The effect of simultaneous management of nitrogen fertilizer and time and duration of mid-drainage on rice cultivation and drainage water quality

ABSTRACT

This research was carried out to determine the simultaneous optimal management of nitrogen (N) fertilizer and the time and duration of mid-season drainage (MSD) of rice from an environmental point of view. This experiment was conducted in three treatments: application of N fertilizer and then drainage 7 days later for 7 days (T_1), drainage for 7 days and then application of N fertilizer (T_2), and drainage for 10 days and then application of N fertilizer (T_3). The control treatment included fertilization at the same time as T_1 treatment and without mid-season drainage.The quality parameters of drain water were measured. The results indicated that the time of applying fertilizer and drainage has a direct effect on pH. The average EC during the growth period in T2 and T3 decreased by 46 and 73%, respectively, compared to T1. The trend of NH_4^+ changes was upward before MSD, but after MSD, it decreased by 23% in T1 and 54% on average in T2 and T3. The average concentration of NO_3^- in the end season in T1, T2, and T3 was 22, 36, and 69% lower, respectively, and PO43- was 29, 31, and 67% lower than in MSD. The statistical analysis showed that the effect of time and treatments on SAR, and Cl^- was insignificant. Applying fertilizer after drainage for 10 days has lower negative impact on environment. Compating yield and component yield in treatments show that T_2 (7 days mid drainage and then appling nitrogen fertilizer) is a more appropriate option.

Keywords: Drainage water quality, End-season drainage, Mid-season drainage, Pollution of water sources

اثر مدیریت هم‌زمان کود نیتروژن و زمان و مدت زهکشی میان‌فصل بر کشت برنج و کیفیت زه‌آب

چکیده

پژوهش حاضر با هدف تعیین مدیریت بهینه هم‌زمان کود نیتروژن و زمان و مدت زهکشی میان‌فصل برنج از دیدگاه محیط‌زیستی در دانشگاه گیلان انجام شد. این آزمایش در سه تیمار، اعمال کود نیتروژن و سپس زهکشی ۷ روز بعد به مدت ۷ روز (T_1)، زهکشی به مدت ۷ روز و سپس اعمال کود نیتروژن (T_2) و زهکشی به مدت ۱۰ روز و سپس اعمال کود نیتروژن (T_3) در سه تکرار انجام شد. تیمار شاهد شامل کوددهی هم زمان با تیمار T_1 و بدون زهکشی میان‌فصل بود. از زه‌آب نمونه‌برداری و پارامترهای کیفی آن اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد، زمان اعمال کود و زهکشی تاثیر مستقیم بر اسیدیته زه‌آب دارد. میانگین هدایت‌الکتریکی در دوره رشد در T_2 و T_3 به‌ترتیب ۴۶ و ۷۳ درصد نسبت به T_1 کاهش نشان داد. تغییرات آمونیوم تا قبل از زهکشی میان‌فصل، صعودی بود اما پس از آن، در T_1، ۲۳ درصد و در T_2 و T_3 به‌طور متوسط ۵۴ درصد کاهش نشان داد. میانگین غلظت نیترات در زهکشی پایان‌فصل در T_1، T_2 و T_3 نسبت به میان‌فصل به‌ترتیب ۲۲، ۳۶ و ۶۹ درصد و فسفات ۲۹، ۳۱ و ۶۷ درصد کم‌تر بود. تجزیه آماری نشان داد که اثر زمان و تیمارها بر SAR و کلراید معنی‌دار نبود. مقایسه کیفیت زه‌آب تیمارها نشان داد که کوددهی پس از زهکشی با تداوم ۱۰ روز، می‌تواند اثر منفی کمتری بر محیط زیست داشته باشد. مقایسه عملکرد و اجزاء عملکرد برنج نشان داد که زهکشی میان‌فصل به مدت ۷ روز و سپس اعمال کود نیتروژن گزینه مناسب‌تری است.

واژه‌های کلیدی: *آلودگی منابع آب، زهکشی پایان‌فصل، زهکشی میان‌فصل، کیفیت زه‌آب*

مقدمه

نیمی از جمعیت جهان از برنج تغذیه می‌شوند که آن را به یکی مهم‌ترین محصولات غذایی از تبدیل می‌کند. استان‌های گیلان و مازندران مهم‌ترین مناطق کشت برنج در ایران هستند که ۸۰ الی ۸۲ درصد از تولید برنج در داخل کشور را بر عهده دارند (ناصرزاده و همکاران، ۱۳۹۹). با توجه به یکپارچه بودن شالیزارها در توپوگرافی نسبتا مسطح شمال ایران و عدم وجود سامانه زهکشی کافی، این اراضی در دوره کشت برنج، در نتیجه بارندگی در زمان نشاءکاری و برداشت محصول به ترتیب دچار مشکلات خفگی نشاء و ورس گیاه و یا عدم امکان برداشت مکانیزه می‌شوند. یکی از راهبردهای مدیریت آب در طول فصل رشد برنج زهکشی میان‌فصل است که

ممکن ا ست با زهک شی زیرزمینی آ سان‌تر شود (Darzi-Naftchali et al., 2014). همچنین در زمان بردا شت مح صول (زهک شی پایان‌فصل)، می‌بایست آب پروفیل خاک با سرعت مناسب تخلیه شود که زهکشی زیرزمینی نسبت به زهکشی سطحی عملکرد بهتری در این خصوص دارد. زهکشی میان‌فصل در مرحله پنجه‌زنی با مدیریت سطح آب در اراضی شالیزاری و ایجاد شرایط هوازی به‌مدت هفت روز یا بیش‌تر، تا پایان پنجه‌زنی، باعث افزایش ر شد ری شه گیاه، کاهش بیش از حد پنجه‌زنی، افزایش کانی شدن نیتروژن آلی خاک و در نهایت افزایش عملکرد برنج می شود (Rahman et al., 2013; Li, 2007). همچنین زهک شی میان و پایان‌ف صل با خارج کردن خاک از حالت اشباع و خروج مواد سمی از ناحیه ریشه، شرایط مناسبی برای رشد محصول و تاثیر بر عملکرد کیفی و کمی برنج و امکان برداشت مکانیزه و در نتیجه کاهش هزینه تولید و تمایل برای توسعه برنج‌کاری را فراهم می‌کند (درزی نفت‌چالی و همکاران، ۱۳۹۱).

به‌دلیل محدودیت سطح زیر ک شت برنج، باید از کودهای شیمیایی برای افزایش تولید و امنیت مواد غذایی ا ستفاده کرد (Liu, 2021). یکی از مهم‌ترین مواردی که ک شاورزی مدرن با آن مواجه ا ست پیامدهای ا ستفاده از کودهای شیمیایی ا ست که منجر به آلودگی آب و خاک می شود (نوابیان و همکاران، ۱۳۹۵). نگرانی‌هایی در مورد آثار کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها بر محیط‌زیست، از جمله از بین رفتن میکروارگانیسم‌های خاک و آلودگی منابع آب در نتیجه ا ستفاده بیش از حد از کودها وجود دارد (kai et al., 2020). طبق برآوردها، کشاورزی مسئول آلودگی ۲۵ درصدی فسفر و ۵۰ درصدی نیترات در محیط آبی و همچنین ۷۵ درصد آلودگی رسوبات ا ست. علاوه بر این، نسبت آلودگی ک شاورزی بر کیفیت آب در حال افزایش ا ست و ک شاورزی بر چهل در صد از پهنه‌های آبی فشار وارد می‌کند (Defra, 2022). ا ستفاده از کود نیتروژن یکی از مهم‌ترین عوامل در تولید برنج ا ست و نقش کلیدی در عملکرد آن ایفا می‌کند.

کاهش اثرات محیط‌زیست در سامانه‌های ک شت برنج، نیازمند ارتقای کارایی م صرف آب و مواد مغذی ا ست. به‌دلیل محدودیت منابع آب، روش‌هایی مانند کنترل سطح ای ستابی، زهک شی میان‌ف صل و خ شک و مرطوب کردن متناوب (AWD) برای افزایش بهره‌وری م صرف آب در ارا ضی شالیزاری از طریق ا صلاح مدیریت آب ایجاد شده ا ست (Darzi-Naftchali et al., 2017). به‌دلیل ماهیت پویای نیتروژن ا ستفاده بیش از حد از آن باعث ایجاد خطر بالایی برای آب شویی نیترات در زیر ناحیه ری شه و پیامدهای محیط‌زیستی می‌شود، از این‌رو مدیریت کود نیتروژن بسیار مهم است (GU et al., 2022; Hua et al., 2019; Lu et al., 2021).

چاکانی و همکاران (۱۳۹۴)، در پژوه شی با هدف یافتن بهترین فا صله برای زهکش‌های زیرزمینی و تداوم زهک شی، اعمال زهکشی میان‌فصل اراضی شالیزاری با تداوم زهکشی ۷ روز و فاصله ۱۵ متر را توصیه کردند. محمدپور و نوابیان (۱۳۹۸)، پژوهشی را با هدف بررسی تاثیر زهکشی زیرزمینی بر کیفیت زه‌آب در میان و پایان‌فصل برنج و همچنین انتقال املاح در اعماق و نقاط مختلف خاک نسبت به موقعیت زهکش انجام دادند. نتایج نشان داد تجمع املاح و نیترات محلول خاک در بالای لایه سخت نسبت به عمق کارگذاری زهکش به‌ترتیب با افزایش ۱۱ و ۴۷ در صدی همراه بود که ن شان از اثرگذاری لایه سخت بر تجمع املاح دا شت. غلظت نیترات و آمونیوم در زه‌آب پایان‌ف صل ن سبت به میان‌ف صل به ترتیب ۳۹ و ۱۲ در صد کاهش دا شت. موذنی و همکاران (۱۳۹۵)، به برر سی اثر عمق زهکش زیرزمینی در یک مدل فیزیکی ک شت گیاه تریتیکاله تحت شرایط م شابه با ارا ضی شالیزاری در اعماق ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متر برای کنترل سطح ای ستابی و کیفیت زه‌آب خروجی در خاک با بافت لوم سیلتی پرداختند. مقای سه کیفیت زه‌آب خروجی زهکش‌های نصب شده در عمق ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متری در انتهای آزمایش نسبت به ابتدای آن نشان داد پارامترهای ا سیدیته به‌ترتیب ۷/۴ و ۶/۴ درصد و کل جامدات معلق ۱/۵ و ۴۳/۴ درصد افزایش داشتند. همچنین هدایت‌الکتریکی به ترتیب ۵۳ و ۸ درصد و نسبت جذب سدیم به‌ترتیب ۱۶ و ۸ در صد کاهش دا شتند. جعفری تلوکلایی و همکاران (۱۳۹۳)، پژوه شی با هدف اثر سامانه‌های مختلف زهک شی بر میزان سدیم، کلر و سولفات زه‌آب، در طول دو ف صل ک شت برنج و کلزا در اعماق ۰/۹ و ۰/۶۵ و فوا صل ۱۵ و ۳۰ متر با پوشش معدنی و مصنوعی انجام دادند. نتایج نشان داد که با افزایش فاصله زهکش‌ها از ۱۵ متر به ۳۰ متر، میزان متوسط سدیم، کلر

و سولفات زه‌آب زهکش کاهش و همچنین، با افزایش عمق و فا صله زهکش، میزان کلر به سولفات آن بیش‌تر شد. کم‌ترین مقادیر غلظت سدیم، کلر، سولفات و کل املاح خروجی در هر دو فصل کشت مربوط به تیمار با عمق ۰/۹ و فاصله ۳۰ متر بود. متوسط کلر و سولفات زه‌آب تیمارهای مختلف در فصل کشت کلزا کم‌تر از مقدار کلر و سولفات زه‌آب در زمان‌های زهکشی میان و پایان‌فصل کشت برنج بود.

هلمرس و همکاران (Helmers et al., 2012)، در آزمایشی نتیجه گرفتند که میانگین تلفات نیترات در طول دوره مطالعه در زهکشی کنترل‌شده و زهکشی سطحی به‌ترتیب ۳۶ و ۲۹ درصد کاهش یافت. صادقی‌لاری و همکاران (SadeghiLari et al., 2013)، با پژوهشی بر اثر زهکشی کنترل‌شده بر کل تلفات نیتروژن نیتراتی در جریان خروجی از زهکش‌ها در تیمارهای زهکشی کنترل‌شده در اعماق ۷۰ و ۹۰ سانتی‌متری نشان دادند که تلفات به‌ترتیب به میزان ۵۸/۴۳ و ۴۷/۲۵ در صد نسبت به زهکشی آزاد کم‌تر شد. ایستمن و همکاران (Eastman et al., 2010)، مطالعه‌ای به‌منظور بررسی انتقال فسفر برای دو نوع خاک رایج (لوم‌رسی و لوم‌شنی) در مزارع کشاورزی با زهکش طبیعی طی دو سال (۲۰۰۶-۲۰۰۴) انجام دادند. نتایج نشان داد که وجود زهکش زیرزمینی در خاک‌های لوم شنی اثر مفید قابل توجهی در کاهش رواناب سطحی و تلفات فسفر کل از مزرعه داشت، اما بر عکس این موضوع در خاک‌های لوم‌رسی مشاهده شد. درزی و همکاران (۱۳۹۱)، پژوهشی با هدف تاثیر زهکشی میان و پایان‌فصل بر روی سامانه‌های زهکشی سطحی و زیرزمینی بر تلفات فسفر در اراضی شالیزاری و بر روی گیاه برنج انجام دادند. نتایج نشان داد که در هر دو زمان زهکشی میان و پایان‌فصل، بیش‌ترین غلظت فسفر اندازه‌گیری شده مربوط به رواناب سطحی بود، در نتیجه سامانه‌های زهکشی زیرزمینی در مقایسه با زهکشی سطحی، اثرات محیطزیستی کم‌تری از لحاظ دفع فسفر به منابع آب را به دنبال دارد. معماری و همکاران (۱۳۹۷)، یک پژوهش با هدف بررسی عملکرد کیفی و کمی زهکش زیرزمینی در مقیاس مدل فیزیکی با خاک رس سیلتی بر روی گیاه لوبیا انجام دادند. در زمان وقوع بارندگی از زه‌آب و عصاره خاک نمونه‌برداری شد و نتایج نشان داد که هدایت الکتریکی زه‌آب خروجی در انتهای آزمایش نسبت به ابتدا حدود ۶۰ درصد کاهش داشت. همچنین مقادیر نسبت جذب سدیم (SAR) و اسیدیته در خاک و زه‌آب افزایش داشتند که نشان داد مقدار و توالی بارندگی بر حجم زه‌آب خروجی اثرگذار است.

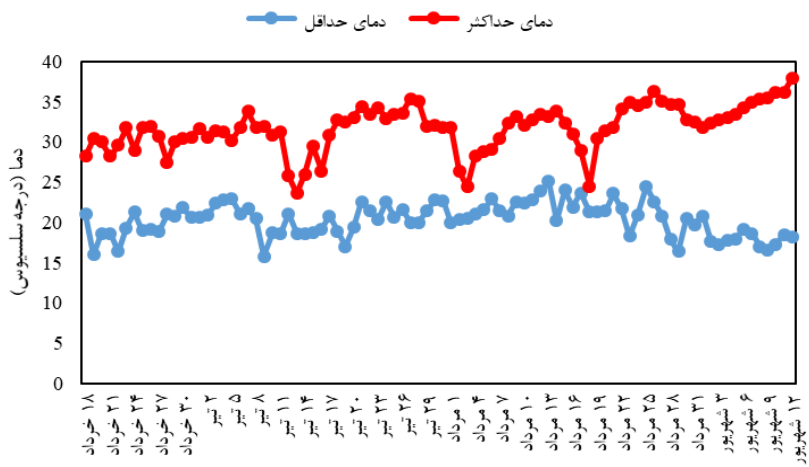
صدیق و افروس (۱۳۹۹) آزمایشی در مقیاس لایسیمتری شامل سه تیمار زهکشی آزاد، کنترل‌شده و آبیاری زیرزمینی در خاکی با بافت لومی سیلتی بر روی گیاه گوجه‌فرنگی انجام دادند. نتایج نشان داد مقدار در صد جرم نمک خروجی در زه‌آب زهکشی آزاد و زهکشی کنترل‌شده به‌ترتیب ۶۵ و ۴۵ درصد بود. درصد جرمی نیترات و فسفات در زه‌آب تیمار زهکشی آزاد به‌ترتیب با مقدار ۲۰/۹ و ۸/۱ در صد بزرگ‌تر از مقادیر آن در تیمار زهکشی کنترل شده با مقادیر ۱۳/۷ و ۵/۷ در صد به دست آمد. همچنین مقادیر هدایت‌الکتریکی زه‌آب در تیمار زهکشی کنترل شده کمتر از تیمار زهکشی آزاد گزارش شد. یو و همکاران (Yu et al., 2021) در مطالعه‌ای بر روی خاک اراضی شالیزاری با بافت لومی در قالب دو تیمار آبیاری (سنتی غرقابی و کنترل شده) و زهکشی (سنتی و کنترل شده) تلفات آب و نیتروژن را در طول کل دوره رشد برنج بررسی کردند. نتایج نشان داد میزان نیتروژن کل، نیترات و آمونیوم در حالت آبیاری کنترل شده و زهکشی نسبت به آبیاری و زهکشی سنتی به‌ترتیب ۶۹/۸، ۶۵/۳ و ۶۹/۷ درصد کاهش یافت.

سامانه‌های زهکشی زیرزمینی در اراضی شالیزاری ایران سابقه زیادی ندارند و با توجه به توصیه‌های تحقیقاتی مبنی بر استفاده کود نیتروژن و اعمال زهکشی میان‌فصل در مرحله پنجه‌زنی رشد گیاه برنج و اثر متقابل زهکشی و نحوه کاربرد کود بر کارایی مصرف کود و آلودگی محیطزیست، هدف از انجام این پژوهش بررسی آثار متقابل زهکشی و کوددهی در کشت برنج و تعیین مدیریت بهینه هم‌زمان کود نیتروژن و زمان و مدت زهکشی میان‌فصل برنج و تاثیر آن روی زه‌آب خروجی در نظر گرفته شد.

مواد و روش ها

برای تعیین مدیریت بهینه هم‌زمان کود نیتروژن و زمان و مدت زهک شی میان و پایان‌ف صل برنج مطالعه‌ای در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ در دان‌شکده ک‌شاورزی دان‌شگاه گیلان واقع در شهر ستان ر شت (۳۷ درجه و ۱۹ دقیقه شمالی، ۴۹ درجه و ۳۷ دقیقه شرقی) انجام شد. میانگین دمای حداکثر و حداقل داده‌های ایستگاه هوا شناسی ک‌شاورزی ر شت در طول دوره پژوهش در شکل (۱) ن شان داده شده ا ست. ۹ لای سیمتر به قطر و ارتفاع به ترتیب ۲۵ و ۵۰ سانتی‌متر از جنس PVC برای ک شت برنج و انجام آزمایش استفاده شد. برای جلوگیری از خروج ذرات خاک از انتهای لایسیمتر، از فیلتر شنی و توری استفاده شد. برای کنترل خروجی زهکش، در محل خروجی لایسیمتر یک شیر تعبیه شد. لایسیمترها با استفاده از دوربین نقشه برداری بر روی سکوهایی به ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر در ف ضای آزاد ولی دارای سـرپناه برای جلوگیری از اثر بارش احتمالی بر فرآیند زهکشـی، تراز شدند. لای سیمترها با خاک ارا ضی شالیزاری با بافت لومی رسی سیلتی پس از خشک کردن، کوبیده و عبور از الک پنج میلی‌متری با جرم مخصوص ظاهری ۱/۳۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب پر شدند. م شابه ارا ضی شالیزاری سعی شد تا لایه سخت (Hardpan) با ا ستفاده از خاک عبوری از الک دو میلی‌متری با تراکم ۱/۶۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب در عمق ۳۰ سانتی‌متری از سطح خاک ایجاد شود. برای آماده سازی شرایط کشت برنج و ایجاد شرایط ا شباع، خاک به مدت ۱۵ روز در حالت غرقاب نگهداری شد. سپس در تمام روزهای فصل ر شد و به غیر از مدت زهکشی میان و پایان‌فصل، آبیاری غرقابی به ارتفاع ۵ سانتی‌متر با استفاده از مخزن آب و شناور انجام شد. قبل از کشت برنج، مقدار ۵۰ کیلوگرم بر هکتار سوپرفسفات تریپل، ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات سدیم و یک سوم از کود نیتروژن به فرم اوره (۹۰ کیلوگرم بر هکتار اوره در دو تق سیط به صورت یک سوم قبل از ن شاءکاری و دو سوم در مرحله پنجه‌زنی مطابق عرف منطقه اعمال شد) به لایسیمترها ا ضافه شدند. ن شاء برنج رقم ها شمی در تاریخ ۱۸ خرداد ۱۴۰۱ به لایسیمترها منتقل شد. شکل (۲) شمایی از لایسیمتر استقرار یافته پس از نشاء برنج را نشان می‌دهد. خصوصیات آب آبیاری و خاک مورد آزمایش در جدول (۱) و (۲) نشان داده شده است.

این آزمایش تحت سه تیمار مدیریت هم‌زمان کود نیتروژن و زهکشی میان‌فصل شامل ۱- اعمال دو مرحله کود نیتروژن (ابتدای ف صل ک شت و پنجه‌زنی) و اعمال زهک شی میان‌ف صل ۷ روز بعد از کوددهی به مدت ۷ روز (T_1)، ۲- اعمال دو مرحله کود نیتروژن (ابتدای ف صل ک شت و یک روز بعد از زهک شی میان‌ف صل) و اعمال زهک شی میان‌ف صل اوایل پنجه‌زنی به مدت ۷ روز (T_2) و ۳- اعمال دو مرحله کود نیتروژن (ابتدای فصل کشت و یک روز بعد از زهکشی میان‌فصل) و اعمال زهکشی میان‌فصل اوایل پنجه‌زنی به مدت ۱۰ روز (T_3) در سه تکرار تعریف شد. تیمار شاهد شامل کوددهی هم زمان با تیمار T_1 و بدون زهک شی میان‌ف صل در سه تکرار بود (T_0) عملیات زهکشی میان‌فصل در تیمار اول در تاریخ ۱۰ مرداد (۷ روز بعد از کوددهی در تاریخ ۳ مرداد) و در دو تیمار دوم و سوم در ۳ مرداد انجام شد. کوددهی در تیمار دوم در تاریخ ۱۰ مرداد و در تیمار سوم در تاریخ ۱۳ مرداد (بعد از ۱۰ روز زهکشی) بود. زهک شی پایان‌ف صل در ۱۲ شهریور به طور هم‌زمان در همه تیمارها اجرا شد. پارامترهای کیفیت زه‌آب زهک شی میان‌ف صل (۳ و ۱۰ مرداد) و سه مرحله نمونه‌برداری از زه‌آب خروجی از عمق توسعه ریشه (۲۲ و ۲۶ تیر و ۱۲ شهریور) شامل اسیدیته، هدایت‌الکتریکی، کل جامدات محلول، آمونیوم، کلسیم و منیزیم، نیترات، سدیم، کل جامدات معلق و همچنین غلظت نیتریت، فسفات، سولفات و کلراید در زهک شی میان‌ف صل و دو مرحله زه‌آب خروجی از عمق تو سعه ری شه (۲۲تیر و ۱۲ شهریور) مطابق با ا ستاندارد اندازه‌گیری شدند (Baird et al., 2017). پارامترهای فوق به‌ترتیب تو سط pH متر، EC سنج، تیترا سیون، ا سپکتروفتومتری، فلیم‌فوتومتر و یون کروماتوگراف قرائت شدند. پس از زهک شی پایان‌ف صل، به طور ت صادفی از هر لایسیمتر سه بوته انتخاب و عملکرد و برخی از اجزاء عملکرد آن اندازه‌گیری شـدند. در نهایت نتایج کیفی زه‌آب به‌د ست آمده از مطالعه با ا ستفاده از نرم افزار SAS و طرح آزمای شی Repeated measure (به دلیل برر سی تیمارها ن سبت به یکدیگر و زمان) مورد تجزیه آماری قرار گرفت. همچنین عملکرد گیاه برنج به لحاظ آماری بررسی شد.



شکل ۱. اطلاعات ایستگاه هواشناسی کشاورزی رشت در طول دوره مطالعه (۱۸ خرداد تا ۱۲ شهریور)

شکل ۲. نمای لایسیمتر و مخزن آب برای تنظیم آبیاری

جدول ۱. خصوصیات شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده در آزمایش

اسیدیته	کل جامدات محلول	هدایت الکتریکی	نسبت جذب سدیم	آمونیوم	نیترات	نیتریت	فسفات	کلسیم	منیزیم	سدیم
–	(mg/l)	(dS/m)	($meq/L^{0.5}$)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(meq/lit)	(meq/lit)	(meq/lit)
۷/۶۸	۳۰۲	۰/۴۷۳	۲/۶۳	۸/۴	۰/۶۳	۰/۱۸	۱/۶۹	۵	۰/۳	۴/۲۹

ویرایش نشده

جدول ۲. خصوصیات فزیکی خاک مورد استفاده در آزمایش

بافت خاک	رس	سیلت	شن	رطوبت اشباع	رطوبت ظرفیت زراعی	تخلخل	جرم مخصوص ظاهری
	(٪)	(٪)	(٪)	(٪)	(٪)	(٪)	(gr/cm³)
لومی رسی سیلتی	۲۶/۴	۶۷/۷	۵/۹	۶۴/۸۸	۴۲/۹۵	۴۴/۵	۱/۶۵

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس پارامترهای مختلف کیفیت زه‌آب در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری (۲۲ و ۲۶ تیرماه و ۱۳ شهریور) در جدول (۳) آمده است. از آنجا که در ۳ و ۱۰ مرداد ماه زهکشی میان‌فصل در تیمارهای مختلف انجام شده است، اثر آن نیز علاوه بر مدیریت کود بر پارامترهای کیفی زه‌آب در قبل و بعد از زهکشی میان‌فصل در تجزیه آماری مورد توجه قرار گرفته است. ضریب تغییرات بالا در برخی از پارامترهای کیفی تاییدی بر تغییرات زیاد آن‌ها نسبت به زمان و تاثیرپذیری از مقدار و نوع رس خاک (ایجاد درز و ترک و فرسایش خاک)، زمان اعمال کود نیتروژن، زمان و مدت زهکشی میان‌فصل و جذب املاح توسط گیاه در مراحل مختلف رشد است.

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس پارامترهای کیفی زه‌آب در تیمارها و زمان‌های مختلف

منابع تغییرات (S.O.V.)	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)					
		اسیدیته	هدایت‌الکتریکی	آمونیوم	نیترات	نیتریت	کل جامدات معلق
تیمار (T)	۲	۰/۰۶۲۶ ns	۴/۱۷۵۹ns	۲۲۶۵/۴۳۶۶ns	۱۱۳/۰۴۲۴**	۰/۳۴۶۸ns	۱۵۸۴۵/۳۳*
خطا	۶	۰/۰۶۲۷	۵/۹۱۳۹	۱۱۹۷/۳۹۷۳	۳/۸۰۰۱	۰/۳۲۹۸	۲۲۴۱/۳۷
زمان (Time)	۲	۰/۰۷۷۹*	۱/۳۳۱۶ns	۲۷۳۰/۶۸۳۱**	۵/۲۱۲۴ns	۵/۴۰۱۱**	۳۴۳۷۴۵/۲۳**
Time×T	۴	۰/۰۹۵۷*	۱/۹۵۹۰ns	۴۵۱/۵۶۳۳*	۲۷/۱۵۷۹*	۲/۷۰۶۸**	۱۷۷۵۵/۲۱**
خطا	۱۲	۰/۰۱۸۵	۱/۰۱۰۴	۱۱۷/۳۷۶۵	۷/۵۱۴۵	۰/۰۲۳۳	۲۴۱۲/۷۱
ضریب تغییرات (CV%)	–	۳/۲	۳۸/۵	۴۰/۷	۴۳/۹	۵۰/۳	۴۰/۶

ادامه جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس پارامترهای کیفی زه‌آب در تیمارها و زمان‌های مختلف

منابع تغییرات	میانگین مربعات (MS)

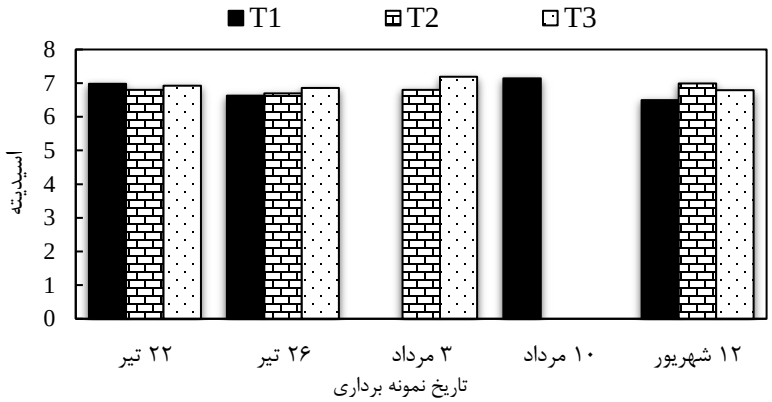
ویرایشی نشده

(S.O.V.)	درجه آزادی (df)	کلسیم	منیزیم	سدیم	نسبت جذب سدیم	کلراید	فسفات	سولفات
تیمار (T)	۲	۱۲۰/۳۲۲۵ns	۴۱/۵۸۲۵ns	۶/۰۲۳۱ns	۰/۱۳۰۳ns	۳۹۲/۹۸۹۴ns	۵۳۵/۲۷۸۷*	۰/۰۸۲۸ns
خطا	۶	۱۴۱/۰۹۷۴	۷۱/۷۲۹۶	۱۰/۴۷۴۳	۰/۲۷۳۴	۸۶ ۲۱۵۵۱/۵۸۴۹	۸۸/۹۸۹۰	۰/۰۷۹۴
زمان (Time)	۲	۸۱/۵۸۹۲*	۳۰/۱۸۹۲ns	۱/۶۱۴۱ns	۰/۵۱۰۸ns	۱۰۵/۴۱۸۳ns	۷۱۴/۹۳۱۱**	۰/۴۶۱۵*
Time×T	۴	۲۳/۵۶۳۱ns	۱۳/۵۸۹۸ns	۵/۱۰۳۳ns	۰/۲۹۹۱ns	۳۲ ۱۱۶/۱۶۰۵ns	۱۱۲/۳۳۰۲*	۰/۰۹۵۷ns
خطا	۱۲	۱۶/۷۱۱۸	۳۶/۲۶۴۶	۱/۹۵۰۷	۰/۱۷۰۷	۶۳ ۱۲۹۴۵/۳۶۹۴	۳۱/۸۷۸۵	۰/۰۶۰۱
ضریب تغییرات (CV%)	–	۳۸/۱	۵۹/۶	۳۵/۱	۳۰/۶	۴۳/۶	۷۴/۴	۱۱۰/۶

** و * معنی‌دار به‌ترتیب در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد و ns معنی‌دار نیست.

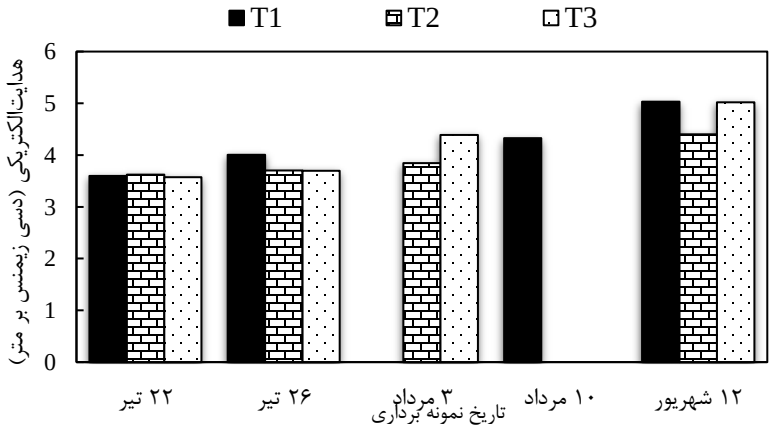
مقادیر اسیدیته زه‌آب تیمارهای مورد بررسی در شکل (۳) نشان داده شده است. تغییرات اسیدیته برای هر تیمار روندی نوسانی با گذ شت زمان در دوره‌های نمونه‌برداری ن شان داد. بیش‌ترین مقدار ا سیدیته در تاریخ ۳ مرداد در تیمار T_3 با مقدار ۷/۱۹ و کم‌ترین مقدار آن ۶/۴۹ در تاریخ ۱۲ شهریور در تیمار T_1 بود که با پژوهش شهدی کومله و همکاران (۱۳۹۱) مبنی بر تثبیت ا سیدیته محلول خاک بین ۶/۵ تا ۷ چند هفته پس از غرقاب شدن، تطابق دا شت. میانگین ا سیدیته در دوره ر شد در تیمارهای T_1 و T_2 تقریبا برابر و در تیمار T_3 بیش‌تر از دو تیمار دیگر بود. نتایج تجزیه آماری نشـان از اختلاف معنی‌دار در سـطح پنج درصـد در زمان و در اثر متقابل زمان و تیمار داشت. بنابراین زمان اعمال کود و زهکشی بر میزان اسیدیته خاک و زه‌آب تاثیر دارد به طوری که مقایسه اسیدیته قبل از زهکشی میان و پایان‌فصل نشان داد که تیمار T_2 دارای رفتار متفاوت از دو تیمار T_1 و T_3 داشت. به‌طور متوسط مقدار ا سیدیته زه آب در اکثر دوره‌های نمونه‌برداری تیمارهای آزمایش ا سیدی بود ولی در تاریخ ۳ و ۱۰ مرداد (زهک شی میان‌ف صل) به‌ترتیب در تیمار T_3 و T_1 به سمت قلیائیت پیش رفت. دینگ و همکاران (۲۰۱۹) با شـبیه‌سـازی اسـیدیته تیمارهای غرقابی و زهکشـی در اراضـی شالیزاری نشان دادند که در شرایط غرقابی، در خاک‌های با اسیدیته بیشتر از ۶/۵ در ابتدا وضعیت خاک به سمت اسیدی شدن تمایل پیدا می‌کند و سپس به مقدار حدود ۷ افزایش می‌یابد. این در حالی است که در شرایط زهکشی، اسیدیته خاک‌های اسیدی با کاهش رطوبت خاک، کاهش و در خاک‌های خنثی و یا قلیایی، افزایش می‌یابد (Ding et al., 2019). در تاریخ ۱۲ شهریور (پس از زهک شی پایان‌فصل) بازه تغییرات اسیدیته هر تیمار به‌ترتیب از ۶/۴۹ تا ۶/۷۹ در نوسان بود و در T_1 و T_3 اسیدیته روند کاهشی داشت که دلیل آن علاوه‌بر دلایل ذکر شده در پژوهش دینگ و همکاران (۲۰۱۹) می‌تواند نا شی از افزایش یون H^+ متنا سب با افزایش دما (حداکثر دما در ۱۲ شهریور روی داده است (شکل ۲) باشد که متعاقب آن مقدار اسیدیته کاهش می‌یابد.

ویراستار



شکل ۳. مقادیراسیدیته زه‌آب در تیمارهای مورد بررسی

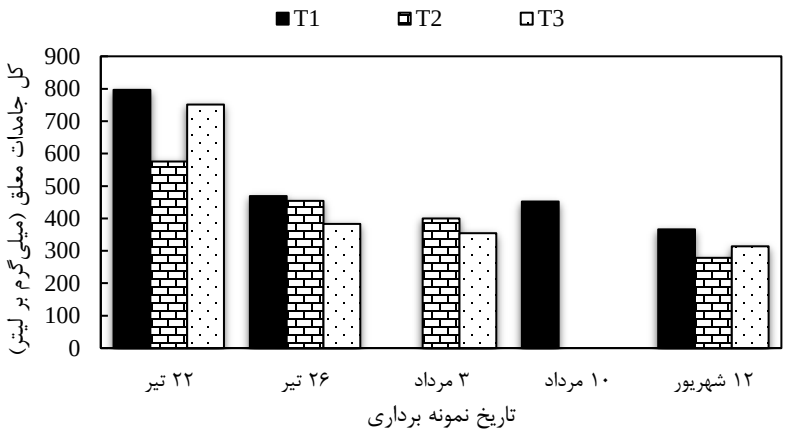
روند تغییرات هدایت‌الکتریکی زه‌آب در شکل(۴) نشان داده شده است. نتایج تجزیه آماری نشان از عدم معنی‌داری در تیمارها و همچنین نسبت به زمان داشت. میانگین هدایت‌الکتریکی در دوره رشد در تیمار T_2 و T_3 به ترتیب ۴۶ و ۷۳ درصد نسبت به تیمار T_1 کمتر به دست آمد. بنابراین اعمال کود نیتروژن و سپس زهکشی، منجر به بیش‌تر شدن هدایت‌الکتریکی زه‌آب نسبت به اعمال زهکشی و سپس کوددهی شد. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار هدایت‌الکتریکی در زهکشی پایان‌فصل و ۲۲ تیرماه (ابتدای دوره رشد) به‌ترتیب در تیمار T_1 (۵/۰۳ دسی زیمنس بر متر) و T_3 (۳/۵۸ دسی زیمنس بر متر) مشاهده شد. هدایت‌الکتریکی زه‌آب در زهکشی پایان‌فصل نسبت به ابتدای آزمایش به میزان ۳۹/۷، ۲۱/۵ و ۱۰/۶ درصد به ترتیب در تیمارهای T_1، T_2 و T_3 افزایش داشت. هدایت‌الکتریکی قبل و بعد از زهکشی میان‌فصل به ترتیب ۱۶/۲ و ۱۴/۴ درصد در تیمارهای T_1 و T_2 افزایش و در تیمار T_3، ۱۹ درصد کاهش نشان داد. بنابراین اعمال کود نیتروژن پس از ده روز زهکشی، در کاهش هدایت‌الکتریکی زه‌آب موثرتر از دو تیمار دیگر است که این مسئله در کاهش آلودگی محیط‌زیستی زه‌آب اهمیت دارد. دلیل افزایش هدایت‌الکتریکی با گذشت زمان، افزایش آبشویی بیش‌تر املاح از خاک و انتقال آن به سمت لایه‌های پایینی است که با مطالعات محمدپور و نوابیان (۱۳۹۸) تطابق دارد.



شکل ۴. روند تغییرات هدایت‌الکتریکی زه‌آب در تیمارهای مورد بررسی

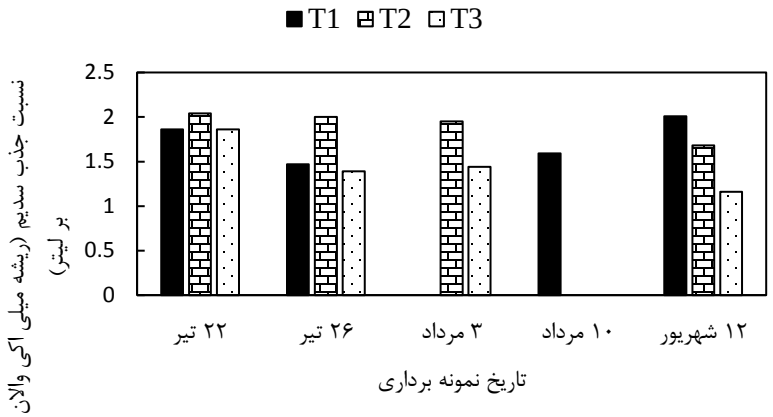
روند تغییرات میانگین کل جامدات معلق (TSS)، نسبت به تیمارها در شکل (۵) نشان داده شده است. با توجه به نمودار بیش‌ترین مقدار TSS، ۷۹۷ میلی‌گرم بر لیتر در تیمار T_1 در زمان زهکشی میان‌فصل (۲۲ تیر) و کم‌ترین مقدار آن ۲۷۸ میلی‌گرم بر لیتر در تیمار T_2 در زهکشی پایان‌فصل (۱۲ شهریور) بود. نتایج تجزیه آماری نشان از معنی‌داری مقادیر کل جامدات معلق در تیمارها و نسبت

به زمان دا شت. مقدار TSS برای تیمارهای T_1 و T_2 و T_3 در زهکشـی پایان‌فصـل به‌ترتیب ۳۶۶ و ۲۷۸ و ۴۲۰ میلی‌گرم بر لیتر به د ست آمد که نسبت به ابتدای دوره ر شد (۲۲ تیر) ۵۴، ۵۳ و ۴۴ در صد کاهش نشان داد. نتایج نشان داد که زهکشی میان‌فصل به مدت ۷ روز، کاهش ۱۹ و ۳۰ در صدی را در کل جامدات معلق به همراه دا شت اما افزایش مدت زهک شی از ۷ به ۱۰ روز منجر به افزایش ۱۸ در صدی کل جامدات معلق زه‌آب شد. خشـک شـدن خاک در پی زهکشـی و ایجاد درز و ترک‌های و به تبع آن جریان ترجیحی بیش‌تر در آن‌ها در خاک‌های چسـبنده و یا فرسـایش ذرات خاک غیر چسـبنده در درز و ترک‌های ایجاد شـده، می‌توانند بر کاهش یا افزایش جامدات معلق زه‌آب نقش داشته باشند. در تیمار T_3 اگرچه کاهش کل جامدات معلق نسبت به ابتدای دوره آزمایش روی داد اما میزان کاهش نسبت به دو تیمار دیگر کمتر بود و به نظر می‌رسد دوره زهکشی میان‌فصل ۱۰ روزه، پتانسیل خروج ذرات خاک را افزایش می‌دهد. نتایج مشاهدات حسین‌زاده و همکاران (۱۳۹۴) نیز نشان داد مقدار کل جامدات معلق زه‌آب در ابتدای آزمایش زیاد و با گذشت زمان کاهش یافت.



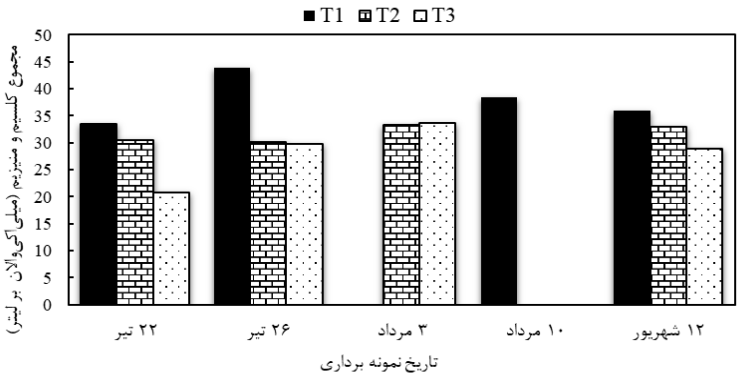
شکل ۵. روند تغییرات کل جامدات معلق زه‌آب نسبت به تیمارهای مورد بررسی

در شکل (۶) مقادیر نسبت جذب سدیم (SAR) زه‌آب خروجی نشان داده شده ا ست. نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان نسبت جذب سدیم در تیمار T_2 بود. مقدار SAR در تیمارها در زهک شی میان‌ف صل ن سبت به قبل از میان‌ف صل کم‌تر بود. در تاریخ ۲۲ تیر نسبت به ۲۶ تیر در همه تیمارها روند کاهشی با گذشت زمان مشاهده شد. میانگین مقادیر SAR در دوره زهکشی میان‌فصل بیش‌تر از میانگین مقادیر آن در پایان‌فصل بود. به‌طورکلی، مقادیر SAR در زهکشی پایان‌فصل در تیمار T_1، ۸ درصد کاهش و در تیمارهای T_2 و T_3 به میزان ۱۷ و ۳۷ درصد افزایش نسبت به ابتدای دوره رشد داشت. با مقایسه زهکشی میان و پایان‌فصل، ۲۶ درصد کاهش برای تیمار T_1 و افزایش ۱۴ و ۱۹ در صد برای تیمارهای T_2 و T_3 به د ست آمد. بنابراین اعمال کود نیتروژن قبل از زهک شی منجر به کاهش SAR در زه‌آب زهکشی میان و پایان‌فصل شد این در حالی ا ست که اعمال کود نیتروژن بعد از زهکشی میان‌فصل می‌تواند همراه با افزایش SAR زه‌آب با شد. برای تعیین روند SAR، غلظت سدیم، مجموع کلسیم و منیزیم جداگانه برر سی و در شکل (۷) و (۸) آورده شده است. همانطور که در شکل‌ها مشخص است، مقادیر مجموع کلسیم و منیزیم در تیمارهای مورد بررسی بین ۱ تا ۱۴ درصد کاهش میان زهکشی میان و پایان‌فصل نشان داد. در حالی‌که غلظت سدیم در تیمارهای T_1، T_2 و T_3 درزهکشی پایان‌فصل نسبت به میان‌فصل به‌ترتیب ۲۲ درصد افزایش و ۱۴ و ۲۵ درصد کاهش نسبت به ابتدای دوره رشد داشت. بنابراین تیمارهای اعمال شده بر روی غلظت سدیم اثرگذارتر نسبت به مجموع کلسیم و منیزیم بودند و در نهایت اعمال کود و سپس زهکشی میان‌فصل منجر به افزایش سدیم زه‌آب و درنتیجه بیشتر شدن SAR شد. نسبت جذب سدیم زه‌آب در مقایسه با مقدار نسبت جذب سدیم آب آبیاری (جدول ۱) کم‌تر به دست آمد. محمدپور و نوابیان (۱۳۹۸) دلیل کم‌تر بودن SAR زه‌آب نسبت به آب آبیاری را به فرآیند جذب عناصر تاثیرگذار بر نسبت جذب سدیم (کلسیم، منیزیم و سدیم) در پروفیل خاک نسبت دادند.



شکل ۶. روند تغییرات نسبت جذب سدیم زه‌آب در تیمارهای مورد بررسی

شکل ۷. روند تغییرات غلظت سدیم زه‌آب در تیمارهای مورد بررسی



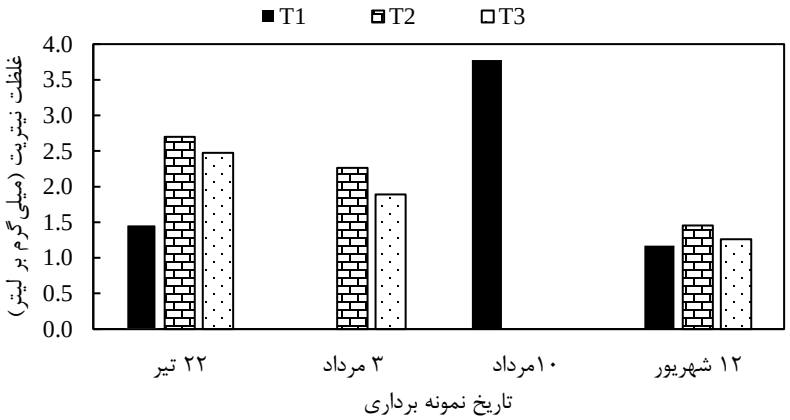
شکل ۸. روند تغییرات کلسیم و منیزیم زه‌آب در تیمارهای مورد بررسی

روند تغییرات غلظت آمونیوم در شکل (۹) نشان داده شده است. نتایج تجزیه آماری نشان از اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد در زمان و پنج درصد در اثر متقابل زمان و تیمارها داشت. بیش‌ترین مقدار آمونیوم در تاریخ ۳ مرداد در تیمار T_2 با مقدار ۱۱۵/۳۷ و کم‌ترین مقدار آن حدود ۳۸ میلی‌گرم بر لیتر در تاریخ ۱۲ شهریور در تیمار T_3 بود. نتایج ن شان داد که روند تغییرات آمونیوم تا قبل از

زهک شی میان‌ف صل، صعودی بود اما پس از زهک شی میان‌ف صل، در تیمار T_1، ۲۳ در صد و در دو تیمار T_2 و T_3 به طور متو سط ۵۴ در صد کاهش ن شان داد. بنابراین در دو تیمار T_2 و T_3 آمونیوم کمتری از خاک خارج شده ا ست که می‌تواند احتمال کارایی م صرف نیتروژن را افزایش دهد. دلیل کاهش مقدار آمونیوم بعد از زهک‌شی میان‌فصل می‌تواند ایجاد شرایط هوازی و متعاقب آن افزایش نرخ نیترات‌زایی (تبدیل آمونیوم به نیتریت و سپس نیترات) با شد. همچنین آمونیوم به طور فعال تو سط ری شه گیاه برنج جذب می شود. ن سبت به ابتدای دوره ر شد در زهک شی پایان‌ف صل، مقدار آمونیوم در تیمارهای T_2 و T_3 به‌ترتیب ۲۴/۸ و ۳۷/۲ در صد کاهش و در تیمار T_1، ۳۷/۲ در صد افزایش ن شان داد. بنابراین این نکته که ورود هوا به داخل خاک بعد از اعمال کود نیتروژن با شد، می‌تواند در روند نیترات‌زایی اثر بیش‌تری داشته باشد. میانگین میزان آمونیوم در کل دوره رشد در تیمار T_1 بیش‌ترین و در تیمار T_3 کم‌ترین بود. به‌دلیل بار مثبت آمونیوم و جذب آن به ذرات رس خاک، فرآیند انتقال آمونیوم به لایه‌های پایینی کند ا ست و از این رو گذ شت زمان و تبادل یونی می‌تواند عامل ح ضور آمونیوم در زه‌آب با شد. با توجه به اینکه در تیمار T_3 ابتدا زهک شی و سپس کوددهی انجام شد، فرصت کمتری نسبت به تیمار T1 برای آبشویی آمونیوم ایجاد شد. از سوی دیگر افزایش ورود اکسیژن به دلیل مدت بیشتر زهکشی منجر به افزایش نیترات‌زایی شده است که تیمار T3 را به عنوان گزینه مطلوب‌تری به لحاظ زیست‌محیطی و کارآیی مصرف نیتروژن می‌تواند توصیه کرد.

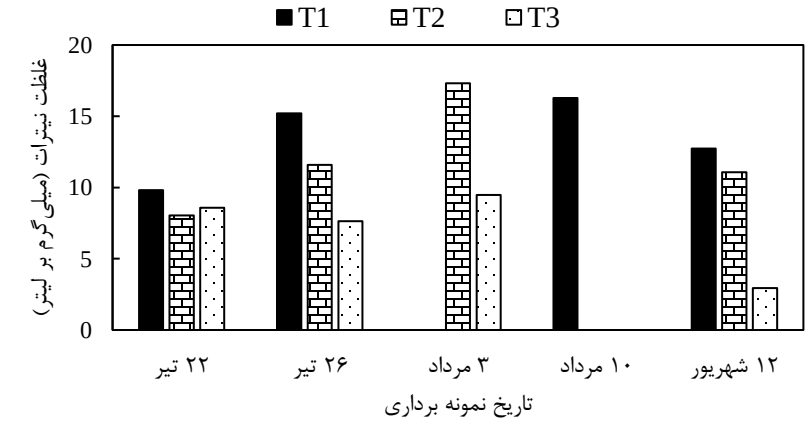
شکل ۹. روند تغییرات غلظت آمونیوم زه‌آب در تیمارهای مورد بررسی

تغییرات میانگین غلظت نیتریت در شکل (۱۰) نشان داده شده است. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار نیتریت در T_1 به ترتیب در تاریخ ۱۰ مرداد با مقدار ۳/۷۸ میلی‌گرم بر لیتر و تاریخ ۱۲ شهریور با مقدار حدود ۱/۱۷ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد. نتایج تجزیه آماری اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد در زمان و اثر متقابل زمان و تیمارها نشان داد. میانگین غلظت نیتریت در زهکشی پایان‌فصل در هر سه تیمار T_1، T_2 و T_3 نسبت به میان‌فصل به ترتیب ۶۵، ۳۶ و ۳۳ درصد و نسبت به ابتدای دوره رشد به ترتیب ۲۰، ۴۶ و ۴۹ درصد کاهش نشان داد. روند تغییرات تیمارها نسبت به زمان یک روند نزولی بود به‌طوری که در هر سه تیمار در زهکشی پایان‌فصل کم‌ترین میزان نیتریت مشاهده شد. تیمار T_1 در زمان زهکشی میان‌فصل از این روند پیروی نکرد و بیش‌ترین میزان نیتریت را در کل تیمارها داشت که این افزایش غلظت نشان از تاثیر کوددهی قبل از زهکشی و ورود اکسیژن به داخل خاک دارد.



شکل ۱۰. تغییرات غلظت نیتریت زه‌آب در تیمارهای مورد بررسی

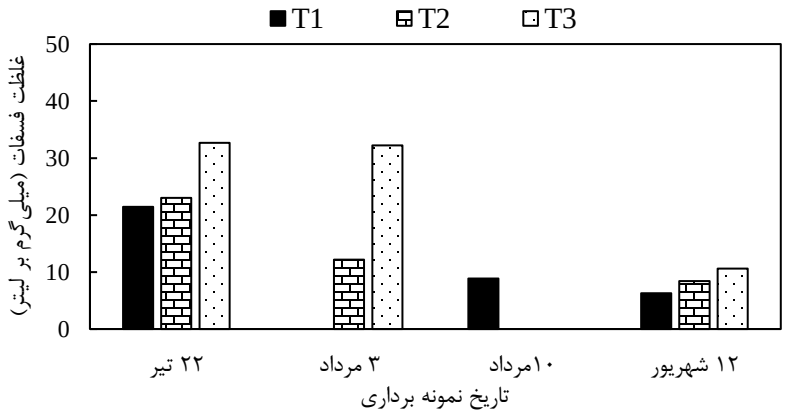
در شکل (۱۱) میانگین غلظت نیترات زه‌آب نشان داده شده است. بیش‌ترین میانگین غلظت نیترات در زمان زهکشی میان‌فصل (۳ مرداد) به میزان ۱۷/۳۲ میلی‌گرم بر لیتر در T_2 و کم‌ترین آن در انتهای دوره رشد (۱۲ شهریور) به میزان ۲/۹۴ میلی‌گرم بر لیتر در T_3 مشاهده شد. نتایج تجزیه آماری اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد در اثر متقابل زمان و تیمارها نشان داد. میانگین غلظت نیترات در زهکشی پایان‌فصل در هر سه تیمار T_1، T_2 و T_3 نسبت به زهکشی میان‌فصل به ترتیب ۲۲، ۳۶ و ۶۹ در صد کم‌تر به دست آمد. بنابراین اعمال کود نیتروژن بعد از زهکشی میان‌فصل می‌تواند در کاهش نیترات زه‌آب در پایان‌فصل موثر باشد. مقایسه تیمارهای T2 و T3 نشان می‌دهد که افزایش سه روز در طول مدت زهکشی می‌تواند باعث کاهش ۴۸ درصدی بیش‌تری در نیترات زه‌آب شود. زارع ابیانه و همکاران (۱۳۹۰) یکی از دلایل روند کاهشی غلظت نیترات را به اشباع بودن خاک اراضی شالیزاری و وجود ریزجانداران بی‌هوازی که باعث تغییر فرم نیترات به نیتروژن آزاد طی فرایند نیترات‌زدایی می‌شوند، نسبت دادند. علاوه‌براین به نظر می‌رسد که وجود اکسیژن در خاک قبل از اعمال کود، می‌تواند در تولید نیترات در خاک و البته جذب آن توسط گیاه موثرتر باشد زیرا نیترات صرفاً در حضور اکسیژن قابل جذب توسط گیاه برنج است.



شکل ۱۱. تغییرات غلظت نیترات زه‌آب در تیمارهای مورد بررسی

میانگین غلظت فسفات در شکل (۱۲) نشان داده شده است. بیش‌ترین میزان فسفات در ابتدای دوره رشد (۲۲ تیر) به میزان ۴۲/۰۶ میلی‌گرم بر لیتر در T_3 و کم‌ترین آن در زهکشی پایان‌فصل به میزان ۶/۲۷ میلی‌گرم بر لیتر در T_1 مشاهده شد. نتایج تجزیه آماری اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد برای زمان و پنج درصد در اثر متقابل زمان و تیمارها نشان داد. میانگین غلظت فسفات

در زهکشی پایان‌فصل در هر سه تیمار T_1، T_2 و T_3 نسبت به میان‌فصل به‌ترتیب ۲۹، ۳۱ و ۶۷ درصد کاهش داشت. بنابراین کوددهی نیتروژن پس از زهکشی میان‌فصل در شرایطی که مدت زهکشی ده روز باشد، بیش‌ترین تاثیر را بر کاهش فسفات زه‌آب را داشت. کاهش بیشتر فسفات در تیمار T_3 را می‌توان به ایجاد ترک‌های بیش‌تر در خاک نسبت داد به طوری‌که با عبور زه‌آب از منافذ درشت‌تر خاک، فسفات‌های متصل به ذرات رس خاک کمتر در معرض آبشویی قرار می‌گیرد. مطالعه درزی نفت‌چالی و همکاران (۱۳۹۱) نشان از کاهش میزان غلظت فسفات در زمان پایان‌فصل نسبت به میان‌فصل داشت که دلیل آن را به موجودیت کم‌تر فسفر در پایان‌فصل و افزایش غلظت فسفر زه‌آب در زهکشی میان‌فصل را به اثر بارندگی و ترک‌های ایجاد شده در خاک مرتبط دانستند.

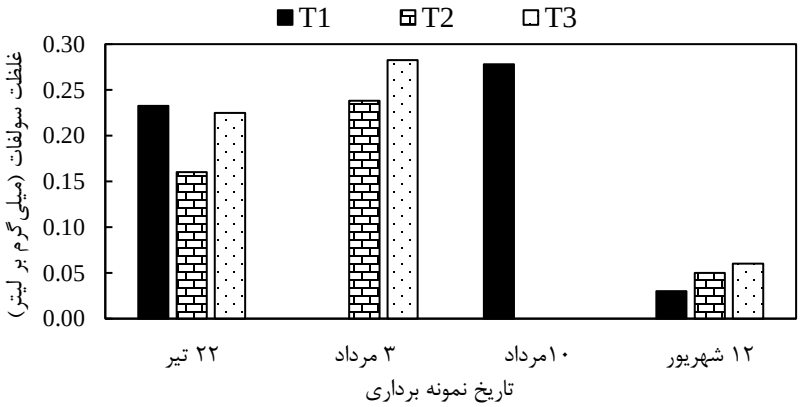


شکل ۱۲. تغییرات غلظت فسفات زه‌آب نسبت به تیمارهای مورد بررسی

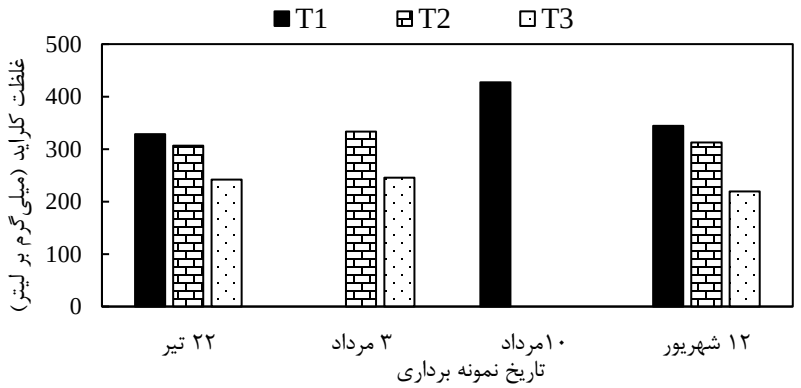
نتایج میانگین غلظت سولفات زه‌آب در شکل (۱۳) نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود بیش‌ترین میزان غلظت سولفات مربوط به زمان زهکشی میان‌فصل در دو تیمار T_1 و T_3 با مقدار ۰/۲۸ میلی‌گرم بر لیتر در ۱۰ و ۳ مرداد و همچنین کم‌ترین آن با مقدار ۰/۰۳ میلی‌گرم بر لیتر مربوط به تیمار T_2 در زهکشی پایان‌فصل بود. نتایج تجزیه آماری نشان داد که فقط اثر زمان بر روی سولفات زه‌آب در سطح احتمال پنج در صد معنی‌دار بود. غلظت سولفات در زمان زهکشی میان‌فصل در تمام تیمارها بیش‌ترین و در انتهای دوره رشد کم‌ترین مقدار را داشت. بنابراین غلظت سولفات در زه‌آب صرف نظر از زمان کوددهی و زهکشی به مرحله رشد گیاه بستگی دارد. میانگین غلظت سولفات در زهکشی پایان‌فصل در هر سه تیمار T_1، T_2 و T_3 نسبت به زهکشی میان فصل به‌ترتیب ۸۸، ۷۹ و ۷۷ درصد کم‌تر به دست آمد. بنابراین اعمال کود نیتروژن و سپس زهکشی میان‌فصل در کاهش سولفات زه‌آب در زهکشی پایان‌فصل موثرتر از دو تیمار دیگر بود. نتایج مشاهدات جعفری تلوکلایی و همکاران (۱۳۹۳) نشان داد مقدار سولفات زه‌آب زهکش‌های مختلف در زمان زهکشی پایان‌فصل کم‌تر از مقادیر آن در زمان زهکشی میان‌فصل بود که دلیل آن را به مصرف کود اوره در ابتدای فصل کشت برنج که باعث حلالیت بیش‌تر سدیم و افزایش میزان سولفات زه‌آب در میان‌فصل شد، نسبت دادند.

در شکل (۱۴) میانگین غلظت کلراید نشان داده شده است. بیش‌ترین میزان کلراید در زمان زهکشی میان‌فصل به میزان ۴۲۷ میلی‌گرم بر لیتر در تیمار T_1 و کم‌ترین آن در زهکشی پایان‌فصل به میزان ۲۱۹/۵ میلی‌گرم بر لیتر در T_3 مشاهده شد. نتایج تجزیه آماری نشان داد که زمان و تیمارها تفاوت معنی‌داری بر غلظت کلراید در زه‌آب نداشتند. مقادیر غلظت کلراید در زهکشی پایان‌فصل در دو تیمار T_1، T_2 و T_3 به‌ترتیب ۵، ۲ و ۷ درصد افزایش نسبت به ابتدای دوره داشت. کلراید به دلیل بار منفی و حلالیت بالا، قابلیت آبشویی زیادی در خاک دارد. با توجه به نتایج اعمال کوددهی پس از زهکشی میان‌فصل و زهکشی به مدت بیشتر، پتانسیل بیشتری

برای خروج کلراید از خاک دارد هر چند تفاوت این تیمار با دو تیمار دیگر محسوس نبود. جعفری تلوکلایی و همکاران (۱۳۹۳) نیز افزایش غلظت کلراید زه‌آب در میان‌فصل را به وجود کلر و سولفات در داخل کود اوره پس از کوددهی نسبت دادند.



شکل ۱۳. تغییرات غلظت سولفات زه‌آب در تیمارهای مورد بررسی



شکل ۱۴. تغییرات غلظت کلراید زه‌آب در تیمارهای مورد بررسی

نتایج تجزیه واریانس عملکرد و برخی اجزاء عملکرد گیاه برنج در تیمارهای مورد بررسی در جدول (۴) و نتیجه مقایسه میانگین‌ها در جدول (۵) آمده است. مطابق با نتایج تفاوت عملکرد در ارتفاع بوته و وزن هزار دانه در سطح یک درصد و در صد باروری پنجه و شاخص برداشت در سطح اطمینان پنج درصد معنی‌دار بودند اما در خصوص طول خوشه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که به غیر از شاخص ارتفاع بوته، بهترین عملکرد در تیمار T_2 (زهکشی به مدت ۷ روز و سپس اعمال کود اوره در مرحله پنجه‌زنی) به دست آمد. تقی‌زاده و همکاران (۱۳۸۷) نشان دادند که در دور آبیاری ۵ و ۱۰ روز، بیشترین عملکرد بیولوژیک برنج رقم هاشمی در میزان مصرف کود ۶۰ کیلوگرم بر هکتار در مقایسه با صفر و ۹۰ کیلوگرم بر هکتار بود. همچنین آن‌ها گزارش کردند که بیشترین پنجه بارور در دوره تناوب ۵ روز با مصرف کود نیتروژن ۶۰ کیلوگرم بر هکتار و بالاترین کارایی مصرف نیتروژن به ترتیب در دوره‌های تناوب آبیاری ۱۰، ۱۵و ۵ روز در تیمار کودی ۶۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. بنابراین مانند نتایج پژوهش حاضر، مدت زمان هوازی شدن پروفیل خاک می‌تواند بر مصرف نیتروژن و اثرگذاری آن بر رشد گیاه موثر باشد. بیشتر بودن ارتفاع بوته برنج در تیمار T_3 (زهکشی به مدت ۱۰ روز و سپس اعمال کود اوره) می‌تواند ناشی از کارایی بیشتر مصرف نیتروژن و تاثیر آن بر روند رویشی گیاه باشد زیرا در این تیمار مطابق با شکل‌های (۹) و (۱۱) کمترین مقادیر آمونیوم و نیترات در زه‌آب پایان‌فصل مشاهده شد.

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس عملکرد و اجزاء عملکرد تیمارهای مورد بررسی

منابع تغییرات (S.O.V.)	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)					
		ارتفاع بوته	طول خوشه	درصد باروری پنجه	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	شاخص برداشت
تکرار	۲	ns۱/۹۴	ns۲۸/۹۸	ns۴۶/۳۲	ns۱/۶۳	ns۱۱۶۸۴/۴۳	ns۰/۲۶
تیمار (T)	۳	**۲۹/۴۶	ns۳۶/۱۷	**۱۵۱/۳۴	**۸/۷۸	۱۵۳۳۳۶۰/۲۱*	*۲۴۴/۴۲
خطا	۶	۰/۹۸	۳۹/۳۰	۲۸/۸۰	۱/۰۷	۱۱۷۳۰/۲۳	۰/۲۷
ضریب تغییرات (CV%)	–	۲/۶۲	۲۳/۰۸	۱۳/۱۸	۱۵//۱۷	۲۹/۷۲	۲۹/۷۹

** و * معنی‌دار به‌ترتیب در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد و ns معنی‌دار نیست.

جدول ۵. مقایسه میانگین عملکرد و اجزاء عمکلرد محصول برنج در تیمارهای مورد بررسی

تیمار	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	طول خوشه (سانتی‌متر)	درصد باروری پنجه	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار)	شاخص برداشت (درصد)
T_0	۱۱۳/۰c	۲۵/۷a	۵۵/۵b	۱۰/۵b	۲۳۵۲/۶b	۲۶/۴c
T_1	۱۱۰/۵d	۲۴/۱a	۶۶/۷a	۱۰/۶b	۱۲۵۸/۱c	۲۴/۲d
T_2	۱۱۵/۵b	۳۱/۱a	۶۹/۵a	۱۴/۳a	۲۹۹۵/۴a	۴۳/۱a
T_3	۱۱۷/۷a	۲۶/۳a	۷۲/۲a	۱۳/۱ab	۲۳۱۲/۶b	۳۷/۴b

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر به‌منظور بررسی اثر زمان اعمال کود و زهکشی بر کیفیت زه‌آب اراضی شالیزاری در مقیاس لایسیمتری انجام شد. مقایسه اسیدیته زه‌آب قبل از زهکشی میان و پایان‌فصل نشان داد که زمان اعمال کود و زهکشی بر میزان اسیدیته زه‌آب تاثیر دارد به‌طوری که تیمار T_2 دارای رفتار متفاوت از T_1 و T_3 بود. میانگین هدایت‌الکتریکی در دوره ر شد در تیمار T_2 و T_3 به‌ترتیب ۴۶ و ۷۳ در صد نسبت به T_1 کاهش نشان داد. بنابراین اعمال کود نیتروژن و سپس زهکشی، باعث افزایش هدایت‌الکتریکی زه‌آب نسبت به اعمال زهک شی و سپس کوددهی شد. در تیمار T_3 که مدت زهک شی بیش‌تر از دو تیمار دیگر بود، از میزان جامدات معلق در زه‌آب کمتر از دو تیمار دیگر کاسته شد. اعمال کود نیتروژن قبل از زهکشی منجر به کاهش SAR در زه‌آب میان و پایان‌فصل و اعمال آن پس از زهکشی میان‌فصل همراه با افزایش SAR زه‌آب است. تیمارهای اعمال شده بر روی غلظت سدیم نسبت به مجموع کلسیم و منیزیم اثرگذارتر بودند و اعمال کود و سپس زهکشی میان‌فصل باعث افزایش سدیم زه‌آب و درنتیجه افزایش میزان SAR شد. نتایج نشان داد در دو تیمار T_2 و T_3 آمونیوم و نیترات کمتری از خاک خارج شد، پس اعمال زهکشی و سپس کوددهی گزینه مطلوب‌تری به لحاظ زی ست‌محیطی و کارآیی م صرف نیتروژن بود. میانگین غلظت نیتریت، نیترات، ف سفات و سولفات در زهک شی پایان‌ف صل

ویرایشگری نشده

نسبت به میان‌فصل کاهش نشان داد که دلیل کاهش نیترات اعمال کود نیتروژن پس از زهکشی میان‌فصل بود که منجر به کاهش غلظت نیترات در پایان‌فصل شد. در تیمار T_3 کوددهی نیتروژن پس از زهکشی میان‌فصل، بیش‌ترین تاثیر را بر کاهش فسفات زه‌آب دا شت. غلظت سولفات در زمان زهک شی میان‌ف صل در تمام تیمارها بیش‌ترین مقدار و در انتهای دوره ر شد به کم‌ترین مقدار ر سید. ا ستفاده از کود نیتروژن و پس از آن انجام زهک شی میان‌ف صل می‌تواند در بهبود کیفیت زه‌آب و کاهش سولفات در زمان زهک شی پایان‌ف صل موثرتر از تیمارهای دیگر با شد. اعمال کود پس از زهک شی میان‌ف صل در تیمار T_3، موجب ایجاد پتان سیل بی شتری برای خروج کلراید از خاک شد هر چند تفاوت این تیمار با دو تیمار دیگر محسوس نبود. نتایج تجزیه آماری نشان داد که زمان و تیمارها بر مقدار SAR و کلراید تفاوت معنی‌دار نداشتند. نتایج نشان داد تیمار T_3 (اعمال کود نیتروژن پس از زهکشی میان‌فصل) منجر به کاهش مقادیر هدایت‌الکتریکی، کل جامدات معلق، غلظت آمونیوم، نیتریت، نیترات، فسفات و کلراید زه‌آب و کاهش تبعات منفی محیط‌زیستی شد. با توجه به نتایج این پژوهش اعمال زهکشی میان‌فصل با تداوم ۱۰ روز و سپس کوددهی نیتروژن توصیه می‌شود. آنچه م سلم ا ست ت صمیم نهایی برای انتخاب گزینه بهتر به میزان حجم آب م صرفی برای ا شباع نمودن خاک پس از زهک شی نیز بستگی دارد. از این رو مطالعات بیشتری می‌بایست بر روی تداوم زهکشی و اثر آن بر کیفیت زه‌آب و بهره‌وری آب آبیاری انجام شود. بررسی عملکرد و اجزاء عملکرد نشان داد که تیمار T_2 گزینه بهتری است. از این رو در تصمیم نهایی می‌بایست خصوصیات شیمیایی اولیه خاک، مقدار کود نیتروژن و میزان محصول مورد هدف، مورد بررسی قرار گیرد تا بتوان بر روی مدت زمان بهینه زهکشی میان‌فصل اعلام نظر نمود.

منابع

جعفری تلوکلایی، مهدی؛ شاه‌نظری، علی؛ ضیاتبار احمدی، میرخالق، و درزی نفت چالی، عبدالله. (۱۳۹۳). بررسی کیفیت زه‌آب زهکش‌های زیرزمینی اراضی شالیزاری بر اساس پارامترهای طراحی. علوم مهندسی و آبیاری (مجله علمی کشاورزی)، ۳۷(۴)، ۱۱۹-۱۰۹.

چاکانی، پروین؛ پیرمرادیان، نادر؛ یزدانی، محمدرضا و نوابیان، مریم. (۱۳۹۴). ارزیابی عملکرد پوشش‌های مرکب آلی و معدنی دور زهکش در شرایط مشابه اراضی شالیزاری. تحقیقات آب و خاک ایران (علوم کشاورزی ایران)، ۴۶(۴)، ۷۱۴-۷۰۷.

حسین‌زاده، محمد؛ نوابیان، مریم و پیرمرادیان، نادر. (۱۳۹۴). اثر متقابل تداوم زهکشی و فاصله زهکش‌های زیرزمینی در زهکشی میان‌فصل بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج رقم هاشمی. تحقیقات آب و خاک ایران (علوم کشاورزی ایران)، ۴۶(۳)، ۵۰۸-۴۹۹.

درزی نفت‌چالی، عبدالله؛ میرلطیفی، سیدمجید؛ شاه نظری، علی، اجلالی، فرید و مهدیان، محمدحسین. (۱۳۹۱). تاثیر زهکشی سطحی و زیرزمینی بر تلفات فسفر از اراضی شالیزاری در فصل کشت برنج. مجله آبیاری و زهکشی ایران، ۶(۳)، ۲۲۵-۲۱۵.

زارع ابیانه، حمید؛ نوری، حدیثه؛ لیاقت، عبدالمجید؛ کریمی، ولی‌الله و نوری، حمیده. (۱۳۹۰). واسنجی آب‌شویی نیترات و نوسانات سطح ایستابی در زمین‌های شالیزاری با استفاده از نرم افزار DRAINMOD-N. علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، ۱۵(۵۷)، ۶۰-۴۹.

شهدی کومله، عباس؛ خانک شی پور، غلامر ضا؛ کاو سی، م سعود؛ ر ضوی پور، تیمور؛ فتحی دخت، حامد؛ علی ا سماعیلی، سیاوش و من شی‌زاده، عزیزالله. (۱۳۹۱). عناصر غذایی خاک و تغذیه گیاه برنج. موسسه تحقیقات برنج کشور. چاپ اول. ۹۶ صفحه.

صادقی‌لاری، عدنان؛ معاضد، هادی؛ ناصری، عبدعلی، لیاقت، عبدالمجید و جعفری، سیروس. (۱۳۹۲). کاهش جریان و تلفات نیترات با زهکشی کنترل‌شده در نواحی خشک و نیمه‌خشک ایران. علوم مهندسی و آبیاری (مجله علمی کشاورزی)، ۳۶(۳)، ۱۱۸-۱۰۹.

صدیق، پریا و افروس، علی. (۱۳۹۹). مطالعه لایسیمتری تاثیر مدیریت سطح ایستابی بر آبشویی نیترات، فسفات و شوری در زه‌آب در دزفول. تحقیقات آب و خاک ایران (علوم کشاورزی ایران)، ۵۱(۴)، ۱۰۰۱-۹۸۷.

محمدپور، فاطمه و نوابیان، مریم. (۱۳۹۸). اثر زهکشی زیرزمینی ترانشه‌دار بر کیفیت زه‌آب و انتقال املاح در خاک در زهکشی میان و پایان‌فصل برنج. مجله آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳(۴)، ۹۸۶-۹۷۳.

معماری، ناستیا؛ نوابیان، مریم؛ پیرمرادیان، نادر و اصفهانی، مسعود. (۱۳۹۷). ارزیابی عملکرد زهکش زیرزمینی بر رشد گیاه لوبیا محلی در اراضی شالیزاری با استفاده از مدل فیزیکی. تحقیقات آب و خاک ایران (علوم کشاورزی ایران)، ۴۹(۶)، ۱۲۵۵-۱۲۴۳.

موذنی، سیدمحمدرسول؛ نوابیان، مریم و اسمعیلی ورکی، مهدی. (۱۳۹۵). ارزیابی عملکرد زهکش زیرزمینی در مقیاس مدل فیزیکی کشت دوم در اراضی شالیزاری (مطالعه موردی: گیاه تریتیکاله). تحقیقات آب و خاک ایران (علوم کشاورزی ایران)، ۴۷(۲)، ۴۰۵-۳۹۷.

نا صرزاده، محمدحسین؛ علیجانی، بهلول و پایداری، مریم. (۱۳۹۹). تاثیر تغییر اقلیم بر و ضعیت عملکرد برنج در شهر ستان ر شت. علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، ۲۴(۲)، ۵۴-۴۱.

نوابیان، مریم؛ جلیل‌نژاد ماسوله، نرگس؛ اسمعیلی ورکی، مهدی و بیگلویی، محمدحسن. (۱۳۹۵). شبیه‌سازی چرخه نیتروژن در مدیریت‌های مختلف مدت زمان اعمال کود اراضی شالیزاری با استفاده از HYDRUS-1D. مجله آبیاری و زهکشی ایران، ۱۰(۶)، ۷۳۱-۷۲۳.

REFERENCES

Baird, R., Rice, E., & Eaton, A. (2017). Standard methods for the examination of water and wastewaters. Water Environment Federation, Chair Eugene W. Rice, American Public Health Association Andrew D. Eaton, American Water Works Association.

Chakani, P., Pirmoradian, N., Yazdani, M. R., & Navvabian, M. (2015). Interaction of Duration and Underground Drainage Distance in Mid-season Drainage on Yield and Yield Components of Rice, Hashemi Cultivar. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, *46*(4), 707-714. (In Persian)

Darzi-Naftchali, A., Mirlatifi, S.M., Shahnazari, A., Ejlali, F., & Mahdian, M. H. (2012). Influence of surface and subsurface drainage on phosphorus losses from paddy fields in rice season. *Iranian Journal of irrigation and drainage*, 6(3), 215-225. (In Persian)

Darzi-Naftchali, A., Ritzema, H., Karandish, F., Mokhtassi-Bidgoli, A., & Ghasemi-Nasr, M. (2017). Alternate wetting and drying for different subsurface drainage systems to improve paddy yield and water productivity in Iran. *Agricultural Water Management*, *193*, 221-231.

Darzi-Naftchali, A., & Shahnazari, A. (2014). Influence of subsurface drainage on the productivity of poorly drained paddy fields. European Journal of Agronomy, 56, 1-8.

Defra (2022), Water targets Detailed Evidence report, Available at: Department for Environment, Food and Rural Affairs.

Ding, C., Du, S., Ma, Y., Li, X., Zhang, T., & Wang, X. (2019). Changes in the pH of paddy soils after flooding and drainage: modeling and validation. *Geoderma*, *337*, 511-513.

Eastman, M., Gollamudi, A., Stämpfli, N., Madramootoo, C. A., & Sarangi, A. (2010). Comparative evaluation of phosphorus losses from subsurface and naturally drained agricultural fields in the Pike River watershed of Quebec, Canada. *Agricultural Water Management*, *97*(5), 596-604.

Gu, J., & Yang, J. (2022). Nitrogen (N) transformation in paddy rice field: Its effect on N uptake and relation to improved N management. Crop and Environment, 1(1), 7-14

Helmers, M., Christianson, R., Brenneman, G., Lockett, D., & Pederson, C. (2012). Water table, drainage, and yield response to drainage water management in southeast Iowa. *Journal of soil and Water Conservation*, *67*(6), 495-501.

Hosainzadeh, M., Navvabian, M., & Pirmoradian, N. (2015). Performance Evaluation of Organic and Mineral Development of Drainage Pipes, In Circumstances Similar to Those of Paddy Fields. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, *46*(3), 499-508. (In Persian)

Hua, L., Zhai, L., Liu, J., Guo, S., Li, W., Zhang, F., & Liu, H. (2019). Characteristics of nitrogen losses from a paddy irrigation-drainage unit system. Agriculture, Ecosystems & Environment, 285, 106629.

Jafari Talukolaee, M., Shahnazari, A., Ziatabar Ahmadi, M. K., & Darzi Naftchali, A. (2015). Investigation of Subsurface Drainage Water Quality in Paddy Fields Based on the Design Parameters. *Irrigation Sciences and Engineering*, 37(4), 109-119. (In Persian)

Kai, T., Kumano, M., & Tamaki, M. (2020). A study on rice growth and soil environments in paddy fields using different organic and chemical fertilizers. *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*, *9*(4), 331-342.

Li, C. (2007). Quantifying greenhouse gas emissions from soils: Scientific basis and modeling approach. *Soil Science and Plant Nutrition*, *53*(4), 344-352.

Liu, Q., Xu, H., & Yi, H. (2021). Impact of fertilizer on crop yield and C: N: P stoichiometry in arid and semi-arid soil. *International journal of environmental research and public health*, *18*(8), 4341.

Lu, J., Hu, T., Zhang, B., Wang, L., Yang, S., Fan, J., & Zhang, F. (2021). Nitrogen fertilizer management effects on soil nitrate leaching, grain yield and economic benefit of summer maize in Northwest China. *Agricultural Water Management*, *247*, 106739.

Memari, N., Navabian, M., Pirmoradian, N., & Esfahani, M. (2019). Evaluation of qualitative and technical performance of subsurface drainage in phaseolus vulgaris l. as a second crop of paddy fields (physical model scale). *Iranian Journal of Soil and Water Research*, *49*(6), 1243-1255. (In Persian)

Moazeni, S. M. R. Navabian, M. & Esmaeili Varaki, M. (2016). Evaluate of subsurface drainage performance at second crop of paddy field (Case study: Triticale in physical model scale). Iranian Journal of Soil and Water Research, 47(2), 397-405. (In Persian)

Mohamadpour, F., & Navabian, M. (2019). The effect of trenched subsurface drainage on the drain water quality and solute transport in Soil in mid and end season drainage of rice. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, *13*(4), 973-986. (In Persian)

Navabian, M., Jalilnejad Masoleh, N., Esmaeili Varaki, M., & Biglouei, M. H. (2017). Simulation of Nitrogen Cycle under Different Management of Remaining Duration of Fertilizer in Paddy Fields Using HYDRUS_1D. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, *10*(6), 723-731. (In Persian)

Nasserzadeh, M. H., Alijani, B., & Paydari, M. (2020). The Effect of Climate Change on the Yield of Rice in the Rasht County. *JWSS-Isfahan University of Technology*, *24*(2), 41-54. (In Persian)

Rahman, S. M., Kakuda, K. I., SaSaki, Y., & ANDo, H. (2013). Effect of mid-drainage on root physiological activities, N uptake and yield of rice in North East Japan. *Bull. Yamagata Univ. Agric. Sci*, *16*(4), 197-206.

SadeghiLari, A., Moazed, H., Naseri, A. A., Liaghat, A. M., & Jafari, S. (2013). Flow and Nitrate Losses Reduction using Controlled Drainage in the Arid and Semi-Arid Areas of Iran. *Irrigation Sciences and Engineering*, *36*(3), 109-118. (In Persian)

Sedigh, P., & Afrous, A. (2020). Lysimeter Study of Water Table Management Impact on Nitrates and Phosphates Leaching and Drainage Water Salinity in Dezful. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, *51*(4), 987-1001. (In Persian)

Shahdi Komleh, A., Khankshipour, G., Kaousi, M., Razavipour, T., Fathi Dokht, H., Ali Esmaili, S., & Manshizadeh, A. (2011). Soil nutrients and rice plant nutrition. National Rice Research Institute. First Edition. 96 pages. (In Persian)

Taghizadeh, M., Esfahani, M., Davatgar, N., & Madani, H. (2008). Effect of irrigation management and nitrogen fertilizer on yield and yield components of rice. *New Finding in Agricultue*, 2 (8): 353-364.

Yu, Y., Xu, J., Zhang, P., Meng, Y., & Xiong, Y. (2021). Controlled irrigation and drainage reduce rainfall runoff and nitrogen loss in paddy fields. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(7), 3348.

Zare-Abyaneh, H., Noori, H., Liaghat, A. M., Karimi, V., & Noory, H. (2011). Calibration of Nitrate Leaching and Water Table Fluctuation in Paddy Rice Field by DRAINMOD-N Software. *JWSS-Isfahan University of Technology*, *15*(57), 49-60. (In Persian)

The effect of simultaneous management of nitrogen fertilizer and subsurface drainage of rice cultivation on drainage water quality

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

One of the most important food products of Iran is rice. One strategy for water management during the rice growing season is mid-season drainage, which may be facilitated by subsurface drainage. Also, at the time of harvest, the water in the soil profile should be drained and subsurface drainage has a better performance than surface drainage in this regard. Mid-season and end-season drainage provides conditions for crop growth and affecting the qualitative and quantitative performance of rice and the possibility of mechanized harvesting, and as a result, removing toxic substances, provides the development of rice cultivation. The use of nitrogen fertilizer is one of the most important factors in rice production and plays a key role in its performance. Excessive nitrogen application poses a high risk of nitrate leaching below the root zone and environmental consequences, so nitrogen fertilizer management is important. Therefore, the aim of this research is the mutual effect of drainage and fertilization in the mid-season drainage of rice cultivation and its effect on drainage water.

Materials and Methods

To determine the simultaneous optimal management of nitrogen fertilizer and the time and duration of Mid and end season drainage, a study was conducted at the Faculty of Agriculture of Gilan University located in Rasht city. 9 lysimeters with a diameter and height of 25 and 50 cm, respectively, made of PVC were used for rice cultivation and experiments. To control the drain outlet, a valve was installed at the outlet of the lysimeter, and the lysimeters were aligned in an open but sheltered space to prevent the effect of possible rain on the drainage process. The lysimeters were filled with the soil of paddy fields with loamy texture. This experiment was conducted in three treatments: 1- application of N fertilizer and then drainage 7 days later for 7 days (T_1), 2- drainage for 7 days and then application of N fertilizer (T_2) and 3- drainage for 10 days and then application of N fertilizer (T_3) was done. Mid and end season drainage were carried out at the tillering stage and crop harvesting, respectively, and other times, flood irrigation method to a depth of 5cm was implemented. The parameters of drainage water including acidity (pH), electrical conductivity (EC), total suspended solids (TSS), sodium adsorption ratio (SAR) and the concentration of nitrate (NO_3^-), nitrite (NO_2^-), ammonium (NH_4^+), phosphate (PO_4^{3-}), sulfate (SO_4^{2-}) and chloride (Cl^-) were measured. Finally, the results obtained from the study were statistically analyzed using SAS software and repeated measure experimental design.

Results and Discussion

The comparison of pH before mid and end season drainage showed that T_2 had a different behavior than T_1 and T_3. The average electrical conductivity during the growth period in T_2 and T_3 decreased by 46 and 73%, respectively, compared to T_1. The trend of ammonium changes was upward before MSD, but after MSD, it decreased by 23% in T_1 and 54% on average in T_2 and T_3. The average concentration of nitrate in end season in T_1, T_2, and T_3 was 22, 36, and 69% lower, respectively, and phosphate was 29, 31, and 67% lower than in MSD. The results of statistical analysis showed that the effect of time and treatments on SAR and Cl^- was not significant. From the environmental pointof view, applying fertilizer after drainage for 10 days is a more appropriate option than the other two treatments. Stetstical analysis on yield and component yield show, T_2 is better option.

Conclusion

The results showed that T3 treatment led to a decrease in electrical conductivity, total suspended solids, concentration of ammonium, nitrite, nitrate, phosphate and chloride in the drain water and a decrease in negative environmental consequences. According to the results of this research, mid-season drainage for 10 days and then nitrogen fertilization is recommended. Also, T_2 product more yield than other tretments. The final decision to choose a better option also depends on the amount of water used to

saturate the soil after drainage and yield. Therefore, more studies should be done on the continuity of drainage and its effect on the quality of drainage water and the productivity of irrigation water.

Keywords: Drainage water quality, End-season drainage, Mid-season drainage, Pollution of water sources

ویراستاری نشده