد دانه برنج نسبت به تیمار غرقاب دائم شد. بلدر و همکاران (2005) گزارش کردند که قابلیت بهره‌وری آب در سه فصل از چهار فصل رشد و در

جدول 7- تجزیه واریانس تأثیر شرایط رطوبتی و کودهای آلی و شیمیایی بر شاخص کلروفیل برگ‌ها، شاخص سطح برگ، مقدار آب مصرفی و کارایی مصرف آب برنج

میانگین مربعات					
منبع تغییر	درجه آزادی	شاخص کلروفیل برگ‌ها	شاخص سطح برگ	مقدار آب مصرفی	کارایی مصرف آب
شرایط رطوبت خاک	2	20/87 ^{n.s}	624/89 ^{**}	4/01 ^{**}	0/01 ^{n.s}
کود	9	102/17 [*]	382/60 ^{**}	0/35 ^{**}	0/23 ^{**}
شرایط رطوبتی × کود	18	24/12 ^{n.s}	120/86 [*]	0/10 ^{n.s}	0/03 ^{n.s}
خطای آزمایشی	58	41/18	58/10	0/08	0/04
ضریب تغییرات (%)		27/41	14/49	8/42	24/33

n.s، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد

جدول 8- مقایسه میانگین‌های شاخص کلروفیل برگ‌ها، شاخص سطح برگ، مقدار آب مصرفی و کارایی مصرف آب برنج تحت

اثر اصلی شرایط رطوبتی و کودهای آلی و شیمیایی

فاکتور	سطوح	شاخص کلروفیل برگ‌ها	شاخص سطح برگ (cm ² /pot)	مقدار آب مصرفی (L)	کارایی مصرف آب (g/L)
شرایط	غرقاب دائم	14/71 a	56/72 a	13/63 a	0/79 a
رطوبت	غرقاب متناوب	15/10 a	53/37 a	11/81 b	0/82 a
خاک	اشباع متناوب	15/33 a	47/69 b	8/79 c	0/80 a
	شاهد	12/23 c	39/33 d	9/43 e	0/49 f
	100% کودهای شیمیایی	15/44 ab	56/36 a	13/29 ab	0/97 ab
	لجن فاضلاب (6 g/kg)	13/87 bc	54/12 ab	11/36 bcd	0/76 de
کودهای آلی و شیمیایی	لجن فاضلاب (6 g/kg)+50% کودهای شیمیایی	14/97 ab	58/75 a	11/24 cd	0/87 a-d
	لجن فاضلاب (20 g/kg)	15/10 ab	58/40 a	13/24 a	0/99 a
	لجن فاضلاب (20 g/kg)+50% کودهای شیمیایی	16/89 a	56/06 a	11/98 abc	0/95 abc
	کود مرغی (3 g/kg)	16/13 ab	55/34 a	11/20 cd	0/80 bcd
	کود مرغی (3 g/kg)+50% کودهای شیمیایی	14/57 bc	55/48 a	12/43 abc	0/83 a-d
	کود مرغی (6 g/kg)	15/32 ab	44/43 cd	9/94 de	0/61 ef
	کود مرغی (6 g/kg)+50% کودهای شیمیایی	15/93 ab	47/70 bc	9/92 de	0/78 cde

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

نتیجه‌گیری کلی

حالی که سطوح زیاد کود مرغی اکثر ویژگی‌های گیاهی مورد مطالعه و کارایی مصرف آب گیاه برنج را کاهش داد. مصرف تلفیقی 50 درصد کودهای شیمیایی در هر دو سطح کود مرغی و در سطح 6 گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک سبب افزایش معنی‌دار اغلب ویژگی‌های گیاهی مورد مطالعه گردید. تیمار غرقاب متناوب با مصرف 20 گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک به دلیل صرفه‌جویی در مصرف آب و عدم کاهش معنی‌دار وزن خشک برنج می‌تواند در شرایط گلخانه‌ای توصیه شود. با توجه به تفاوت‌های شرایط گلخانه‌ای و شرایط مزرعه‌ای، پیشنهاد می‌شود این آزمایش در شرایط مزرعه‌ای نیز انجام شود و در بررسی‌های بعدی از سطوح بیشتر لجن فاضلاب استفاده گردد.

نتایج نشان داد که اکثر ویژگی‌های گیاهی مورد مطالعه به‌ویژه وزن خشک بخش هوایی در شرایط رطوبتی غرقاب دائم و غرقاب متناوب بیشتر از اشباع دائم بود ولی میان سه شرایط رطوبتی از نظر کارایی مصرف آب تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. اشباع متناوب باعث صرفه‌جویی در آب مصرفی به میزان 34 تا 56 درصد گردید ولی وزن خشک بخش هوایی را به میزان 40 تا 56 درصد نسبت به غرقاب دائم و غرقاب متناوب کاهش داد. مصرف کودهای شیمیایی، لجن فاضلاب و کود مرغی باعث بهبود اکثر ویژگی‌های گیاهی مورد مطالعه نسبت به شاهد گردید. اکثر ویژگی‌های گیاهی مورد مطالعه و کارایی مصرف آب گیاه برنج با افزایش سطوح لجن فاضلاب افزایش یافت در

منابع مورد استفاده

پورعزیزی م و مهدوی ف، 1385. مصرف بهینه آب در برنج. صفحه‌های 9 تا 19. مجموعه مقالات دوازدهمین همایش ملی برنج کشور. جلد 3، 4-5 دی ماه، دانشگاه مازندران، بابلسر.

پیرمردیان ن، سپاسخواه ع ر و مفتون م، 1382. تأثیر کم آبیاری و مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد و بازده مصرف آب در برنج. صفحه‌های 261 تا 274. مجموعه مقالات یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. 2-3 دی‌ماه، تهران.

توفیقی ح و نجفی ن، 1380. بررسی تغییرات بازیافت و قابلیت استفاده روی خاک و روی اضافه شده به خاک در شرایط غرقابی و غیرغرقابی در خاکهای شالیزاری شمال ایران. صفحه‌های 382 تا 384. مجموعه مقالات هفتمین کنگره علوم خاک ایران. 7-4 شهریور ماه، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد.

تقی‌زاده م، اصفهانی م، دواتگر ن و مدنی ح، 1387. تأثیر دور آبیاری و مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج طارم هاشمی در رشت. مجله یافته‌های نوین کشاورزی، سال 2، شماره 4، صفحه‌های 353 تا 364. سلحشور د ف، ناظمی ا م و یزدانی م ر، 1388. بهبود مدیریت توزیع آب در اراضی شالیزاری. صفحه‌های 319 تا 334. مجموعه مقالات دوازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، مدیریت آبیاری در ایران، چالش‌ها و چشم‌اندازها. 6-5 اسفند ماه، تهران.

رسولی ف و مفتون م، 1387. تأثیر کاربرد خاکی دو ماده آلی توأم با نیتروژن بر رشد و ترکیب شیمیایی برنج. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال 12، شماره 46 ب، صفحه‌های 705 تا 720. عرب زاده ب و توکل‌ع ر، 1384. به‌گزینی مدیریت کم آبیاری تنظیم شده در کشت نشایی برنج. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال 12، شماره 4، صفحه‌های 11 تا 21.

قربانلی م ل، هاشمی مقدم ش و فلاح ا، 1385. بررسی اثر متقابل آبیاری و نیتروژن بر برخی از صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه برنج (*Oryza sativa* L.). مجله علمی- پژوهشی علوم کشاورزی، سال 12، شماره 2، صفحه‌های 415 تا 428.

کاظمی اربط ح، 1374. زراعت خصوصی، جلد اول، غلات. مرکز نشر دانشگاهی، تهران، ایران. ملکوتی م ج، بلالی م ر، گلچین ا، مجیدی ع، درودی م س، ضیاییان ع ا، لطف الهی م آ، شهابیان م، بصیرت م، منوچهری س، داودی م ح، خادمی ز و شهبازی ک، 1379. توصیه بهینه کودی برای محصولات زراعی و باغی. نشریه فنی شماره 200، موسسه تحقیقات خاک و آب، نشر آموزش کشاورزی، کرج.

میرزایی ت ر، کامبوزیا ج، صباحی ح و مهدوی دامغانی ع ا، 1388. اثر مصرف کودهای آلی بر خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک و تولید محصول و ماده خشک گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* L.). مجله پژوهش‌های زراعی ایران، جلد 7، شماره 1، صفحه‌های 257 تا 268.

میرلوحی آ ف، اهتمام م ح و سبزلعیان م ر، 1383. بررسی عوامل نمود بهتر برنج در شرایط غرقابی با استفاده از رقم‌های زراعی ایران. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال 8، شماره 2، صفحه‌های 121 تا 133.

نجفی ن و مردمی س، 1390. اثر غرقاب، لجن فاضلاب و کود دامی بر ویژگی‌های رشد گیاه آفتابگردان در یک خاک شن لومی. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). جلد 25، شماره 6، صفحه‌های 1264 تا 1276.

Akanni DI and Ojeniyi SO, 2007. Effect of different levels of poultry manure on soil physical properties, nutrients status, growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum*). Research Journal of Agronomy 1: 1-4.

Alam SM and Ansari R, 2001. Influence of iron and manganese on the growth and contents of Fe, Mn, and P in rice. Journal of Biological Sciences 1: 434-435.

Asagi H, Ueno H and Ebid A, 2007. Effects of sewage sludge application on rice growth, soil properties, and N fate fertile paddy soil. International Journal of Soil Science 2: 171-181.

- Belder P, Spiertz JHJ, Bouman BAM, Lu G and Toung TP, 2005. Nitrogen economy and water productivity of lowland rice under water-saving irrigation. *Field Crops Research* 93: 169-185.
- Bouman BAM and Tuong TP, 2001. Field water management to save water and increase its productivity in irrigated lowland rice. *Agricultural Water Management* 49: 11-30.
- Chaudhry MS and McLean EO, 1963. Comparative effects of flooded and unflooded soil conditions and nitrogen application on growth and nutrient uptake by rice plants. *Agronomy Journal* 55: 565-567.
- Cherian EC, Paulsen GM and Murphy LS, 1968. Nutrient uptake by lowland rice under flooded and nonflooded soil conditions. *Agronomy Journal* 60: 554-557.
- Dane JH and Topp GC, 2002. *Methods of Soil Analysis. Part 4. Physical Methods.* ASA-CSSA-SSSA Publisher, USA.
- Doberman A and Fairhurst TH, 2000. *Rice: Nutrient Disorders & Nutrient Management. Handbook Series.* International Rice Research Institute, Philippines.
- Ghoneim AM, 2008. Nitrogen dynamics and fertilizer use efficiency in rice using the nitrogen-15 isotope techniques. *World Applied Sciences Journal* 3: 869-874.
- Hasanuzzaman M, Ahamed KU, Rahmatullah NM, Akhter N, Nahar K and Rahman ML, 2010. Plant growth characters and productivity of wetland rice (*Oryza sativa* L.) as affected by application of different manures. *Emirates Journal of Food and Agriculture* 22: 46-58.
- Hazelton P.A. and B.W. Murphy. 2007. *Interpreting Soil Test Results: What Do All the Numbers Mean?* CSIRO Publishing, Collingwood VIC, Australia, 152 Pages.
- Ibrahim M, Hassan AU, Arshad M and Tanveer A, 2010. Variation in root growth and nutrient element concentration in wheat and rice: effect of rate and type of organic materials. *Soil and Environment* 29: 47 – 52.
- Juraimi AS, Saiful MAH, Begum M, Anuar AR and Azmi M, 2009. Influence of flooding intensity and duration on rice growth and yield. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science* 32: 195-208.
- Kavitha R and Subramanian P, 2007. Effect of enriched municipal solid waste compost application on growth, plant nutrient uptake and yield of rice. *Agronomy Journal* 6: 586-592.
- Kramer PJ, 1983. *Water Relations of Plants,* Academic Press, Inc, Florida, USA.
- Li B, Wei M, Shen A, Xu J, Zhang H and Hao F, 2009. Changes of yields, soil properties and micronutrients as affected by 17-yr fertilization treatments. *International Journal of Food, Agriculture and Environment* 7: 408-413.
- Maftoun M and Moshiri F, 2008. Growth, mineral nutrition and selected soil properties of lowland rice, as affected by soil application of organic wastes and phosphorus. *Journal of Agricultural Science and Technology* 10: 481-492.
- Mahajan A and Gupta RD, 2009. *Integrated Nutrient Management (INM) in a Sustainable Rice-Wheat Cropping System.* Springer.
- Manivannan R and Sriramachandrasekharan MV, 2009. Effect of organic sources and urea on N transformation and yield of lowland rice growth in clay loam soil. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 5: 1104-1109.
- Marschner H, 2003. *Mineral Nutrition of Higher Plants.* Academic Press, USA.
- Pal NC, Sarkar MAR, Hossain MZ and Barman SC, 2008. Root growth of four transplant Aman rice varieties as influenced by NPKS fertilizer. *Journal of the Bangladesh Agricultural University* 6: 235-238.
- Page, AL, Miller RH and Keeney DR, 1982. *Methods of Soil Analysis; Part 2. Chemical and Microbiological Properties.* ASA-CSSA-SSSA Publisher, Madison, Wisconsin, USA.
- Park IK, Sashara T and Tsunoda S, 1978. Response of for rice varieties to three regimes of soil moisture tension under two levels of fertilization. *Tohoku Journal of Agriculture Research* 29: 63-69.

- Patrick WH Jr and Fontenot WJ, 1976. Growth and mineral composition of rice at various soil moisture tensions and oxygen levels. *Agronomy Journal* 68: 325-329.
- Peters J, 2003. *Recommended Methods of Manure Analysis*. Cooperative Extension publishing, University of Wisconsin.
- Quyen NV, Sharma SN and Gautam RC, 2002. Comparative study of organic and traditional farming for sustainable rice production. *Omonrice* 10:74-78.
- Richards LA, 1969. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. US Salinity Laboratory Staff. *Agricultural Handbook*. No 60. USDA. USA.
- Satyanarayana V, Vara Prasad PV, Murthy VRK and Boote KJ, 2002. Influence of integrated use of farmyard manure and inorganic fertilizers on yield and yield components of irrigated lowland rice. *Journal of Plant Nutrition* 25: 2081-2090.
- Seng V, Bell RW, Willett IR and Nesbitt HJ, 1999. Phosphorus nutrition of rice in relation to flooding and temporary loss of soil-water saturation in two lowland soils of Cambodia. *Plant and Soil* 207: 121-132.
- Sheikh KH, 1973. Effect of flooding and drainage and their alternation on the growth and uptake of nutrients by rice (*Oryza sativa* L., indica, var. IR-8). *Journal of Experimental Botany* 24: 64-75.
- Shu YY, 2005. Effect of application of different types of organic composts on rice growth under laboratory conditions. *Soil Science and Plant Nutrition* 51: 443-449.
- Tabbal DF, Bouman BAM, Bhuiyan SI, Sibayan EB and Sattar MA, 2002. On- farm strategies for reducing water input in irrigated rice, case studies in the Philippines. *Agricultural Water Management* 56: 93-112.
- Tenova S, 2003. A research on the possibilities for rice growing under non-flooded conditions. *Journal of Environmental Protection and Ecology* 4: 334-337.
- Usman M, Ullah E, Warriach EA, Farooq M and Liaqat A, 2003. Effect of organic and inorganic manures on growth and yield of rice variety "Basmati -2000". *International Journal of Agriculture Biology* 5: 481-483.
- Venterink HO, Davidsson TE, Kiehl K and Leonardson L, 2002. Impact of drying and re-wetting on N, P, and K dynamics in a wetland soil. *Plant and Soil* 243: 119-130.
- Yaduvanshi NPS, 2003. Substitution of inorganic fertilizers by organic manures and effect on soil fertility in a rice-wheat rotation on reclaimed sodic soil in India. *Journal of Agricultural Science* 140: 161-168.
- Yang C, Yang L, Yan T and Ouyang ZM, 2004. Effects of nutrient and water regimes on lodging resistant of rice. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao* 15: 646-650. In Chinese with English abstract.
- Zhang H, Xue Y, Wang Z, Yang J and Zhang J, 2009. An alternate wetting and moderate soil during regime improves root and shoot growth in rice. *Crop Science* 49: 2246-2259.
- Zhao L, Wu L and Wu M, 2011. Nutrient uptake and water use efficiency as affected by modified rice cultivation methods with reduced irrigation. *Paddy and Water Environment* 9: 25-32.