



دانشگاه گیلان
دانشکده علوم کشاورزی

تحقیقات غلات

دوره ششم / شماره چهارم / زمستان ۱۳۹۵ (۴۵۰-۴۳۷)

تأثیر مدیریت تلفیقی رژیم‌های آبیاری، کودهای شیمیایی و کمپوست بر برخی ویژگی‌های عصاره خاک شالیزار

تیمور رضوی پور^۱، علیرضا آسترایی^{۲*}، امیر لکزیان^۳، حجت امامی^۴ و مسعود کاووسی^۵

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۱/۲۶

تاریخ پذیرش: ۹۵/۲/۱۵

چکیده

برای رسیدن به کشاورزی پایدار، تعیین مقدار تلفات کود مصرفی در مدیریت عناصر غذایی، حاصل‌خیزی خاک و آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی دارای اهمیت زیادی است. به‌منظور بررسی تأثیر کاربرد کودهای آلی و شیمیایی در رژیم‌های مختلف آبیاری بر ویژگی‌های شیمیایی خاک شالیزار، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در موسسه تحقیقات برنج کشور در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ اجرا شد. فاکتور اصلی آزمایش سه نوع رژیم آبیاری شامل میزان ۱/۳ (شاهد)، ۱ و ۰/۷ برابر تبخیر از تشت تبخیر و فاکتور فرعی آزمایش شامل شاهد بدون کود (C₁)، N₆₀-P₃₀-K₆₀ کیلوگرم در هکتار (C₂)، ۵ تن در هکتار کمپوست + N₆₀-P₃₀-K₆₀ کیلوگرم در هکتار (C₃)، ۵ تن در هکتار کمپوست + N₆₀ کیلوگرم در هکتار (C₄)، ۵ تن در هکتار کمپوست + P₃₀-K₆₀ کیلوگرم در هکتار (C₅) و ۵ تن در هکتار کمپوست (C₆) بود. به‌منظور بررسی تلفات کود، غلظت نیتروژن و پتاسیم عصاره خاک در فاصله زمانی ۱۵، ۲۵ و ۵۰ روز پس از انتقال نشاها به زمین اصلی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که با وجود اثر معنی‌دار تیمارها بر خصوصیات اندازه‌گیری شده، با تغییر روش آبیاری از غرقاب دائم به یک و ۰/۷ برابر تبخیر، ۲۱/۱۸ و ۴۲/۴۶ درصد در مقدار آب صرفه‌جویی می‌شود. با کاربرد کمپوست در خاک به‌جای کودهای شیمیایی نیز به‌ترتیب ۳۹/۱۹ و ۴۸/۱۵ درصد از نیتروژن و پتاسیم در عصاره خاک کاسته شد. به‌طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده تلفیقی از ۵ تن در هکتار کمپوست و ۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن همراه با آبیاری به‌اندازه یک برابر تبخیر از تشت تبخیر، می‌توان ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب و حفظ محیط زیست، بیشترین محصول را نیز تولید کرد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی آب، پتاسیم، تلفات کود، کود آلی، نیتروژن

۱- دانش‌آموخته دکتری، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران (آدرس جدید: عضو هیئت علمی، بخش تحقیقات آب و خاک، موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران)

۲- دانشیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۳- استاد، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۴- دانشیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۵- دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات آب و خاک، موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

* نویسنده مسئول: astaraei@ferdowsi.um.ac.ir

مقدمه

برنج غذای اصلی مردم در قاره آسیا و تامین کننده بیش از یک پنجم کالری مورد نیاز مردم جهان است (Smith, 1998). این گیاه پس از گندم دومین غله مهم کشورمان به حساب می آید. بیشترین سهم تولید برنج مربوط به استان های گیلان و مازندران است. علاوه بر این هر ساله مقدار زیادی برنج برای تامین مواد غذایی وارد کشور می شود. به همین دلیل، افزایش تولید داخل و یا حفظ میزان تولید موجود از اهمیت به سزایی برخوردار است. این در حالی است که رشد جمعیت و رقابت برای دریافت آب باعث کاهش سهم بخش کشاورزی از این منابع شده است (Roost et al., 2008). به دلیل کاهش مقدار آب آبیاری، معرفی روش های مختلف آبیاری صرفه جویانه برای جایگزینی با روش آبیاری دائم یا آبیاری سنتی به شدت احساس می شود. هدف نهایی در این تغییر افزایش بهره‌وری آب و حفظ پایداری تولید برنج است (Li and Barker, 2004). آبیاری متناوب که در واقع همان آبیاری غیراستغراقی می باشد، یکی از این روش ها محسوب می شود (Belder, 2004; Bouman et al., 2007; Zhang et al., 2008). در شرایط ماندابی سنتی راندمان استفاده از کود اوره در شالیزار پایین و حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد و در برخی مواقع حتی کمتر است (Choudhury and Khanif, 2001). شرایط آبیاری غیر غرقابی، شرایط متناوب خشک (هوازی) و مرطوب (بی هوازی) باعث تغییر روند تلفات آب و نیتروژن و افزایش پایداری حرکت آب و مواد مختلف در مزارع برنج می شود (Lin et al., 2006; Zhang et al., 2009). عوامل زیادی از جمله افزایش pH و شوری آب و همچنین کمبود ماده آلی خاک با تاثیر بر جمعیت میکروبی خاک، در کاهش عملکرد برنج تاثیر دارند (King, 1992).

اگرچه مصرف نیتروژن در اغلب خاک ها برای دریافت عملکرد مناسب برنج ضروری است، اما تداوم استفاده از کود شیمیایی و شستشوی آن ضمن ایجاد آلودگی های زیست محیطی (Mosier et al., 2004; Liaghat and Kavyani, 2005)، باعث افزایش هزینه کاشت می شود (Bahmani et al., 2009). اندازه گیری میزان نیتروژن شسته شده، پیچیده و نیازمند ابزارهای آزمایشگاهی دقیق است (Bahmani et al., 2009). به همین دلیل چیکوو و همکاران (Chikowo et al., 2004) اعتقاد دارند اختلاف غلظت نیتروژن اندازه گیری شده در

زمان های مختلف می تواند برای محاسبه میزان نیتروژن شسته شده در لایه های خاک مورد استفاده قرار گیرد. کمپوستی که با استفاده از آزولا تهیه می شود یکی از کودهای آلی است که کمبود بسیاری از عناصر ضروری و مورد نیاز گیاه مثل روی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم را جبران می کند و باعث افزایش عملکرد برنج می شود (Mian, 1993).

انجام تحقیقات برای تعیین سرنوشت کودهای نیتروژن مصرفی در شالیزار و مقایسه آن با شرایط آبیاری سنتی (که معمولاً غرقابی است) لازم و ضروری است. در این تحقیق، پتانسیل انتقال کودهای شیمیایی به ویژه کودهای نیتروژنی و امکان جایگزین کردن کود آلی کمپوست به جای کودهای شیمیایی و یا استفاده تلفیقی آنها برای به حداقل رساندن خروج این املاح از خاک بررسی می شود.

مواد و روش ها

آزمایش های زراعی با کشت برنج

آزمایش در مزرعه آزمایشی مؤسسه تحقیقات برنج کشور واقع در شهر رشت با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۱ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۷ متر پایین تر از سطح دریای آزاد طی سال های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ انجام شد. میانگین دمای کمینه ۱۸/۰۶ و ۱۹/۸۳ و بیشینه آن ۳۰/۲۵ و ۳۳/۵۶ درجه سلسیوس، مجموع بارندگی ۱۱۱/۶ و ۲۳/۶ میلی متر و مجموع تبخیر و تعرق ۳۱۳/۵ و ۳۷۸/۸ میلی متر به ترتیب در طول فصل رشد ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ بود. ویژگی های خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. تاریخ انتقال نشاء از خزانه به زمین اصلی ۱۰ خرداد، تاریخ قطع آب ۲۱ مرداد و تاریخ برداشت ۳۰ مرداد در هر دو سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ بود. آزمایش به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتور اصلی سه نوع رژیم آبیاری شامل به اندازه ۱/۳ (شاهد)، ۱ و ۰/۷ برابر تبخیر از تشت تبخیر (Ep) و فاکتور فرعی مدیریت تلفیقی کمپوست و کودهای شیمیایی در شش سطح شامل شاهد بدون کود (C₁)، N₆₀-P₃₀-K₆₀ کیلوگرم در هکتار (C₂)، ۵ تن در هکتار کمپوست + N₆₀-P₃₀-K₆₀ کیلوگرم در هکتار (C₃)، ۵ تن در هکتار کمپوست + N₆₀ کیلوگرم در هکتار (C₄)، ۵ تن در هکتار کمپوست + P₃₀-K₆₀ کیلوگرم در هکتار (C₅) و ۵ تن در هکتار کمپوست (C₆) بود.

جدول ۱- ویژگی‌های خاک شالیزار محل اجرای آزمایش

Table 1. Characteristics of the soil of experimental paddy field

عمق خاک Depth	هدایت الکتریکی EC	اسیدی pH	فسفر P (me/l)	پتاسیم K	نیتروژن N	کربن آلی Organic carbon	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	بافت Texture	C/N	میزان نفوذ آب در خاک Infiltration (cm/day)
30	2.40	7.02	18.8	207	0.212	2.51	10	41	49	Silty clay	11.8	0.11
30-70	-	-	-	-	-	-	9	23	68	Clay	-	-
70-100	-	-	-	-	-	-	12	33	53	Clay	-	-

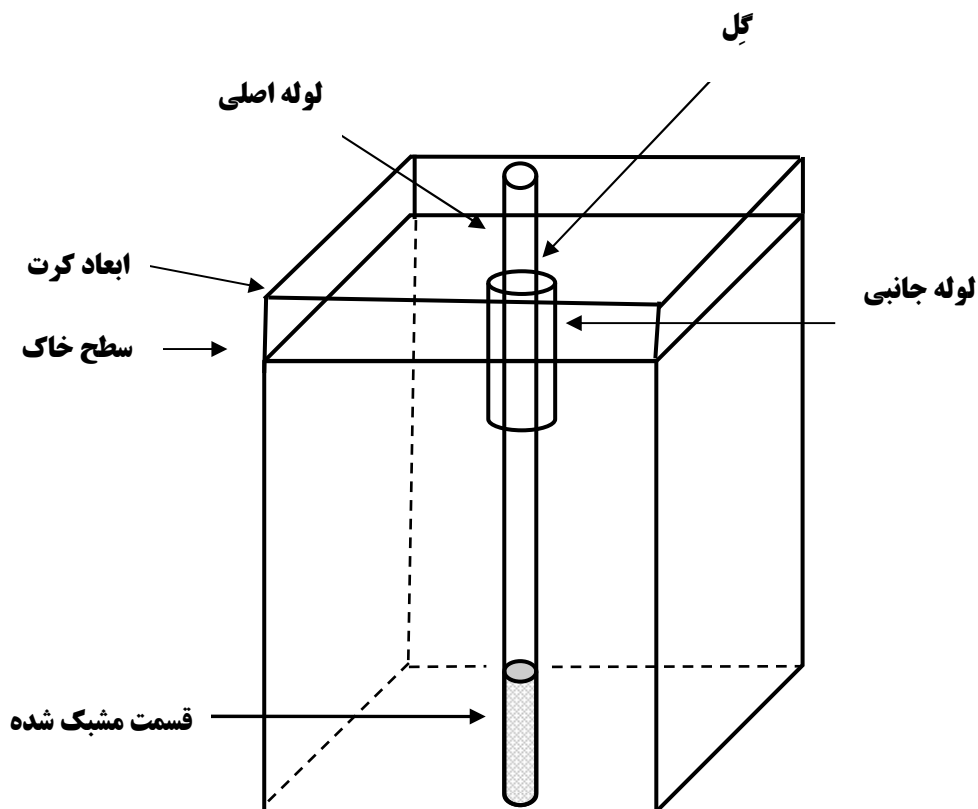
سوراخ‌هایی با فواصل یکسان در ۳۵ سانتی‌متر تحتانی لوله تعبیه شد تا عصاره خاک در آن جمع‌آوری شود (شکل ۱). برداشت نمونه آب از داخل لوله با تلمبه پلاستیکی انجام و نمونه‌ها برای تجزیه به آزمایشگاه خاک و آب موسسه تحقیقات برنج کشور منتقل شد. آب چاهک‌ها در سه فاصله زمانی ۱۵، ۲۵ و ۵۰ روز پس از نشاء در هر تیمار تعیین شد. تجزیه‌ها شامل اسیدیته، شوری، نیتروژن کل و پتاسیم بود که در فاصله زمانی ۴ تا ۵ روز پس از تقسیط کود اوره یعنی در فواصل ۵، ۲۵ و ۵۰ روز پس از کودپاشی اوره برداشت شد. اسیدیته و شوری با استفاده از pH متر و EC متر، نیتروژن با استفاده از دستگاه کج‌دال و پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر اندازه‌گیری شد. تجزیه‌های آماری شامل تجزیه واریانس و مقایسه میانگین تیمارها به روش LSD با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و SPSS انجام شد و نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند.

تهیه کمپوست

مخلوطی از مواد آلی شامل آزولا، کود گاوی و پوسته برنج به ترتیب با نسبت ۳-۲-۱ (حجمی/حجمی) با مقدار رطوبت اولیه توده مخلوط ۷۰ درصد به مدت شش هفته ذخیره‌سازی و هر هفته به‌طور کامل با یکدیگر مخلوط شده تا عمل تهویه و تجزیه هوازی به‌طور کامل در سراسر توده انجام شود. برای اطلاع از ترکیبات کمپوست و ماده اولیه آن یک نمونه از هر یک از مواد قبل از مخلوط، یک نمونه پس از یک هفته از مخلوط و در پایان هفته ششم سه نمونه از توده کمپوست تولیدی برداشت شد. نمونه‌ها به مدت ۵ روز در آون با دمای ۴۰ درجه سلسیوس خشک و پس از پودرشدن و آماده‌سازی، برخی ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی آن‌ها تعیین شد (جدول ۲).

مقدار آب مصرفی از تاریخ نشاء تا قطع آبیاری در ده روز قبل از برداشت در تیمار غرقاب دائم یا آبیاری به‌اندازه ۱/۳ برابر تبخیر از تشت تبخیر (I₁) و ۴۰۷/۵۳ و ۴۲۶/۹۲ میلی‌متر، در تیمار آبیاری به‌اندازه یک برابر تبخیر از تشت تبخیر (I₂) و ۳۲۸/۴ و ۳۲۸/۶ میلی‌متر و در تیمار آبیاری به‌اندازه ۰/۷ برابر تبخیر از تشت تبخیر (I₃) و ۲۴۹/۶۳ و ۲۲۹/۸۸ میلی‌متر به ترتیب در سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ بود. کود نیتروژن (N) به صورت اوره و در سه تقسیط مساوی در زمان ده روز پس از نشاء، بعد از وجین اول و دوم استفاده شد. ابعاد هر کرت فرعی ۲/۵ × ۲ متر و مرزهای آنها با پلاستیک پوشانده شدند تا از نفوذ جانبی آب جلوگیری شود. در داخل کرت‌های فرعی برنج رقم هاشمی کشت شد که فاصله نشاءها از هم ۲۰ × ۲۰ سانتی‌متر بود. هر کرت با یک تیمار در نظر گرفته شده آبیاری شد. در ۱۰ روز اول، آبیاری به صورت معمولی برای کلیه تیمارها انجام شد تا نشاءها در ابتدا بدون تنش آبی بتواند استقرار یابند. برای آبیاری هر تیمار میزان تبخیر از تشت کلاس A (Ep) برای دوره ۵ روزه محاسبه و میزان آب آبیاری بر اساس سطح کرت و درصد تبخیر در نظر گرفته شده، اعمال شد. ارتفاع آب ورودی به هر کرت با نصب خط‌کش‌های مدرج کنترل شد. آمار بارندگی و تبخیر از تشت تبخیر کلاس A از ایستگاه تحقیقات هواشناسی کشاورزی که در فاصله ۲۰۰ متری محل اجرای طرح مستقر بود، دریافت شد.

در مرکز هر کرت لوله‌ای از جنس پلیکا به قطر ۵ و طول ۱۰۰ سانتی‌متر تا عمق ۷۰ سانتی‌متر در خاک نصب شد. به‌منظور جلوگیری از ورود آب سطحی به لوله، ۳۰ سانتی‌متر از لوله در بالای سطح خاک قرار گرفت. برای بررسی اثر تیمارهای مورد بررسی بر انتقال املاح از عمق توسعه ریشه برنج، خصوصیات شیمیایی خاک در عمق ۳۵-۷۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. در این راستا



شکل ۱- لوله پلیکای نصب شده در مرکز هر کرت تا عمق ۷۰ سانتی متری خاک
Figure 1. Plicae pipes installed in the center of each plot to a depth of 70 cm

جدول ۲- ویژگی‌های مواد اولیه و کمپوست تولیدی قبل از استفاده در شالیزار

Table 2. Characteristics of raw materials and the produced compost before use in paddy field

نمونه Sample	نسبت عصاره‌گیری Extraction ratio	هدایت الکتریکی EC	اسیدیته pH	نیترोजن N	فسفر P	پتاسیم K	کربن آلی Organic carbon	C/N
آزولا Azolla	1:5	-	-	2.65	0.48	1.15	32.9	12.4
کود دامی Manure	1:2.5	6.0	7.31	1.60	0.70	1.33	39.41	24.6
پوسته برنج Rice husk	اشباع	2.78	5.41	0.47	0.23	0.15	43.1	91.7
مخلوط پس از یک هفته Mixed after one week	1:2.5	12.0	7.20	1.76	0.65	1.24	35.73	20.3
کمپوست تولیدی در سال اول Compost in first year	1:2.5	11.2	7.09	2.07	0.63	1.1	33.4	16.1
کمپوست در سال دوم Compost in second year	1:2.5	7.7	6.62	2.02	1.63	1.33	22.5	11.1

نتایج و بحث

شوری و اسیدیته

نتایج تجزیه واریانس سال اول نشان داد که تیمارهای آبیاری در مراحل دوم و سوم اندازه‌گیری بر pH خاک در سطح احتمال یک درصد و بر شوری خاک در سطح ۵ درصد تاثیر معنی‌داری داشت (جدول ۳). در سال دوم نیز اثر آبیاری در مرحله دوم اندازه‌گیری در سطح یک درصد و در مرحله سوم در سطح ۵ درصد بر pH معنی‌دار بود، ولی در سه مرحله اندازه‌گیری بر شوری تاثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۴). اثر تیمارهای کودی و اثر متقابل آبیاری و کود در تمام مراحل اندازه‌گیری در دو سال بر شوری و pH در سطح یک درصد معنی‌دار بود، ولی در مرحله سوم سال دوم تاثیر معنی‌داری بر pH خاک نداشت (جدول‌های ۳ و ۴).

نتایج دو سال نشان داد که اگر چه تیمارهای آبیاری و کود و اثر متقابل آن‌ها بر شوری و pH خاک معنی‌دار بود ولی تغییرات قابل توجهی بر pH خاک ایجاد نکرد. البته شوری خاک در تیمار آبیاری غرقاب دائم (۱/۳) برابر تبخیر از تشت تبخیر) و در تیمارهایی که از کود شیمیایی و کمپوست استفاده شد، بیشتر از تیمار کودی شاهد بود (شکل ۲). اسدی و همکاران (Asadi et al., 2011) در اندازه‌گیری خصوصیات آب زهکش شده از یک کارگاه تولید زباله به کمپوست در اصفهان نتیجه گرفتند که شستشو زمانی در خاک اتفاق می‌افتد که آب از لایه‌های خاک عبور کند و به اعماق خاک برسد که همزمان با حرکت آب در خاک، مقدار زیادی از مواد آلی و معدنی خاک نیز به اعماق پایین خاک و در آب زهکش شده انتقال می‌یابد و در نتیجه عصاره خاک دارای انواع مختلف مواد آلی و معدنی می‌شود (McBean et al., 1995). سرور و همکاران (Sarwar et al., 2008) در یک آزمایش نتیجه گرفتند که افزایش کمپوست به خاک به تنهایی و یا به صورت تلفیقی با کودهای شیمیایی، باعث افزایش شوری خاک می‌شود.

نتایج نشان داد که اگرچه تفاوت مقدار شوری و pH در تیمارهای کودی و آبیاری معنی‌دار است (جدول‌های ۵ و ۶) ولی دامنه تغییرات این صفات در هر دو سال در استفاده از کودهای شیمیایی و آلی نسبت به هم و نسبت به تیمار شاهد کم و قابل صرفه‌نظر کردن است (شکل ۲). pH یکی از خصوصیات مهم در ارزیابی خاک به عنوان محیطی برای رشد گیاه است (Ouhadi and Goodarzi, 2002).

هنگامی که مقدار آب در خاک کاهش می‌یابد، شرایط اکسیدی در خاک ایجاد (Buresh and De, 1991) و شرایط برای اکسیداسیون ماده آلی خاک فراهم می‌شود. شرایط اکسیدی ایجاد شده موجب تجزیه سریع‌تر ماده آلی شده و در فرآیند تجزیه مواد آلی، اسیدهای آلی در خاک تولید و شرایط اسیدی‌تری را باعث می‌شود و در نتیجه مقدار pH کاهش می‌یابد.

پتاسیم

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای آبیاری، کود و اثر متقابل آبیاری و کود در تمام مراحل اندازه‌گیری در دو سال بر مقدار پتاسیم عصاره خاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول‌های ۳ و ۴). هنگامی که ترکیبات اسیدی در اثر فرآیند تجزیه کمپوست در خاک تولید می‌شوند، بر قابلیت دسترسی پتاسیم خاک تأثیر می‌گذارند و موجب افزایش قابلیت دسترسی گیاه به پتاسیم و رشد بهتر گیاه می‌شوند. هیدروژن حاصل از تجزیه مواد آلی در خاک با پتاسیم قابل تبادل و تثبیت شده روی ذرات رس مبادله می‌شود که نتیجه این فرآیند افزایش مقدار پتاسیم قابل دسترس گیاه در خاک و رشد بهتر گیاه می‌باشد (Sarwar et al., 2008). قسمتی از پتاسیم آزاد شده نیز ممکن است همراه با آب به اعماق پایین‌تر و نهایتاً به عصاره خاک انتقال یابد.

غلظت پتاسیم موجود در عصاره خاک در مرحله دوم سال اول در تیمارهای I_3C_3 ، I_3C_5 و I_3C_6 بیشترین و در تیمارهای I_1C_5 ، I_1C_1 و I_1C_2 کمترین بود، ولی در مرحله سوم تیمارهای I_3C_3 و I_2C_5 بیشترین و تیمار I_1C_1 (شاهد) کمترین مقدار پتاسیم را در عصاره خاک داشتند (جدول ۵). نتایج حاصل نشان داد که در مراحل اولیه اندازه‌گیری، غلظت پتاسیم عصاره خاک بیشتر بود و در مراحل بعد، از غلظت این عنصر در عصاره خاک کاسته شد. یکی از دلایل این نتایج آن است که تمامی مقدار توصیه شده کود پتاسیم در شالیزار به صورت پایه و قبل از نشاء استفاده شد و مقدار باقیمانده آن در خاک در مراحل بعد کاهش یافت و از غلظت آن در عصاره خاک کاسته شد. در سال دوم، غلظت پتاسیم موجود در عصاره خاک در تیمار I_3C_5 به ترتیب در مراحل اول و دوم و در تیمارهای I_2C_3 ، I_2C_2 ، I_1C_2 و I_1C_3 در مرحله سوم اندازه‌گیری بیشتر از تیمارهای دیگر بود و در تیمار I_3C_6 تقریباً کمترین مقدار پتاسیم مشاهده شد (جدول ۶).

جدول ۳- تجزیه واریانس خصوصیات عصاره خاک در سال اول (۱۳۹۲)

Table 3. Analysis of variance for soil water extraction in first year (2013)

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	Mean square									میانگین مربعات		
		شوری EC			اسیدیته pH			نیتروژن N			پتاسیم K		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
تکرار Replication (R)	2	-	0.009 ^{ns}	0.016 ^{ns}	-	0.013 ^{ns}	0.003 ^{ns}	-	0.01 ^{ns}	0.063 ^{ns}	-	0.029 ^{ns}	0.41 ^{ns}
آبیاری Irrigation (I)	2	-	0.049 [*]	0.039 [*]	-	0.135 ^{**}	0.126 ^{**}	-	0.16 ^{ns}	5.59 ^{**}	-	42.91 ^{**}	42.82 ^{**}
تکرار × آبیاری R × I	4	-	0.003	0.004	-	0.003	0.003	-	0.029	0.013	-	0.12	0.077
کود Fertilizer (F)	5	-	0.011 ^{**}	0.023 ^{**}	-	0.011 ^{**}	0.008 ^{ns}	-	18.46 ^{**}	5.47 ^{**}	-	6.65 ^{**}	14.35 ^{**}
آبیاری × کود I × F	10	-	0.008 ^{**}	0.012 ^{**}	-	0.01 ^{**}	0.008 [*]	-	0.99 ^{**}	1.34 ^{**}	-	2.27 ^{**}	1.16 ^{**}
خطای آزمایش Error	30	-	0.001	0.001	-	0.001	0.003	-	0.025	0.015	-	0.089	0.046
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	%	-	2.96	2.87	-	0.51	0.76	-	2.56	1.94	-	4.57	3.64

^{ns}, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

^{ns}, * و **: به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪.

جدول ۴- تجزیه واریانس خصوصیات عصاره خاک در سال دوم (۱۳۹۳)
 Table 4. Analysis of variance for soil water extraction in second year (2014)

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square											
		شوری EC			اسیدیته pH			نیترोजن N			پتاسیم K		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
تکرار Replication (R)	2	0.015 ^{ns}	0.011 ^{ns}	0.016 ^{ns}	0.061 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.032 [*]	0.086 ^{ns}	0.036 ^{ns}	0.017 ^{ns}	0.202 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.048 ^{ns}
آبیاری Irrigation (I)	2	0.004 ^{ns}	0.009 ^{ns}	0.048 ^{ns}	0.045 ^{ns}	0.26 ^{**}	0.02 [*]	4.123 ^{**}	1.87 ^{**}	0.829 ^{**}	0.272 ^{ns}	5.184 ^{**}	2.56 ^{**}
تکرار × آبیاری R × I	4	0.002	0.003	0.012	0.01	0.013	0.003	0.038	0.241	0.03	0.046	0.028	0.075
کود Fertilizer (F)	5	0.013 ^{**}	0.031 ^{**}	0.021 ^{**}	0.04 ^{**}	0.038 ^{**}	0.006 [*]	31.84 ^{**}	44.48 ^{**}	26.53 ^{**}	7.84 ^{**}	1.87 ^{**}	6.91 ^{**}
آبیاری × کود I × F	10	0.019 ^{**}	0.009 ^{ns}	0.028 ^{**}	0.018 ^{**}	0.043 ^{**}	0.006 [*]	0.472 ^{**}	2.22 ^{**}	1.921 ^{**}	1.057 ^{**}	0.158 ^{**}	0.53 ^{**}
خطای آزمایش Error	30	0.001	0.004	0.003	0.002	0.009	0.002	0.025	0.136	0.054	0.063	0.038	0.042
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	%	3.34	5.39	4.29	0.52	1.24	0.63	4.77	7.08	4.86	6.4	7.47	4.56

^{ns}, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

^{ns}, * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪.

استفاده از کمپوست می‌تواند هدروی کودهای پتاسیمی را به مقدار قابل توجهی کاهش دهد و مشکلات زیست محیطی ناشی از مصرف کودهای پتاسیمی را کمتر کند. همچنین برای کاهش هدروی و مشکلات زیست محیطی، استفاده از کودهای شیمیایی پتاسیمی همراه با کمپوست یکی از مناسب‌ترین تیمارهای تلفیقی کودی است، با این شرط که با مدیریت آبیاری به مقدار یک برابر تبخیر از تشت تبخیر همراه باشد، چون با استفاده از این نوع تیمار می‌توان علاوه بر صرفه‌جویی در آب، بخش قابل توجهی از کودهای شیمیایی را در خاک نگهداری کرد تا به تدریج در دسترس ریشه گیاه قرار گیرند. حداکثر مقدار کمپوست توصیه شده نیز ۵ تن در هکتار می‌باشد.

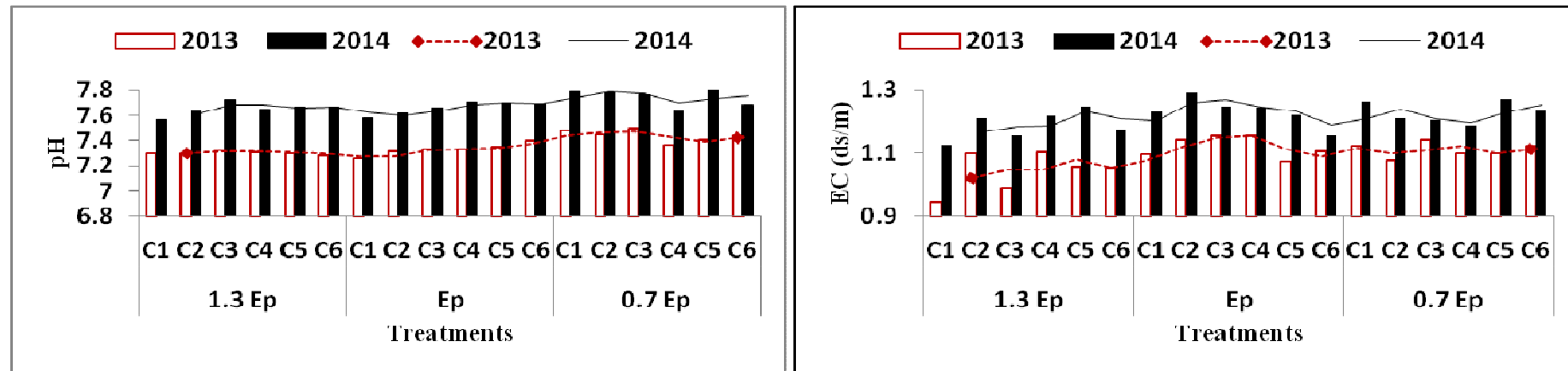
نیتروژن

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای آبیاری در مرحله دوم سال ۱۳۹۲ بر غلظت نیتروژن کل عصاره خاک اثر معنی‌داری نداشتند، اما در مرحله سوم این اثر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر تیمارهای کودی و اثر متقابل تیمارهای آبیاری و کود نیز بر میزان نیتروژن کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در سال ۱۳۹۳ در تمام مراحل، غیر از مرحله سوم اندازه‌گیری بر میزان نیتروژن کل عصاره خاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴).

در سال اول آزمایش، بیشترین مقدار نیتروژن در عصاره خاک در مرحله دوم اندازه‌گیری در تیمار I_1C_2 مشاهده شد که به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود و پس از آن، تیمار I_1C_4 در رتبه بعدی قرار داشت. کمترین مقدار نیتروژن نیز در تیمارهای I_1C_1 ، I_1C_6 و I_1C_5 مشاهده شد (جدول ۵). در مرحله سوم، تیمارهای I_1C_2 و I_1C_4 بیشترین و تیمارهای I_2C_5 و I_3C_6 کمترین مقدار نیتروژن را در عصاره خاک داشتند. در تیمار شاهد (I_1C_1) نیز مقدار نیتروژن حدواسط دو نوع تیمار بالا بود. نتایج نشان داد که غلظت نیتروژن در تیمارهایی بیشتر بود که از کود نیتروژن استفاده شد. پاراماسی‌وام و همکاران (Paramasivam *et al.*, 2001) در آزمایشی آب آبیاری در شالیزار را طوری تنظیم کردند که هیچگونه نفوذی در خاک نداشته باشد و به این ترتیب توانستند مقدار شستشو و هدررفت نیتروژن را در خاک شالیزار کاهش دهند. انجام این کار در عمل مشکل است، چون گیاه برای رشد سریع خود نیاز به میزان مناسبی از کود نیتروژنی دارد.

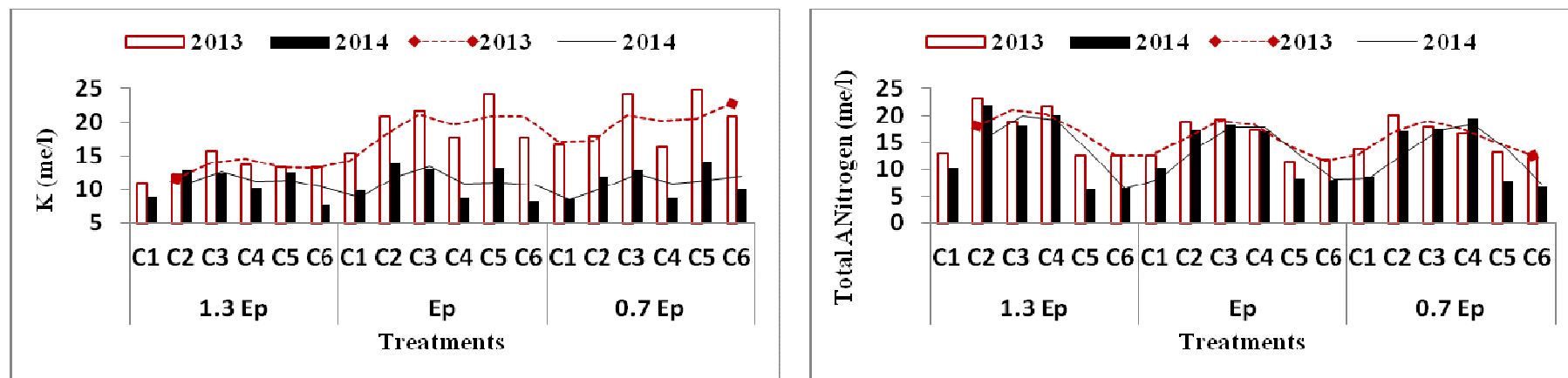
نتایج همچنین نشان داد که هر چه مقدار آب آبیاری کمتر می‌شود، غلظت پتاسیم در عصاره خاک افزایش می‌یابد. اگرچه ممکن است مقدار این عنصر در آبیاری غرقابی بیشتر باشد، ولی غلظت آن کمتر است. بورش (Buresh, 2010) گزارش کرد که مدیریت کودها از جمله کودهای پتاسیمی بهتر است برای هر منطقه خاص انجام شود. ال-شفیعی و همکاران (El-Shafei *et al.*, 2008) در یک آزمایش نتیجه گرفتند که افزایش EM-کمپوست (یک نوع کمپوست) به خاک باعث افزایش مقدار عناصر غذایی مانند نیتروژن و پتاسیم در خاک شد. بنابراین قابلیت دسترسی عناصر آزاد شده از کمپوست بیشتر از کودهای شیمیایی برای گیاه بود. نتایج این تحقیق نشان داد که غلظت پتاسیم با کاهش مقدار آب آبیاری در تیمارهای یک (I_2) و $0/7$ برابر تبخیر از تشت تبخیر (I_3) بیشتر از تیمار غرقاب دائم (I_3) شده است که احتمالاً دلیل آن افزایش ماده آلی خاک ناشی از مصرف کود کمپوست می‌باشد (El-Shafei *et al.*, 2008; Brady and Weil, 2010). چون این مواد در خاک با افزایش سطوح جذبی، عناصر کاتیونی مانند پتاسیم را بیشتر در سطوح خود جذب و نگهداری می‌کنند و در نتیجه مقدار شستشوی عناصر کاتیونی کم می‌شود، ولی ممکن است تیمار آبیاری غرقاب دائم (I_3) با شستشوی زیادتر، قدرت نگهداری عناصر در خاک را کاهش و مقدار شستشو را افزایش داده باشد. نتایج برادی و ویل (Brady and Weil, 2010) نشان داد که در تیماری که کود شیمیایی بیشتری دریافت می‌کند به دلیل نفوذ بیشتر آب در خاک و همچنین فراوانی بیشتر عناصر در خاک، غلظت بیشتری از این عناصر نیز به عصاره خاک انتقال می‌یابد. سرور و همکاران (Sarwar *et al.*, 2008) گزارش کردند که با افزایش مقدار ۱۲ و ۲۴ تن کمپوست در هکتار به تنهایی و یا همراه با کود شیمیایی به خاک، مقدار پتاسیم (K) محلول در آب خاک افزایش یافته است.

نتایج این تحقیق نشان داد که با کاهش مقدار آب آبیاری در سال اول و دوم، غلظت پتاسیم در عصاره خاک افزایش ولی مقدار غلظت آن در سال اول بیشتر از سال دوم بود (شکل ۳) که احتمالاً به دلیل اثر سال باشد. استفاده از کودهای شیمیایی به مقدار توصیه شده باعث افزایش غلظت پتاسیم در عصاره خاک شد، ولی هنگامی که این کودها همراه با کمپوست استفاده شدند، غلظت پتاسیم در عصاره خاک کاهش یافت (شکل ۳). بنابراین



شکل ۲- اثر رژیم‌های آبیاری و کودهای مختلف بر میانگین سالیانه EC و pH عصاره خاک در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ (Ep تبخیر از تشت تبخیر).

Figure 2. Effect of irrigation regimes and different fertilizers on yearly mean of EC and pH of the soil water extraction in 2013 and 2014 (Ep=evaporation).



شکل ۳- اثر رژیم‌های آبیاری و کودهای مختلف بر میانگین سالیانه نیتروژن و پتاسیم عصاره خاک در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ (Ep تبخیر از تشت تبخیر).

Figure 3. Effect of irrigation regimes and different fertilizers on yearly mean of nitrogen and potassium of the soil water extraction in 2013 and 2014 (Ep=evaporation).

جدول ۵ - مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری × کود بر ویژگی‌های عصاره خاک در سال اول اجرای آزمایش (۱۳۹۲)

Table 5. Mean comparison of irrigation × fertilizer interaction on soil water extraction characteristics in first year (2013)

آبیاری Irrigation	کود Fertilizer	شوری EC (ds.m ⁻¹)			اسیدیته pH			نیتروژن N (ppm)			پتاسیم K (ppm)		
		(Sampling stage) مرحله اندازه‌گیری											
		1 [#]	2 [#]	3 [#]	1	2	3	1	2	3	1	2	3
I ₁	C ₁	-	0.94 ^e	0.93 ^j	-	7.27 ^{cde}	7.19 ^d	-	4.453 ^j	6.260 ^f	-	4.15 ^f	3.39 ⁱ
	C ₂	-	1.12 ^{abc}	1.05 ^{efg}	-	7.16 ^h	7.22 ^{cd}	-	8.753 ^a	8.323 ^a	-	3.57 ^g	4.50 ^h
	C ₃	-	0.97 ^{de}	0.98 ^{hi}	-	7.22 ^{d-h}	7.18 ^d	-	7.473 ^{cd}	6.250 ^f	-	5.53 ^e	4.90 ^g
	C ₄	-	1.11 ^{abc}	1.08 ^{de}	-	7.17 ^{fgh}	7.19 ^d	-	7.843 ^b	8.260 ^a	-	5.50 ^e	3.51 ⁱ
	C ₅	-	1.09 ^{abc}	0.95 ^{ij}	-	7.18 ^{e-h}	7.16 ^d	-	4.557 ^j	6.240 ^f	-	4.23 ^f	4.73 ^{gh}
	C ₆	-	1.07 ^{bc}	1.06 ^{ef}	-	7.17 ^{gh}	7.17 ^d	-	4.553 ^j	6.230 ^f	-	5.50 ^e	3.69 ⁱ
I ₂	C ₁	-	1.06 ^{cd}	1.17 ^{ab}	-	7.18 ^{fgh}	7.19 ^d	-	4.847 ⁱ	5.460 ^h	-	5.37 ^e	5.43 ^f
	C ₂	-	1.16 ^{ab}	1.14 ^{abc}	-	7.23 ^{c-g}	7.24 ^{cd}	-	7.283 ^d	6.833 ^c	-	7.31 ^c	7.21 ^d
	C ₃	-	1.16 ^{ab}	1.16 ^{ab}	-	7.23 ^{c-g}	7.24 ^{cd}	-	7.740 ^b	6.733 ^{cd}	-	7.57 ^c	8.03 ^c
	C ₄	-	1.13 ^{abc}	1.13 ^{bcd}	-	7.24 ^{c-h}	7.21 ^{cd}	-	6.960 ^e	6.093 ^f	-	7.10 ^c	5.60 ^f
	C ₅	-	1.11 ^{abc}	0.96 ^{ij}	-	7.25 ^{c-h}	7.29 ^d	-	5.157 ^h	4.307 ⁱ	-	8.47 ^b	9.00 ^a
	C ₆	-	1.17 ^{ab}	1.02 ^{fgh}	-	7.28 ^{cde}	7.39 ^a	-	4.520 ⁱ	5.677 ^g	-	7.27 ^c	5.33 ^f
I ₃	C ₁	-	1.13 ^{abc}	1.09 ^{cde}	-	7.44 ^a	7.35 ^{ab}	-	5.317 ^{gh}	6.480 ^e	-	6.53 ^d	5.54 ^f
	C ₂	-	1.08 ^{bc}	1.06 ^{ef}	-	7.32 ^{bc}	7.43 ^a	-	7.600 ^{bc}	7.427 ^b	-	6.23 ^d	6.81 ^e
	C ₃	-	1.19 ^a	1.19 ^a	-	7.46 ^a	7.34 ^{ab}	-	6.887 ^{ef}	6.543 ^{de}	-	8.50 ^a	9.13 ^a
	C ₄	-	1.14 ^{abc}	1.07 ^e	-	7.26 ^{c-f}	7.29 ^{bc}	-	6.677 ^f	5.75 ^g	-	6.23 ^d	5.57 ^f
	C ₅	-	1.15 ^{abc}	0.99 ^{ghi}	-	7.28 ^{cd}	7.37 ^{ab}	-	5.473 ^g	5.597 ^{gh}	-	9.03 ^a	8.50 ^b
	C ₆	-	1.15 ^{abc}	1.05 ^{ef}	-	7.41 ^{ab}	7.34 ^{ab}	-	5.183 ^h	5.027 ⁱ	-	9.13 ^a	5.33 ^f

Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 5% probability level. میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

1, 2 and 3 indicates sampling stages at 5, 25 and 50 days after transplanting, respectively.

۱، ۲ و ۳ به ترتیب مراحل اندازه‌گیری در ۵، ۲۵ و ۵۰ روز پس از نشاکاری را نشان می‌دهند.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری × کود بر ویژگی‌های عصاره خاک در سال دوم اجرای آزمایش (۱۳۹۳)

Table 6. Mean comparison of irrigation regimes × fertilizer interaction on soil water extraction characteristics in 2014

آبیاری Irrigation	کود Fertilizers	شوری EC (ds.m ⁻¹)			اسیدیته pH			نیتروژن N (ppm)			پتاسیم K (ppm)		
		(Sampling stage) مرحله اندازه‌گیری											
		1 [#]	2 [#]	3 [#]	1	2	3	1	2	3	1	2	3
I ₁	C ₁	1.00 h*	1.17 a-d	1.21 e	7.59 f	7.61 c	7.50 abc	2.69 f	3.38 gh	4.063 g	2.67 e	1.63 g	4.57 c
	C ₂	1.14 abc	1.13 cd	1.35 a-e	7.89 ab	7.68 c	7.36 c	6.00 a	8.497 a	7.300 b	4.90 abc	2.33 def	5.63 a
	C ₃	1.09 ef	1.18 a-d	1.20 e	7.92 a	7.77 bc	7.46 abc	5.297 b	6.667 cd	6.150 cd	4.83 abc	2.13 efg	5.37 a
	C ₄	1.12 b-e	1.17 a-d	1.26 a-e	7.91 a	7.62 c	7.42 abc	5.923 a	6.077 de	8.020 a	3.63 d	1.80 fg	4.70 bc
	C ₅	1.14 b-e	1.37 a	1.24 de	7.94 a	7.62 c	7.44 abc	1.657 h	2.347 j	2.260 j	4.50 c	2.53 cde	5.53 a
	C ₆	0.99 h	1.14bcd	1.38 a-d	7.87 abc	7.73 bc	7.39 bc	1.54 hi	2.503 ij	2.370 j	2.70 e	1.53 g	3.60 d
I ₂	C ₁	1.05 fg	1.17 a-d	1.47 ab	7.65 ef	7.72 bc	7.37 c	2.363 g	4.04 f	3.757 gh	3.63 d	2.77 cd	3.53 d
	C ₂	1.10 def	1.27 abc	1.49 a	7.72 def	7.71 bc	7.41 abc	4.78 cd	6.937 bc	5.667 ef	5.33 ab	2.90 cd	5.57 a
	C ₃	1.12 b-e	1.19 a-d	1.42 abc	7.82 a-d	7.72 bc	7.44 abc	4.58 d	8.17 a	5.603 f	4.60 bc	2.77 cd	5.67 a
	C ₄	1.12 b-e	1.19 a-d	1.41 abc	7.84 a-d	7.80 bc	7.48 abc	3.993 e	7.413 b	5.707 ef	2.87 de	2.57 cde	3.37 d
	C ₅	1.16 abc	1.25 a-d	1.26 cde	7.86 b-e	7.85 abc	7.47 abc	1.207 i	3.97 fg	3.153 i	4.90 abc	3.63 ab	4.70 bc
	C ₆	1.11 cde	1.07 d	1.29 cde	7.76 b-e	7.83 bc	7.46 abc	1.24 i	2.847 hij	4.003 g	3.00 de	2.57 cde	2.67 d
I ₃	C ₁	1.15 a-d	1.17 a-d	1.47 ab	7.84 a-d	7.98 ab	7.54 a	1.297 ij	3.907 fg	3.527 hi	2.70 e	2.33 def	3.63 ad
	C ₂	1.11 cde	1.18 a-d	1.35 a-e	7.87 abc	7.99 ab	7.47 abc	5.023 c	6.007 e	6.037 cde	3.60 d	3.57 ab	4.67 bc
	C ₃	0.91 i	1.21 a-d	1.50 a	7.89 ab	7.86 abc	7.53 ab	4.717 d	6.927 bc	5.870 def	4.57 bc	3.03 bc	5.30 ab
	C ₄	1.02 gh	1.26 a-d	1.27 cde	7.84 a-d	7.61 c	7.47 abc	4.603 d	8.367 a	6.397 c	2.87 de	2.33 def	3.60 d
	C ₅	1.17 ab	1.34 ab	1.30 b-e	7.82 a-d	8.14 a	7.51 ab	1.257 i	3.063 hi	3.517 hi	5.60 a	3.87 a	4.60 c
	C ₆	1.19 a	1.23 a-d	1.29 cde	7.74 cde	7.88 abc	7.43 abc	1.207 i	2.843 hij	2.633 j	3.06 d	2.70 cde	3.67 d

Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 5% probability level. میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

1, 2 and 3 indicates sampling stages at 5, 25 and 50 days after transplanting, respectively.

۱، ۲ و ۳ به ترتیب مراحل اندازه‌گیری در ۵، ۲۵ و ۵۰ روز پس از نشاکاری را نشان می‌دهند.

(I₂) ۳۲۸/۶ و ۳۲۸/۴ میلی‌متر و در تیمار آبیاری به‌اندازه ۰/۷ برابر تبخیر از تشت تبخیر (I₃) ۲۴۹/۶۳ و ۲۲۹/۸۸ میلی‌متر بود. بنابراین، در صورتی که به‌جای غرقاب دائم، آبیاری به‌اندازه یک برابر تبخیر از تشت تبخیر انجام شود، مقدار ۱۹/۳۷ و ۲۳ درصد به‌ترتیب در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ (میانگین ۲۱/۱۸ درصد) در مصرف آب آبیاری صرفه‌جویی شد. در صورتی که به‌جای آبیاری غرقاب دائم، از آبیاری به‌اندازه ۰/۷ برابر تبخیر از تشت تبخیر استفاده شود، مقدار ۳۸/۷۴ و ۴۶/۱۸ درصد به‌ترتیب در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ (میانگین ۴۲/۴۶ درصد) در مصرف آب آبیاری صرفه‌جویی شد. اگر هدف اساسی در کشت برنج ایجاد کشاورزی پایدار و حفظ محیط زیست باشد، روش‌های ارگانیک می‌توانند جایگزین بسیار خوبی برای روش‌های معمول و یا استفاده از کودهای شیمیایی در کشت برنج باشند. در این صورت، می‌توان با به‌کارگیری فقط ۵ تن در هکتار کمپوست همراه با آبیاری به مقدار یک برابر تبخیر از تشت تبخیر، ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب به‌اندازه ۲۱/۱۸ درصد، به‌تدریج استفاده از کودهای شیمیایی را حذف کرد. چنانچه هدف، دستیابی به حداکثر تولید با پذیرش ریسک منطقی و مناسب زیست محیطی باشد، می‌توان با استفاده از مقدار متناسبی از کودهای شیمیایی در افزایش تولید همراه با ایجاد کشاورزی پایدار و ارگانیک گام مؤثری برداشت. در این صورت استفاده تلفیقی از کمپوست و نیتروژن مناسب‌ترین تیمار خواهد بود که مقدار مناسب آن در این بررسی، استفاده از حداکثر ۵ تن کمپوست به همراه ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار می‌باشد. پیشنهاد می‌شود که در یک بررسی اثر استفاده طولانی مدت از کمپوست و کودهای شیمیایی بر محیط زیست و تغییرات حاصل‌خیزی خاک مورد بررسی قرار گیرد.

نتایج نشان داد که هر چه مقدار آب آبیاری کمتر شود، غلظت نیتروژن شسته‌شده و انتقال‌یافته به زهکش کاهش می‌یابد (جدول‌های ۵ و ۶). استفاده از کودهای شیمیایی به‌مقدار توصیه‌شده باعث افزایش غلظت نیتروژن در عصاره خاک شد، ولی هنگامی که این کودها همراه با کود کمپوست استفاده شدند (شکل ۳)، غلظت نیتروژن در عصاره خاک کاهش یافت. این نتایج نشان می‌دهند که استفاده از کمپوست علاوه بر افزایش ماده آلی خاک به‌عنوان عامل حاصل‌خیزکننده خاک، هدروی کودهای نیتروژنی را نیز به‌مقدار قابل توجهی کاهش می‌دهند. بنابراین برای کاهش هدروی و مشکلات زیست‌محیطی، استفاده از کودهای شیمیایی نیتروژنی همراه با کمپوست به‌مقدار ۵ تن در هکتار، در صورتی که با مدیریت آبیاری به مقدار یک و یا ۰/۷ برابر تبخیر از تشت تبخیر مورد استفاده قرار گیرد، یکی از مناسب‌ترین تیمارهای تلفیقی کودی خواهد بود.

نتیجه‌گیری کلی

استفاده از کودهای شیمیایی و کمپوست باعث افزایش شوری شد، اما تغییر قابل توجهی بر اسیدیته عصاره خاک ایجاد نکرد. به‌طور کلی، دامنه تغییرات ایجاد شده در میزان شوری و اسیدیته ایجاد شده در عصاره خاک با افزایش کودهای شیمیایی و کمپوست و تغییر در رژیم‌های آبیاری بسیار کم و قابل ملاحظه نبود. با افزایش کودهای شیمیایی به‌ویژه کودهای پتاسیمی و نیتروژنی، غلظت پتاسیم و نیتروژن در عصاره خاک زیاد شد، ولی با افزودن کمپوست از مقدار شستشوی عناصر فوق در عصاره خاک کاسته شد.

مقدار آب مصرفی به‌ترتیب از تاریخ نشا تا قطع آبیاری در ده روز قبل از برداشت در تیمار غرقاب دائم یا آبیاری به‌اندازه ۱/۳ برابر تبخیر از تشت تبخیر (I₁) در سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳، به‌ترتیب ۴۰۷/۵۳ و ۴۲۶/۹۲ میلی‌متر، در تیمار آبیاری به‌اندازه یک برابر تبخیر از تشت تبخیر

References

- Asadi, A., Huat, B. B. K., Moayedi, H., Shariatmadari, N. and Parsaie, A. 2011. Changes of hydraulic conductivity of silty clayey sand soil under the effects of municipal solid waste leachate. *International Journal of the Physical Sciences* 6 (12): 2869-2874.
- Bahmani, A., Bromandnasab, S., Behzad, M. and Naseri, A. A. 2009. Determination of nitrate and ammonium leaching potential in soil profile under water deficit condition. *Iranian Water and Drainage Journal* 1 (3): 37- 44. (In Persian with English Abstract).
- Belder, P. 2004. Effect of water-saving irrigation on rice yield and water use in typical lowland conditions in Asia. *Agricultural Water Management* 65 (3): 193-210.

- Bouman, B., Humphreys, E., Tuong, T. and Barker, R. 2007.** Rice and water. **Advance Agronomy** 92: 187-237.
- Brady, N. C. and Weil, R. R. 2010.** Elements of the nature and properties of soils. Third edition. Pearson Education, Upper Saddle River, NJ, USA.
- Buresh, R. J. 2010.** Nutrient best management practices for rice, maize, and wheat in Asia. Proceedings of the World Congress of Soil Science. August 1-6, 2010, Brisbane, Australia.
- Buresh, R. J. and De Datta, S. K. 1991.** Nitrogen dynamics and management in rice-legume cropping systems. **Advance Agronomy** 45: 1-59.
- Chikowo, R., Mapfumo, P., Nyamugafata, P. and Giller, K. E. 2004.** Mineral N dynamics, leaching and nitrous oxide losses under maize following two-year improved fallows on a sandy loam soil in Zimbabwe. **Plant and Soil** 259: 315-330.
- Choudhury, AT. and Khanif, Y. M. 2001.** Evaluation of effects of nitrogen and magnesium fertilization on rice yield and fertilizer nitrogen efficiency using ¹⁵N tracer technique. **Journal of Plant Nutrition** 24: 855-871.
- El-Shafei, A., Yehia, M. and El-Naqib, F. 2008.** Impact of effective microorganism's compost on soil fertility and rice productivity and quality. **Biological Engineering** 25 (3): 1067-1093.
- King, G. 1992.** Ecological aspect of methane oxidation, a key determinant of global methane dynamics. **Advance Microbial Ecology** 12: 431-468.
- Li, Y. and Barker, R. 2004.** Increasing water productivity for paddy irrigation in China. **Paddy and Water Environment** 2: 187-193.
- Liaghat, A. and Kavyani, A. 2005.** Simulate the movement of water and salt to the drain using software DRAINMOD. Modeling in Irrigation and Drainage Workshop (In Persian).
- Lin, X., Zhou, W., Zhu, D., Chen, H. and Zhang, Y. 2006.** Nitrogen accumulation, remobilization and partitioning in rice (*Oryza sativa* L.) under an improved irrigation practice. **Field Crops Research** 96 (2-3): 448-454.
- McBean, E. A., Rovers, F. A. and Farquhar, G. J. 1995.** Solid waste landfill engineering and design. Prentice Hall PTR, Englewood Cliffs. 521 p.
- Mian, M. H. 1993.** Prospect of azolla and blue green algae as nitrogenous biofertilizer for rice production in Banladesh. In: Advances in crop Science, Proceeding of the first Biennial Conference of Crop. January 18-20, 1992. Science Society of Bangladesh. pp: 34-35.
- Mosier, A. R., Syers, J. K. and Freney, J. R. 2004.** Agriculture and the nitrogen cycle: Assessing the impacts of fertilizer use on food production and environment. SCOPE, Nr. 65, Island Press, Washington, DC.
- Ouhadi, V. R. and Goodarzi, A. R. 2002.** Effect of soil pore fluid interaction on the electroconductivity of clay soils. Proceedings of the 55th Canadian Geotechnical and 3rd Join IAHCNC and CGS Groundwater Specially Conferences. Niagara Falls, Canada. pp: 20- 23.
- Paramasivam, S., Alva, A. K., Fares, A. and Sajwan, K. S. 2001.** Estimation of nitrate leaching in an Entisol under optimum citrus production. **Soil Science Society of America Journal** 65 (3): 914-921.
- Roost, N., Cai, X. L., Molden, D. and Cui, Y. L. 2008.** Adapting to intersectoral transfers in the Zhanghe Irrigation System, China Part I. In-system storage characteristics. **Agricultural Water Management** 95 (6): 698-706.
- Sarwar, G., Schmeisky, H., Hussain, N., Muhammad, S., Ibrahim, M. and Safdar, E. 2008.** Improvement of soil physical and chemical properties with compost application in rice-wheat cropping system. **Pakistani Journal of Botany** 40 (1): 275-282.
- Smith, B. D. 1998.** The Emergence of agriculture. First edition. W. H. Freeman and Co., Scientific American Library, New York, NY.
- Zhang, L., Lin, S., Bouman, B. A. M., Xue, C., Wei, F., Tao, H., Yang, X., Wang, H., Zhao, D. and Dittert, K. 2009.** Response of aerobic rice growth and grain yield to N fertilizer at two contrasting sites near Beijing, China. **Field Crops Research** 114 (1): 45-53.
- Zhang, Z., Zhang, S., Yang, J. and Zhang, J. 2008.** Yield, grain quality and water use efficiency of rice under nonflooded mulching cultivation. **Field Crops Research** 108 (1): 71-81.



University of Guilan
Faculty of Agricultural
Sciences

Cereal Research
Vol. 6, No. 4, Winter 2017 (437-450)

Effect of integrated management of irrigation regimes, chemical fertilizers and compost on some soil moisture extracted characteristics in paddy field

Teimour Razavipour¹, Alireza Astaraei^{2*}, Amir Lakzian³, Hojat Emami⁴ and Masuod Kavooosi⁵

Received: February 15, 2016

Accepted: May 4, 2016

Abstract

Quantification of fertilizers losses is important to ensure sustainability of soil fertility, surface and ground water resources and for the development of crop nutrient management. Due to evaluation the effect of organic and chemical fertilizers under different irrigation regimes on chemical properties of soil, a split plot experiment in a randomized complete block design with three replications was conducted at Rice Research Institute of Iran, during 2013 and 2014. Irrigation regimes were 1.3, 1 and 0.7 times of evaporation from evaporation pan as the main plot while six different kinds of fertilizers as the sub plots, C_1 = no fertilizer, $C_2=N_{60}-P_{30}-K_{60}$ kg.ha⁻¹, $C_3= C_2 +$ compost (5 t.ha⁻¹), $C_4= N_{60}$ kg.ha⁻¹ + compost (5 t.ha⁻¹), $C_5= P_{30}-K_{60}$ kg.ha⁻¹ + compost (5 t.ha⁻¹), and $C_6=$ compost (5 t.ha⁻¹). Soil water extractions were gathered in 15, 25 and 50 days after seedling (i.e. 4 to 5 days after urea fertilizer application) and measured their salinity, pH, total nitrogen and potassium. The results showed that despite the significant effects of treatments on measured properties, the amount of irrigation water will be saved 21.18 and 42.46 percent by changing the irrigation method from flooded to 1 and 0.7 of evaporation, respectively. Using compost instead of chemical fertilizers in the soil will be reduced 39.19 percent of total nitrogen and 48.15 percent of total potassium in the soil extraction. The results of this research indicated that using a combination of compost (5 t.ha⁻¹) and nitrogen (60 kg.ha⁻¹) together with irrigation regime of one times evaporation from pan can save water and protect the environment and at the same time also produced the highest yield.

Keywords: Fertilizer losses, Nitrogen, Organic fertilizer, Potassium, Water contamination

1. Ph. D. Graduated, Dept. of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran (current address: Scientific Board Member, Dept. of Water and Soil Research, Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran

2. Assoc. Prof., Dept. of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

3. Prof., Dept. of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

4. Assoc. Prof., Dept. of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

5. Research Assoc. Prof., Dept. of Water and Soil Research, Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran

* Corresponding author: astaraei@ferdowsi.um.ac.ir