

ارزیابی زهکش لانه‌موشی و مدیریت کود نیتروژن بر زه‌آب کشت کلزا در اراضی شالیزاری

ابراهیم کریمان^۱، مریم نوابیان^{۲*}، محمد حسن بیگلویی^۱ و محمد ربیعی^۳

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۷/۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۱۶)

چکیده

کشت کلزا به‌عنوان کشت دوم در غالب اراضی شالیزاری استان گیلان، نیازمند احداث سامانه‌های زهکشی است. زهکشی لانه‌موشی به‌عنوان یک روش زهکشی کم‌هزینه، کم‌عمق، متناسب با شرایط کشت برنج و با قابلیت اجرای آسان‌تر نسبت به زهکش‌های لوله‌ای، می‌تواند یک راهکار در توسعه کشت دوم گیاهان باشد. پژوهش حاضر با هدف ارزیابی زهکش لانه‌موشی و مدیریت کود نیتروژن بر کمیت و کیفیت زه‌آب در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه گیلان انجام شد. در این راستا آزمایشی تحت دو تیمار زهکشی و کود نیتروژن انجام شد. در تیمار زهکشی سطوح شامل ۱- زهکشی لانه‌موشی سنتی و ۲- زهکشی لانه‌موشی پرشده با شن و در تیمار کود دو سطح شامل ۱۸۰ و ۲۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار در سه تکرار مدنظر قرار گرفت. پس از هر بارش در طول دوره رشد گیاه، از زه‌آب زهکش‌ها نمونه‌برداری شد و پارامترهای هدایت الکتریکی، اسیدیته، کل جامدات معلق، فسفر کل، کدورت، غلظت‌های آمونیوم، کلراید، نیتريت، نترات، فسفات و سولفات اندازه‌گیری شدند. همچنین در هنگام بارندگی و پس از آن دبی خروجی از زهکش‌ها و سطح ایستابی توسط پیزومترها اندازه‌گیری شدند. مقایسه میانگین اسیدیته و کل جامدات معلق نشان داد که بیشترین آن‌ها به ترتیب با ۷/۴۹ و ۲۸۱/۲۵ میلی‌گرم بر لیتر به ترتیب در زهکش لانه‌موشی پرشده با شن و زهکش لانه‌موشی سنتی و تیمار کودی ۱۸۰ به دست آمد. بیشترین میانگین هدایت الکتریکی و کدورت به ترتیب به میزان ۶۵۱ میکروموس بر سانتی‌متر در زهکش لانه‌موشی سنتی و تیمار کودی ۲۴۰ و با ۶۷/۷۶ ان تی یو در زهکش لانه‌موشی سنتی و تیمار کودی ۱۸۰ مشاهده شد. نتایج آنالیز آماری نشان داد که اثر تیمار زهکشی بر مقادیر آمونیوم، نیتريت، نترات، فسفات و فسفر کل معنی‌دار نبود. دبی خروجی از زهکش لانه‌موشی سنتی ۴۹ درصد کمتر از زهکش لانه‌موشی پرشده با شن بود. زهکش لانه‌موشی سنتی و پرشده با شن توانستند به ترتیب با ضریب عکس‌العمل میانگین در طول دوره رشد ۰/۸ و ۰/۸۳ بر روز باران را تخلیه نمایند. باتوجه‌به سرعت تخلیه آب، دبی زه‌آب و عدم معنی‌داری غالب پارامترهای کیفی میان تیمارهای زهکشی، زهکشی لانه‌موشی پر شده با شن برای توسعه کشت کلزا در اراضی شالیزاری توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: بافت خاک سنگین، دبی زه‌آب، زهکشی زیرسطحی، کیفیت زه‌آب

۱. گروه مهندسی آب، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

۲. گروه مهندسی آب، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران و عضو وابسته پژوهشی گروه مهندسی آب و محیط زیست پژوهشکده حوضه آبی دریای خزر دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

۳. مؤسسه تحقیقات برنج کشور، رشت، ایران.

*. مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: navabian@guilan.ac.ir

مقدمه

غالب اراضی شالیزاری شمال کشور در نیمه دوم سال به دلیل بارندگی فراوان، بافت خاک سنگین و عدم کارایی زهکش‌های سطحی موجود، دچار آب‌ماندگی بوده و بدون کشت باقی می‌مانند. عدم کشت اراضی شالیزاری در نیمه دوم سال منجر به کاهش درآمد کشاورزان و در نتیجه دلسردی آن‌ها و تغییر کاربری اراضی شده است. استفاده بهینه از منابع موجود خاک، حفظ سطح زیر کشت برنج، جلوگیری از تغییر کاربری آن‌ها و بهبود معیشت کشاورزان، از دلایل مهم توجه به کشت دوم بعد از برداشت برنج است تا موجب افزایش تولید و پایداری اراضی شالیزاری شود. تجهیز اراضی شالیزاری به زهکش‌های زیرزمینی علاوه بر اثراتی که بر افزایش عملکرد برنج دارد (۹، ۲۳ و ۳۴)، باعث ایجاد شرایط مناسب برای کشت دوم در اراضی شالیزاری می‌شود. زهکش‌های لانه‌موشی، تونل‌های افقی زیرزمینی دایره‌ای هستند که مانند زهکش‌های لوله‌ای عمل می‌کنند و در حذف آب اضافی آبیاری بسیار مؤثر بوده و در خاک‌های رسی به‌ویژه در مناطق معتدل کاربرد دارد. اگرچه هزینه این زهکش‌ها نسبت به زهکش‌های زیرزمینی کم است، عمر مفید سه تا هفت سال برای آن گزارش شده است (۳۵). زهکش‌های لانه‌موشی در مقیاس بزرگ در خاک‌های رسی و یا کم نفوذ برای بازیابی و بهبود بهره‌وری آن‌ها استفاده شده است (۶، ۸، ۱۲، ۱۳ و ۲۰). از آنجاکه زهکشی لانه‌موشی بیشتر مناسب خاک‌های رسی است (حداقل به میزان ۳۰ درصد)، می‌تواند به‌عنوان یک گزینه مناسب برای خارج نمودن آب و املاح اضافی از اراضی شالیزاری انتخاب شود (۵). در فرایند احداث زهکش لانه‌موشی، درز و ترک‌هایی در خاک ایجاد می‌شود که نقش کلیدی در انتقال آب و املاح و عملکرد زهکش دارد. برخی مطالعات نشان داده‌اند که شخم عمیق و ایجاد درز و ترک در خاک باعث بهبود حرکت آب آبیاری به سمت پایین، حمل املاح از لایه‌های سطحی، کاهش pH، EC و ESP خاک می‌شود (۱۳). همچنین گزارش شده است که کاهش فاصله و افزایش عمق زهکش منجر به کاهش EC و ESP خاک می‌شود

(۳، ۱۳ و ۸)؛ بنابراین کمیت و کیفیت زه‌آب تابعی از عمق و فاصله زهکش و پروفیل شوری خاک است (۳۹).

دوستی پاشاکلائی و همکاران (۱۱) با مطالعه اثر زهکش زیرزمینی بر عملکرد کلزا در اراضی شالیزاری تجهیز و نوسازی شده دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری نشان دادند که با وجود بارندگی در زمان جوانه‌زنی، زهکش‌ها خوب عمل کرده و سطح ایستایی پایین‌تر از ۳۰ سانتی‌متر قرار گرفت که باعث جوانه‌زنی بیشتر و در نتیجه تعداد بوته بیشتری در اراضی شد. به‌طورکلی، عملکرد دانه در تیمارهای زهکشی با عمق ۰/۹۰ متر و فاصله ۳۰ متر، زهکشی دو عمقی، زهکشی با عمق ۰/۶۵ متر و فاصله ۳۰ متر و زهکشی با عمق ۰/۶۵ متر و فاصله ۱۵ متر به ترتیب ۵۵، ۳۵، ۲۹ و ۲۲ درصد بیشتر از عملکرد دانه در تیمار زهکشی سطحی به دست آمد.

توهی و همکاران (۳۶) در آزمایشی برای کارایی زهکش لانه‌موشی سنتی و زهکش لانه‌موشی پرشده با شن روی یک خاک لوم رسی در جنوب ایرلند دریافتند که زهکش لانه‌موشی پرشده با شن در حذف آب مازاد نسبت به زهکش لانه‌موشی سنتی موفق‌تر عمل کرد. توهی و همکاران (۳۷) از طریق مقایسه اثربخشی زهکش لانه‌موشی سنتی و زهکش لانه‌موشی پرشده با شن در تخلیه رواناب سطحی و پروفیل خاک در طول یک سال در یک منطقه با بافت خاک لوم رسی نشان دادند که زهکش لانه‌موشی پرشده با شن زمان واکنش کوتاه‌تری را نسبت به رویدادهای بارندگی نشان می‌دهد و در نهایت حجم آب بیشتری را تخلیه می‌کند؛ اما تخلیه آب مازاد در زهکش لانه‌موشی سنتی دیرتر شروع و جریان با شدت و حجم کمتر نسبت به زهکش لانه‌موشی پرشده با شن خارج شد.

یکی از نگرانی‌های توسعه زهکشی، اثرگذاری کیفیت زه‌آب بر محیط‌زیست است. والینا پارالجو و همکاران (۳۸) از طریق ارزیابی تأثیر سامانه زهکشی ۱- زهکش کنترل‌نشده، ۲- زهکش لانه‌موشی سنتی و ۳- زهکش لانه‌موشی با شن بر تلفات مواد مغذی در خاک رسی کشور ایرلند دریافتند که زهکش لانه‌موشی سنتی و زهکش لانه‌موشی با

ندا و همکاران (۲۸) اثر استفاده از دو سری زهکش لانه‌موشی به ترتیب با فاصله ۲ و ۴ متر و عمق ۳۰ و ۴۰ سانتی‌متر را بر بهره‌وری گیاه گندم مورد ارزیابی قرار دادند. آن‌ها دریافته‌اند که افزایش عمق زهکش و کاهش فاصله بین آن‌ها، می‌تواند موجب کاهش پارامترهایی مانند pH، هدایت الکتریکی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک شود. همچنین پژوهشی در خصوص ارزیابی عملکرد زهکش‌های لانه‌موشی در خاک‌های رسی، ارگانیک و با چسبندگی زیاد و یا در مناطقی که سطح آب زیرزمینی بالا بوده و یا خاک از نقطه نظر شوری نیاز به اصلاح دارند، نشان داد که این زهکش از عملکرد بسیار مطلوبی برخوردار است (۳۱).

باتوجه‌به لزوم زهکشی در توسعه کشت دوم در اراضی شالیزاری، مطالعات کم در زمینه عملکرد زهکش‌های لانه‌موشی در اراضی شالیزاری ایران و لزوم کاهش آثار محیط‌زیستی زه‌آب، هدف از این پژوهش بررسی عملکرد زهکش لانه‌موشی بر کمیت و کیفیت زه‌آب در کشت کلزا در اراضی شالیزاری در نظر گرفته شد.

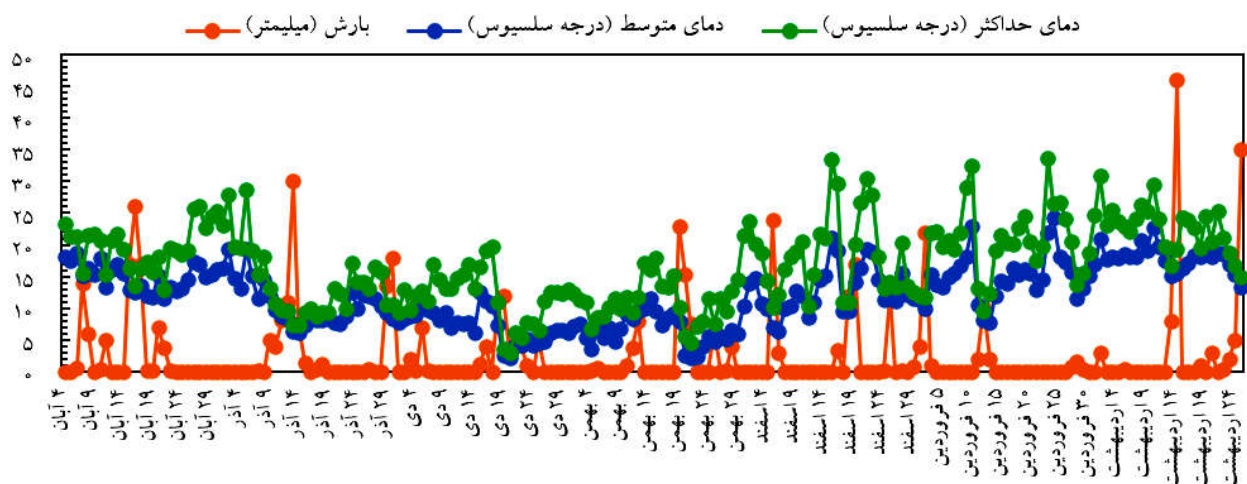
مواد و روش‌ها

برای بررسی زهکش لانه‌موشی در مزارع شالیزاری و تأثیر آن بر کمیت و خصوصیات کیفی زه‌آب در کشت کلزا، این پژوهش در سال زراعی ۱۴۰۱-۰۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان واقع در عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۹ دقیقه شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و با ارتفاع ۲۵ متر از سطح دریای آزاد، واقع در شهرستان رشت به اجرا در آمد. استان گیلان با اعتدال هوا و بارندگی فراوان جزو مناطق معتدل و مرطوب استان‌های کشور است و آب‌وهوای آن از نوع آب‌وهوای مدیترانه‌ای با رطوبتی بیشتر است (اداره کل هواشناسی استان گیلان، ۱۳۹۱). توزیع بارندگی در این استان در طول سال عموماً طوری است که در طول دوره رشد کلزا، یعنی در فاصله آبان تا خرداد، دارای توزیع بهینه است. اطلاعات اقلیمی ایستگاه هواشناسی کشاورزی که در مجاورت محل انجام پژوهش است در جدول ۱ ارائه شده است. بارش، دمای حداکثر و میانگین روزانه در شکل ۱ نشان داده شده است. بیشترین بارش به ترتیب در ماه‌های اردیبهشت و آذر روی داده است.

شن باعث افزایش ۲۲ درصدی نیترات و ۱۴ درصدی آمونیاک در آب‌های زیرزمینی شد. اصلانی و همکاران (۷) در مطالعه‌ای اثر نصب لوله‌های زهکشی در اعماق مختلف و با فواصل مختلف بر کیفیت زه‌آب در شرایط ماندگار و غیرماندگار را با استفاده از مدل آزمایشگاهی و مدل عددی Visual MODFLOW بررسی نمودند. نتایج نشان داد، با افزایش فاصله و عمق نصب زهکش‌ها، بر مقدار هدایت الکتریکی و pH زه‌آب افزوده می‌شود. حق‌دوست و سلیمانی (۱۷) در پژوهشی کیفیت پساب خروجی زهکش‌های کشت و صنعت نیشکر حکیم فارابی بر کیفیت آب تالاب شادگان را بررسی و ارزیابی نمودند. نتایج نشان داد، مقادیر پارامترهای کدورت و قلیائیت در زمان‌های مختلف کمتر از حد استاندارد تخلیه به آب‌های سطحی بود. نوری و لیاقت (۳۰)، به بررسی تأثیر مدیریت سطح ایستابی بر کیفیت زه‌آب زهکشی در یک مطالعه لایسیمی پرداختند. نتایج نشان داد، غلظت نیترات و هدایت الکتریکی زه‌آب در تیمارهای کنترل سطح ایستابی ۳۰ و ۵۰ سانتی‌متر به ترتیب تلفات نیترات ۹۰ و ۸۲ درصد نسبت به زهکشی آزاد کاهش داشت. حسن‌پور و همکاران (۱۸) در مطالعه‌ای به ارزیابی وضعیت زه‌آب زهکش سطحی اراضی شالیزاری برای استفاده مجدد در آبیاری برنج و تخلیه به محیط‌زیست پرداختند. نتایج نشان داد، بیشترین غلظت نیترات و ارتوفسفات و اسیدیته به ترتیب ۱/۲۵، ۲/۱۸۴ و ۸/۲۳ میلی‌گرم بر لیتر در ماه اردیبهشت بودند. محمدپور و نوایان (۲۷)، به بررسی تأثیر زهکشی زیرزمینی به عمق ۶۵ سانتی‌متری در ترانشه شن و ماسه و روند انتقال املاح شامل شوری و غلظت نیترات و آمونیوم در نقاط مختلف خاک با بافت سنگین بر کیفیت زه‌آب در زهکشی میان و پایان فصل برنج پرداختند. نتایج نشان داد که غلظت نیترات و آمونیوم در زه‌آب زهکشی پایان فصل نسبت به میان‌فصل به ترتیب ۳۹ و ۱۲ درصد کاهش داشت. میانگین هدایت الکتریکی زه‌آب خروجی در میان‌فصل، ۵۱ درصد بیشتر از هدایت الکتریکی زه‌آب پایان فصل بود. زهکشی پایان فصل نسبت به میان‌فصل به ترتیب ۳ و ۴۵ درصد بیشتر آب و املاح را از پروفیل خاک خارج کرد.

جدول ۱. اطلاعات هواشناسی مربوط به دوره رشد کلزا (سال زراعی ۰۲-۱۴۰۱)

ماه	دمای حداکثر (سلسیوس)	دمای حداقل (سلسیوس)	ساعات آفتابی (ساعت)	تبخیر روزانه از تشت (میلی متر)	رطوبت نسبی (درصد)
مهر	۲۹/۴	۱۸/۹	۵/۵۳	۳/۱	۷۸/۵۹
آبان	۲۳/۶	۱۵/۵	۳/۶۹	۱/۶	۸۵/۰۵
آذر	۱۹/۸	۹/۴۷	۴/۰۱	۱/۲	۸۴/۲
دی	۱۱/۸	۶/۱۳	۲/۲۷	۰/۶	۹۱/۶۷
بهمن	۱۱/۰	۱/۸۷	۳/۰۴	۰/۸	۸۶/۲۳
اسفند	۱۳/۶	۲/۳۶	۵/۱۶	۱/۳	۸۲/۳۴
فروردین	۱۹/۷	۸/۷	۳/۸۸	۲/۰	۷۸/۲۶
اردیبهشت	۲۲/۲	۱۰/۷	۵/۲۳	۲/۵	۷۶/۸۶
خرداد	۲۴/۴	۱۵/۰	۶/۱۲	۲/۸	۷۹/۲۹

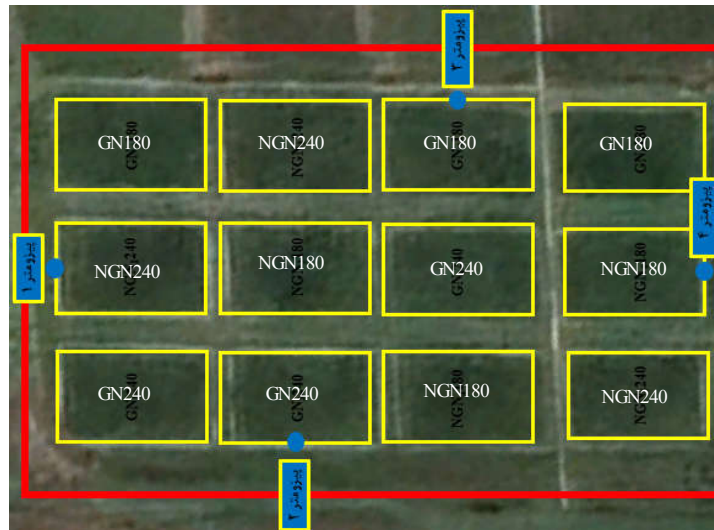


شکل ۱. اطلاعات هواشناسی در محدوده زمانی آزمایش در ایستگاه هواشناسی کشاورزی رشت

متر بین کرت‌ها و ۲ متر بین ردیف‌ها، تقسیم‌بندی شد (شکل ۲). اطراف کرت‌ها به ارتفاع ۵ سانتی‌متر و به عرض ۱۵ سانتی‌متر، به‌وسیله پشته محصور شدند. مقادیر برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل پژوهش در دو عمق مختلف در جداول ۲ و ۳ ارائه شده است.

زهکش لانه‌موشی به قطر ۱۰ سانتی‌متر با فاصله سه متر به‌صورت سنتی و پر شده با شن به قطر سه تا شش میلی‌متر، در

آزمایش به‌صورت کرت خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی شامل دو تیمار زهکشی و کود نیتروژن بود؛ به‌طوری‌که تیمار اصلی زهکشی در دو سطح زهکش لانه‌موشی سنتی و زهکش لانه‌موشی پر شده با شن و تیمار فرعی کود نیتروژن در دو سطح ۱۸۰ و ۲۴۰ کیلوگرم در سه تکرار اجرا شد. مزرعه مورد آزمایش به ۱۲ کرت در ۳ ردیف (هر ردیف ۴ کرت) هر کدام به مساحت ۵۰/۴ متر مربع (۶×۸/۴۰ متر) با فاصله ۱/۵



شکل ۲. تصویری از کرت‌بندی محل اجرای پژوهش و موقعیت پیژومترها (دو حرف ابتدای کد شامل G و NG به ترتیب بیان‌کننده تیمار زهکشی لانه موشی پرشده با شن و زهکش لانه موشی سنتی است و حرف N و عدد بعدی در کد یادشده بیان‌کننده تیمار کودی به میزان ۱۸۰ و ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار است)

جدول ۲. برخی خصوصیات فیزیکی خاک محل پژوهش قبل از اجرای طرح

عمق خاک (cm)	بافت خاک	جرم مخصوص ظاهری (g/cm ³)	جرم مخصوص حقیقی (g/cm ³)	تخلخل (%)	رطوبت اشباع (%)
۰-۱۵	سیلتی رس	۱/۶۷	۲/۶۱	۴۲	۵۰/۶۰
۱۵-۳۰	سیلتی رس	۱/۶۹	۲/۶۲	۳۵	۵۰/۳۴

جدول ۳. میانگین برخی خصوصیات شیمیایی خاک محل پژوهش قبل از اجرای طرح

عمق خاک (cm)	P ₄ ⁻⁶ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (meq/l)	N _a ¹⁺ (meq/l)	M ²⁺ (meq/l)	Ca ²⁺ (meq/l)	TDS (mg/l)	SOC (%)	pH	EC (μs/cm)
۰-۱۵	۲۲/۰۲	۰/۳۳	۹/۷۶	۱/۵۸	۴/۰۱	۹۴۹/۰	۳/۰۳	۷/۶	۱۴۷۵
۱۵-۳۰	۲۳/۴۵	۰/۳۰	۱۵/۵۱	۰/۷۶	۴/۰۶	۱۰۰۶/۲	۲/۲۰	۷/۵	۱۴۶۷

دمای هوا هنوز کم بود و بوته‌ها در آغاز خروج از خواب زمستانه بودند و ۳۰ بهمن‌ماه در مرحله غنچه‌دهی و ساقه رفتن (پیش از مرحله گلدهی) به‌کارگرفته شد.

پس از کاشت بذر گیاه کلزا، بعد از هر وقوع بارندگی (هفت مرتبه) از زه‌آب ایجاد شده خروجی زهکش‌های مزرعه با رعایت استانداردهای لازم، نمونه تهیه شد. نمونه‌ها بلافاصله به آزمایشگاه کیفیت آب گروه مهندسی آب دانشگاه گیلان منتقل و پس از فیلترکردن نمونه‌ها، پارامترهای کیفی مانند اسیدیته (pH)، هدایت

عمق ۴۰ سانتی‌متر حفر شد. قبل از کشت، کودهای شیمیایی پایه، ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر از منبع فسفات آمونیوم اعمال شد. کود نیتروژن از منبع اوره به میزان ۱۸۰ و ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار مطابق با تیمارهای کودی تعریف شده به خاک افزوده شد. این کود در چند مرحله در تاریخ‌های ۹ آذرماه در مرحله سبز شدن و جوانه زدن (قبل از چند برگگی شدن)، ۱۴ دی‌ماه در مرحله ۶ تا ۸ برگگی، پس از خاتمه مرحله روزت زمانی که

نتایج و بحث

روند تغییرات دبی خروجی از زهکش و سطح ایستابی

شکل ۳ دبی خروجی از زهکش‌ها پس از هر بارش در هفت تاریخ نمونه‌برداری را نشان می‌دهد. بیشترین دبی در تاریخ ۲۵ اردیبهشت‌ماه برابر با ۰/۰۲ لیتر بر ثانیه در تیمار NGN180 و کمترین آن در تاریخ ۶ اسفندماه برابر با ۰/۰۰۰۲ لیتر بر ثانیه در تیمار NGN180 به دست آمد. به نظر می‌رسد که دبی خروجی تحت تأثیر پوشش گیاهی، ایجاد درز و ترک ناشی از تغییرات رطوبت خاک و دوره خشکی قرار دارد؛ به طوری که در ۲۵ اردیبهشت و ۱۳ آذرماه به ترتیب با ۳۵ و ۳۰ میلی‌متر بارش، دبی خروجی از زهکش تفاوت زیادی دیده شد. به نظر می‌رسد ایجاد درز و ترک بیشتر در اردیبهشت‌ماه ناشی از افزایش دمای هوا عامل این مسئله باشد. کمتر بودن دبی زه آب در اسفندماه علاوه بر هم‌زمان بودن با دوره گلدهی و افزایش پوشش گیاهی، مدت بارش متوالی دو روز بود، در حالی که در تاریخ‌های ۱۳ و ۱۴ آذر و ۲۳ بهمن، پنج روز متوالی و ۲۱ دی، ۲۱ بهمن و ۲۵ اردیبهشت چهار روز متوالی بارش روی داده بود. به طور متوسط مقدار دبی خروجی در تیمار کود ۱۸۰ کیلوگرم نسبت به ۲۴۰ کیلوگرم بیشتر به دست آمد. بیشتر بودن نیتروژن در تیمارهای ۲۴۰ کیلوگرم به‌عنوان یک ماده آلی در خاک، می‌تواند منجر به پایداری خاک شده و درز و ترک کمتر یا کوچک‌تری را ایجاد کرده باشد. از این‌رو در زمان وقوع بارش در تیمار ۱۸۰ کیلوگرم به دلیل ترک‌های بیشتر، دبی زهکش بیشتر شد.

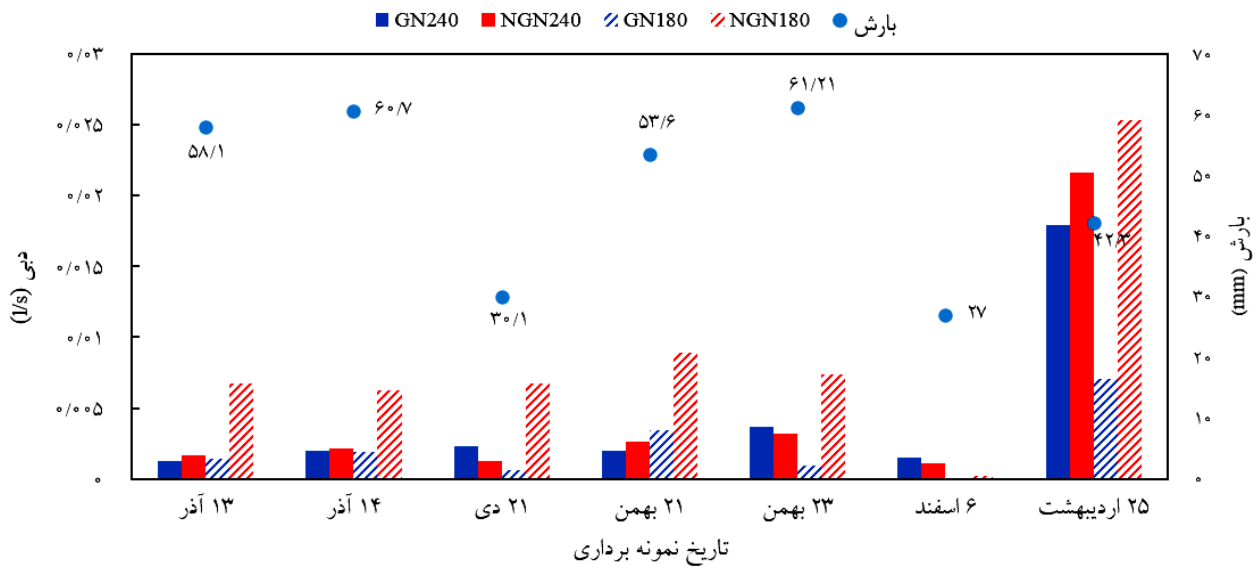
شکل ۴ روند تغییرات سطح ایستابی پس از هر بارش را نشان می‌دهد. در پیزومترها نوسانات سطح ایستابی ارتباط مستقیم با بارش در طول فصل رشد داشت. وضعیت سطح ایستابی و دبی خروجی از زهکش‌ها پس از هر بارندگی نشان داد که زهکش‌ها نه تنها مانع از آب‌ماندگی در سطح خاک شدند؛ بلکه سطح آب خاک را از عمق توسعه ریشه (بین ۳۰ تا ۳۵ سانتی‌متر بر اساس اندازه‌گیری مزرعه‌ای پس از برداشت کلزا) پایین‌تر آورد. فرزام‌صفت و همکاران (۱۵) طی پژوهشی در استان گیلان نشان دادند که

الکتریکی (EC)، کل جامدات معلق (TSS)، کدورت (Turbidity)، غلظت‌های آمونیوم، کلراید، نیتريت، نیترات، فسفات، فسفر و سولفات اندازه‌گیری شدند. همچنین در هنگام بارندگی و پس از آن دبی خروجی از زهکش‌ها (به روش حجمی) و سطح ایستابی توسط پیزومترهای نصب شده در عمق ۴۰ سانتی‌متری اندازه‌گیری شدند (شکل ۲). هدایت الکتریکی نمونه‌ها با استفاده از دستگاه Multiconductivimeter مدل 4520 شرکت Jenway و اسیدیمته توسط دستگاه pH متر مدل BASIC 20+ شرکت CRISON اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری کل جامدات معلق زه آب ابتدا کاغذهای صافی ۴۲ میکرون به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. وزن کاغذ صافی خشک‌شده اندازه‌گیری و سپس ۱۰۰ میلی‌لیتر از نمونه مورد آزمایش از کاغذهای صافی عبور داده شد. کاغذهای صافی پس از پایان این مرحله به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس قرار داده شد. پس از آنکه در دسیکاتور به دمای محیط رسیدند، با ترازو وزن شدند. مقدار کل جامدات معلق بر حسب میلی‌گرم بر لیتر بر اساس معادله (۱) محاسبه شد:

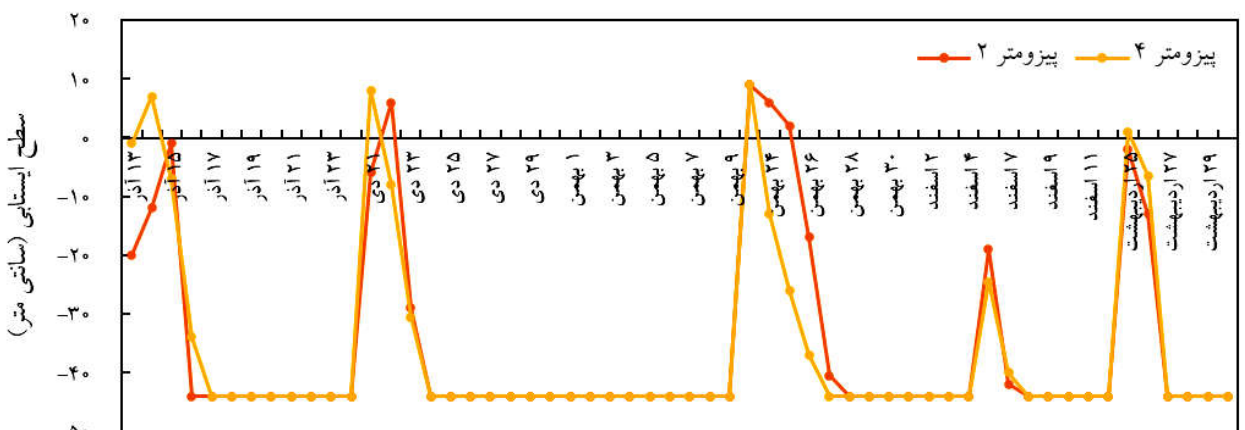
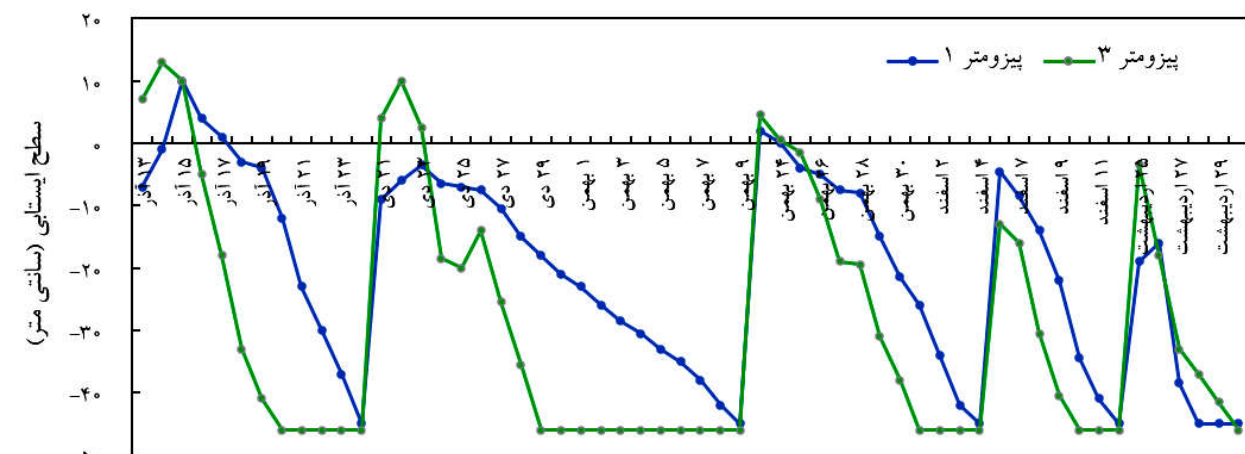
$$TSS = \frac{W_2 - W_1}{V} \quad (1)$$

که در آن W_1 ، وزن کاغذ صافی خشک‌شده در مرحله اول (میلی‌گرم)، W_2 ، وزن کاغذ صافی در مرحله دوم (میلی‌گرم) و V حجم نمونه مورد آزمایش (میلی‌لیتر) هستند.

کدورت نمونه‌ها با استفاده از دستگاه کدورت‌سنج مدل (Lovibond TB 300 IR) اندازه‌گیری شد. ابتدا نمونه‌ها به طور کامل مخلوط و پس از آن بین رفتن حباب در هوا، میزان کدورت قرائت شد (۳۳). برای اندازه‌گیری مقادیر غلظت آمونیوم، کلراید، نیتريت، نیترات، فسفات، فسفر و سولفات زه آب، از دستگاه یون کروماتوگراف مدل (S151 G, Sykam, Germany) استفاده شد. در نهایت، روی مقادیر پارامترهای کیفی زه آب آزمون آماری در سطح احتمال یک و پنج درصد در محیط SAS انجام شد.



شکل ۳. روند تغییرات دبی خروجی زهکش‌های لانه‌موشی



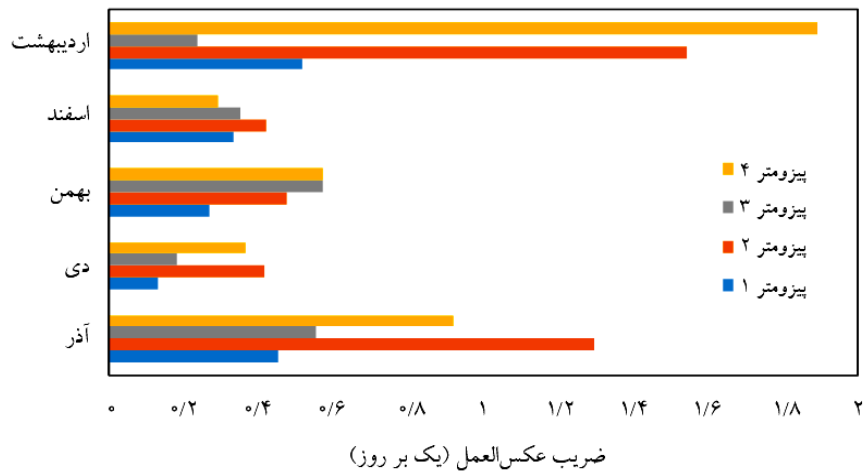
شکل ۴. روند تغییرات سطح ایستابی پس از هر بارش در پیزومترهای نقطه پایین‌دست اراضی (پیزومتر ۱ و ۳) و نقطه بالادست اراضی (پیزومتر ۲ و ۴)

روند تغییرات پارامترهای کیفی زه‌آب

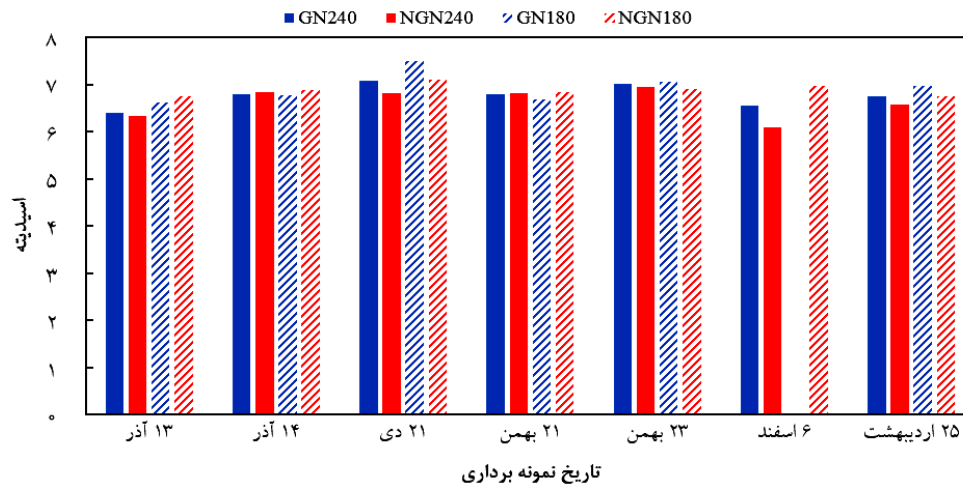
نتایج میانگین میزان اسیدیته زه‌آب خروجی در هفت تاریخ نمونه‌برداری در شکل ۶ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، بیشترین میزان اسیدیته در تاریخ ۲۱ دی ماه با ۷/۴۹ در تیمار GN180 بود. در صورتی که کمترین آن در تاریخ ۶ اسفندماه با ۶/۰۹ در تیمار NGN240 بود. به طور متوسط مقدار اسیدیته در تیمار کود ۱۸۰ کیلوگرم نسبت به ۲۴۰ کیلوگرم بیشتر به سمت قلیائیت به دست آمد. pH ریزوسفر بسته به نوع خاک، میزان رطوبت خاک، تهویه خاک، تولید CO₂ توسط میکروارگانیسم و ترشحات ریشه تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۲۹). همچنین یون هیدروژن موجود در آمونیوم کود اوره در اسیدی‌تر کردن محیط خاک نقش دارد. وضعیت سطح ایستابی ثبت‌شده در پیژومترهای ۲ و ۳ (به ترتیب مجاور تیمار ۲۴۰ و ۱۸۰ کیلوگرم)، نشان می‌دهد که مقدار رطوبتی بیشتر خاک در تیمار کودی ۲۴۰ کیلوگرم به‌علاوه میزان یون هیدروژن بیشتر در این تیمار کودی نسبت به ۱۸۰ کیلوگرم، می‌تواند عامل کاهش pH در این تیمار باشد. مقدار pH در دو تیمار زهکشی لانه‌موشی سنتی و پرشده با شن در غالب موارد برابر و یا در تیمار پرشده با شن قلیایی‌تر بود. شکل ۶ نشان می‌دهد که تغییرات پارامتر اسیدیته در طول دوره نمونه‌برداری کم بود همچنین اسیدیته زه‌آب در بیشتر کرت‌های آزمایشی اسیدی بوده که بین ۷/۴۹ تا ۶/۰۹ متغیر است. نتایج آنالیز آماری نشان داد، تیمارهای کودی و زهکشی بر اسیدیته زه‌آب خروجی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود.

نتایج میانگین میزان هدایت الکتریکی زه‌آب خروجی در هفت تاریخ نمونه‌برداری در شکل ۷ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، بیشترین میزان هدایت الکتریکی در تاریخ ۲۵ اردیبهشت‌ماه با ۶۵۱ میکروموس بر سانتی‌متر در NGN240 بود که حجم زیاد دبی زهکش در این تاریخ می‌تواند عامل این شرایط باشد. در صورتی که کمترین آن در تاریخ ۲۳ بهمن‌ماه با ۲۱۲ میکروموس بر سانتی‌متر در GN180 بود.

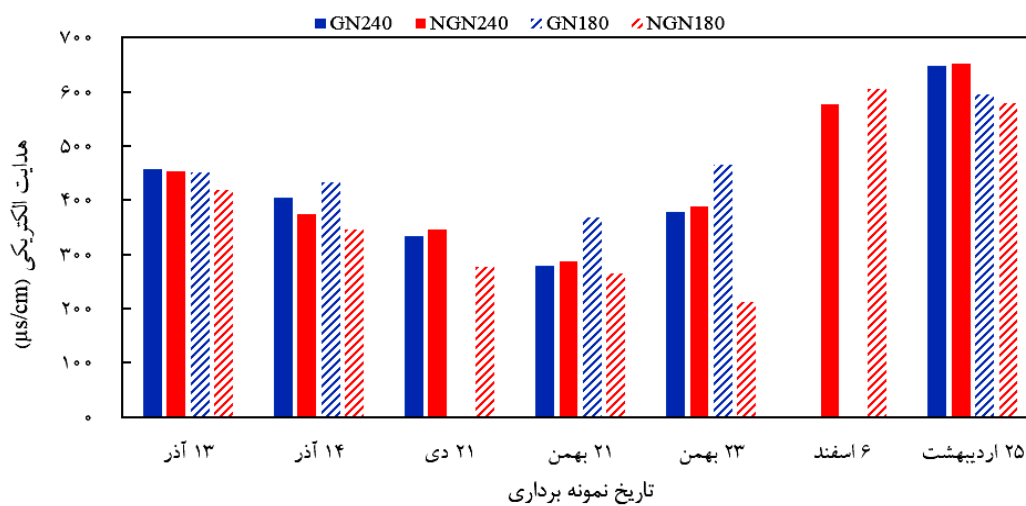
زهکش‌ها با توجه به شدت و دوام بارندگی‌های منطقه باید قادر باشند آب اضافی را در ظرف مدت کمتر از دو روز خارج سازند. بنا بر نتایج، زهکش‌های لانه‌موشی قادر بودند طی مدت دو روز سطح ایستابی را تا مقادیر مناسبی کاهش دهند؛ به‌طوری که پس از گذشت ۲ تا ۳ روز، سطح ایستابی تا عمق زهکش کاهش پیدا کرد (پیژومترهای ۲ و ۴). در پیژومترهای ۱ و ۳ که به ترتیب مجاور نهر آبیاری و زهکشی بودند، شیب کاهش سطح ایستابی ملایم به دست آمد. هر چند در کاهش اولیه سطح آب موفق بودند. میانگین ضریب عکس‌العمل در هر وقوع بارش در ماه‌های مختلف در شکل ۵ آمده است. میانگین ضریب عکس‌العمل در طول دوره رشد برای پیژومترهای ۱، ۲، ۳ و ۴ به ترتیب برابر با ۰/۳۳، ۰/۸۲، ۰/۳۷ و ۰/۸۰ بر روز به دست آمد. مطابق با نتایج، اولین و آخرین بارش دارای بیشترین سرعت تخلیه بودند. پیژومتر ۲ نسبت به پیژومتر ۴ سرعت بیشتری در تخلیه آب داشت که نشان می‌دهد، زهکش پرشده با شن نسبت به زهکش لانه‌موشی سنتی در خروج آب موفق‌تر عمل کرد. هر چند تفاوت دیده شده محسوس نبود. توهی و همکاران (۳۶) در زهکش لانه‌موشی پرشده با شن که عمق نصب آن ۱۵ سانتی‌متر کمتر از زهکش لانه‌موشی سنتی بود، سرعت تخلیه بیشتر را گزارش کردند. معماری (۲۴) ضریب عکس‌العمل زهکش زیرزمینی نصب‌شده در عمق ۷۰ سانتی‌متری با پوشش ژئوتکستایل در یک خاک لوم سیلتی تحت کشت پاج باقلا را ۰/۳ بر روز برای یک بارش یک‌روزه گزارش داد. مقایسه همچنین موذنی و همکاران (۲۶) ضریب عکس‌العمل زهکش نصب‌شده در عمق ۶۰ سانتی‌متری با پوشش ژئوتکستایل و تحت کشت تربیتکاله در بافت خاک لوم سیلتی را برای باران دو و سه‌روزه به ترتیب ۰/۰۹۴ و ۰/۰۵۴ بر روز بیان کرد. مقایسه نتایج این پژوهش با پژوهش‌های یاد شده نشان می‌دهد که عمق نصب، پوشش دور زهکش، مدت بارش و بافت خاک می‌تواند بر عکس‌العمل زهکش تأثیرگذار باشد و در خاک‌های با بافت سنگین عمق نصب کمتر، سرعت تخلیه را افزایش می‌دهد.



شکل ۵. میانگین ضریب عکس‌العمل زهکش در هر وقوع بارش در ماه‌های مورد بررسی



شکل ۶. میانگین اسیدیتته زه‌آب در طول دوره کشت کلزا



شکل ۷. میانگین هدایت الکتریکی زه‌آب در تیمارهای مورد بررسی در طول دوره آزمایش

۲۴۰ کیلوگرم کمتر از ۱۸۰ کیلوگرم به دست آمد که می‌تواند ناشی از تأثیر نیتروژن بیشتر (به‌عنوان ماده آلی) بر بهبود ساختمان خاک باشد. مطابق شکل ۸، میانگین کل جامدات معلق زه‌آب خروجی از زهکش‌ها در ابتدای نمونه‌برداری کم بود که با گذشت زمان تقریباً میزان کل جامدات معلق زه‌آب خروجی افزایش داشت. به‌طور متوسط مقدار کل جامدات معلق در تیمار زهکشی سستی بیشتر از تیمار پرشده با شن به دست آمد. بیشتر بودن کل جامدات معلق در زه‌آب در تیمار زهکشی پرشده با شن در اوایل دوره رشد می‌تواند ناشی از ذرات معدنی موجود در سنی باشد که زهکش با آن پر شده است. نتایج آنالیز آماری نشان داد، جامدات معلق زه‌آب در تیمارهای زهکشی و کودی به ترتیب در سطح اطمینان پنج و یک درصد معنی‌داری بودند.

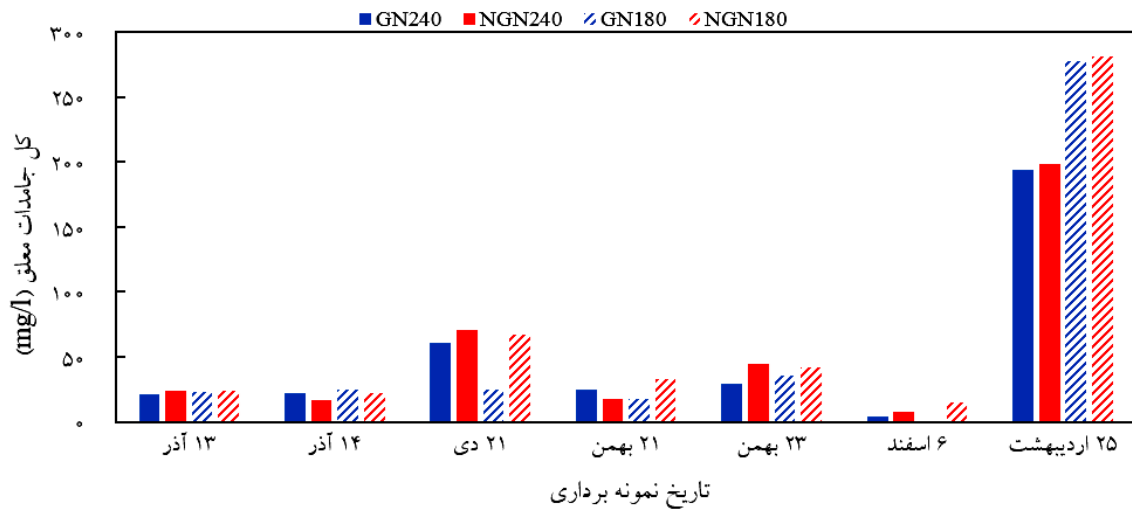
نتایج میانگین کدورت زه‌آب خروجی در شکل ۹ نشان داده شده است. بیشترین کدورت در تاریخ ۱۳ آذرماه برابر با ۶۷/۷۶ ان تی یو در NGN180 و کمترین آن در تاریخ ۲۱ بهمن‌ماه برابر با ۹/۳۲ ان تی یو در GN240 بود. مشابه با کل جامدات معلق به‌طور متوسط میزان کدورت در تیمار کودی ۲۴۰ کیلوگرم کمتر از ۱۸۰ کیلوگرم به دست آمد. همچنین به‌طور متوسط مقدار کدورت در تیمار زهکشی بدون شن بیشتر از تیمار پرشده با شن به دست آمد؛ اما تفاوت آن‌ها طبق آنالیز آماری معنی‌دار نبود. کدورت در اثر وجود مواد معلق و اصلاح حل شده در آب است و معیاری برای تعیین میزان جذب یا پراکندگی نور است (۴)؛ بنابراین روند کاهش به‌دست‌آمده در میزان کدورت نشان از وجود مواد محلول در زه‌آب در ابتدای دوره آزمایش دارد که با گذشت زمان از میزان آن کاسته شده و بر اثرگذاری مواد معلق بر کدورت افزوده می‌شود. پورسل و همکاران (۳۲) رابطه بین کل جامدات معلق در لوله‌های آب در شستشوی مکرر و کدورت را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد، نسبت بین کدورت و کل جامدات معلق در نمونه‌ها تا چندین برابر با یکدیگر فرق دارند و آن متأثر از منشأ ذرات معلق و زمان نمونه‌گیری و روش شستشو است. میرزایی و همکاران (۲۵) نشان دادند که با افزایش کل جامدات معلق جامد، کدورت آب با شیب زیادی افزایش می‌یابد.

میانگین غلظت آمونیم زه‌آب در هفت تاریخ نمونه‌برداری در شکل ۱۰ نشان داده شده است. بیشترین میزان آمونیم در

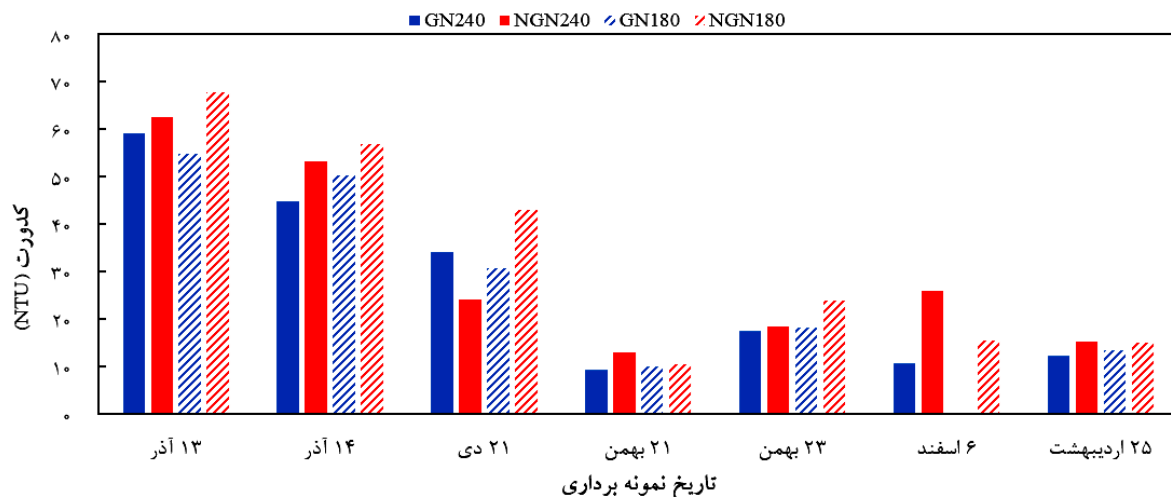
میانگین زمانی هدایت الکتریکی در تیمارهای GN180، GN240، NGN180 و NGN240 به ترتیب ۴۷۹، ۴۹۰، ۴۷۷ و ۳۹۷ میکروموس بر سانتی‌متر به دست آمد. در تیمار زهکشی سستی و پرشده با شن، تیمار کودی ۲۴۰ کیلوگرم به ترتیب ۲ درصد کمتر و ۱۷ درصد بیشتر نسبت به تیمار کودی ۱۸۰ کیلوگرم، اصلاح از خاک خارج نمود. بیشتر بودن میانگین هدایت الکتریکی در تیمار کودی ۱۸۰ نسبت به ۲۴۰ کیلوگرم در تیمار زهکشی پرشده با شن، به دلیل مقادیر اولیه بیشتر هدایت الکتریکی خاک کرت‌های آن تیمار بود. مقایسه هدایت الکتریکی در ۲۳ بهمن و ۲۵ اردیبهشت (قبل و بعد از اعمال مرحله سوم کود نیتروژن در ۳۰ بهمن) نشان داد که کوددهی در تیمارهای GN240، NGN240، GN180 و NGN180 به ترتیب منجر به ۷۱، ۸۸، ۳۸ و ۵۱ درصد افزایش شد که در تیمار سستی میزان افزایش بیشتر از پرشده با شن بود؛ بنابراین در خاک‌هایی که نیاز به اصلاح شوری است، گزینه زهکش لانه‌موشی سستی قابل توصیه است.

مقادیر شوری زه‌آب در طول دوره رشد نوسان داشت و نتایج آنالیز آماری نشان داد، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد در میزان شوری زه‌آب خروجی تیمارهای زهکشی مشاهده شد؛ اما تیمار کودی اثر معنی‌داری بر شوری زه‌آب نداشت. چندین پژوهش کاهش هدایت الکتریکی زه‌آب نسبت به هدایت الکتریکی اولیه خاک را به افزایش آبیاری و عمق زهکش لانه‌موشی، کاهش جرم مخصوص ظاهری و به‌تبع آن افزایش تخلخل کل خاک تحت زهکشی نسبت دادند (۲، ۱۳ و ۲۱). بر اساس نتایج، زهکش لانه‌موشی قادر به شستشوی اصلاح از عمق توسعه ریشه بود که با نتایج قانع و همکاران (۱۶)، کومار و همکاران (۲۲) و ابوالسود و همکاران (۱) همخوانی دارد.

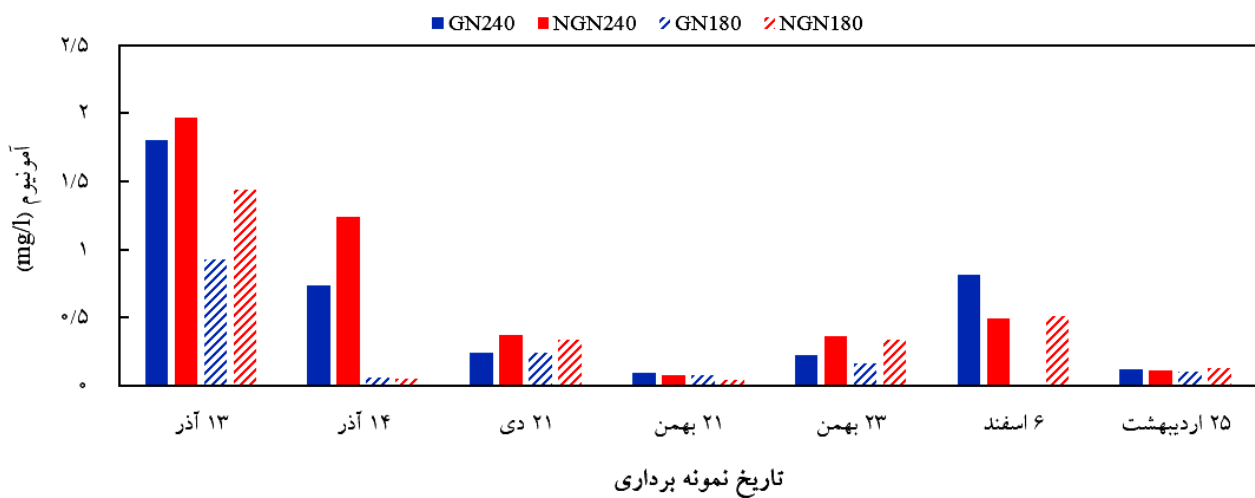
مقادیر میانگین کل جامدات معلق زه‌آب در هفت تاریخ نمونه‌برداری در شکل ۸ نشان داده شده است. بیشترین کل جامدات معلق در تاریخ ۲۵ اردیبهشت‌ماه با ۲۸۱/۲۵ میلی‌گرم بر لیتر در NGN180 پس از یک بارش شدید و دوره طولانی خشکی خاک روی داد. در صورتی که کمترین آن در تاریخ ۶ اسفندماه با ۳/۷۵ میلی‌گرم بر لیتر در GN240 بود. به‌طور متوسط میزان کل جامدات معلق در هر دو تیمار زهکشی اغلب در تیمار کودی



شکل ۸. میانگین کل جامدات معلق زه‌آب در تیمارهای مورد بررسی در طول دوره آزمایش



شکل ۹. میانگین کدورت زه‌آب در تیمارهای مورد بررسی در طول دوره آزمایش



شکل ۱۰. میانگین غلظت آمونیوم زه‌آب در تیمارهای مورد بررسی در طول دوره آزمایش

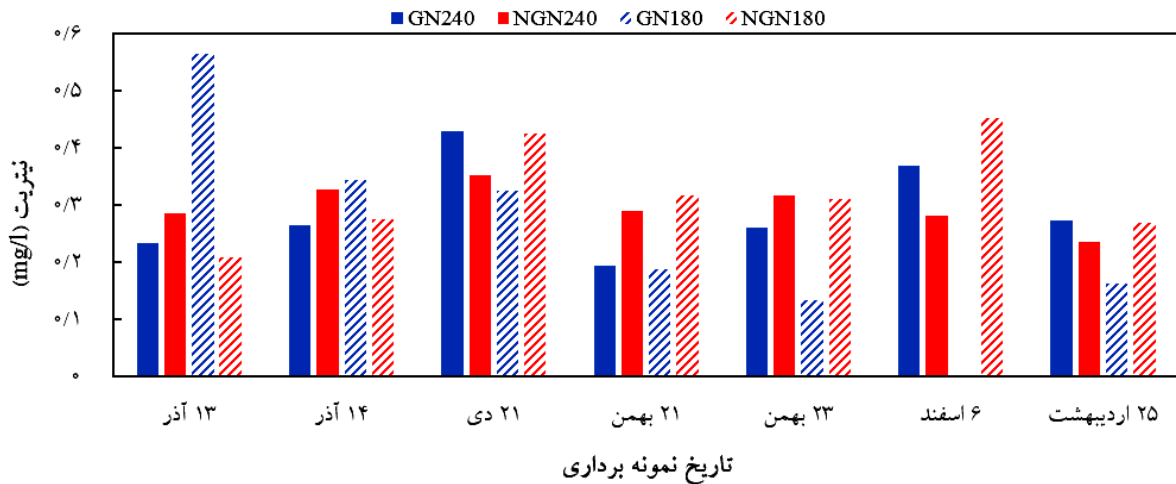
آماری نشان داد، تیمار زهکشی بر نیتريت و نیترات خروجی تفاوت معنی دار نداشت؛ اما خروج نیترات در تیمار کودی تفاوت معنی دار نشان داد. والینا پارالجو و همکاران (۳۸) نشان دادند، تلفات نیترات بیشتر از آمونیوم و در زهکش لانه‌موشی سنتی بیشتر از زهکش لانه‌موشی پرشده با شن بود. آن‌ها این تفاوت را به کم عمق بودن و تخلیه سریع تر کانال‌های زهکش لانه‌موشی پرشده با شن نسبت به زهکش لانه‌موشی سنتی نسبت دادند.

میانگین غلظت فسفات و فسفر کل زه آب در هفت تاریخ نمونه برداری در شکل‌های ۱۳ و ۱۴ نشان داده شده‌اند. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، بیشترین میزان فسفات در تاریخ ۶ اسفندماه به میزان ۱۲/۷۵ میلی‌گرم بر لیتر در GN240 و کمترین آن در تاریخ ۲۵ اردیبهشت‌ماه به میزان ۰/۰۹ میلی‌گرم بر لیتر در GN180 بود. بیشترین میزان فسفر کل در تاریخ ۶ اسفند ماه برابر با ۱/۶۴ میلی‌گرم بر لیتر در GN240 بود و کمترین آن در تاریخ ۲۱ بهمن‌ماه برابر با ۰/۱۱ میلی‌گرم بر لیتر در GN180 بود. به طور متوسط میزان فسفات و فسفر کل در تیمار GN240 بیشتر از تیمار GN180 و در تیمار NGN240 کمتر از GN180 به دست آمد. به طور متوسط مقدار فسفات و فسفر کل در تیمار زهکشی سنتی بیشتر از تیمار پرشده با شن به دست آمد؛ اما مطابق با آنالیز آماری تفاوت معنی دار به دست نبود. همچنین تیمار کودی بر میزان فسفر کل خروجی در سطح اطمینان پنج درصد معنی دار به دست آمد. دجودجیک و همکاران نشان دادند، بیشترین ظرفیت جذب فسفات توسط شن نزدیک به ۰/۰۷ میلی‌گرم است که بسیار کمتر از ظرفیت جذب فسفر توسط خاک است (۱۰)؛ بنابراین شن استفاده‌شده در زهکش لانه‌موشی قابلیت تاثیر زیادی بر فسفات خروجی از زه آب را ندارد که با نتیجه این پژوهش تطابق دارد. والینا پارالجو و همکاران (۳۸) نشان دادند که تلفات فسفر کل در زهکش لانه‌موشی سنتی بیشتر از زهکش لانه‌موشی پرشده با شن بود. آن‌ها علت شار بیشتر فسفر کل در زهکش لانه‌موشی سنتی نسبت به زهکش لانه‌موشی پر شده با شن را به امکان فرسایش بیشتر دیواره کانال زهکش لانه‌موشی سنتی نسبت به زهکش لانه‌موشی پر شده با شن نسبت دادند.

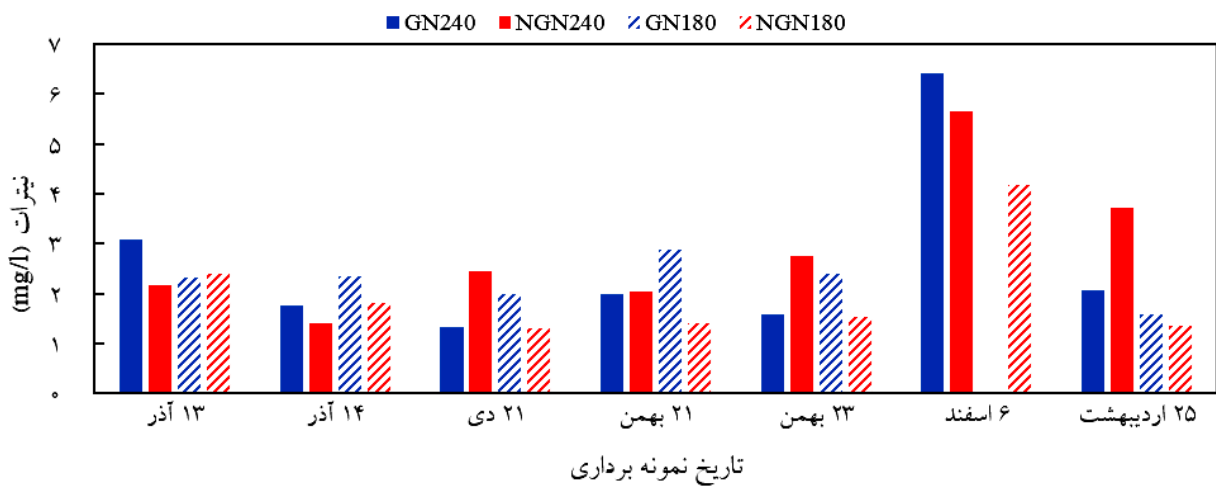
نتایج میانگین غلظت کلراید زه آب در شکل ۱۵ نشان داده شده

تاریخ ۱۳ آذرماه به میزان ۱/۹۶ میلی‌گرم بر لیتر در NGN240 و کمترین آن در تاریخ ۲۱ بهمن‌ماه به میزان ۰/۰۴۳ میلی‌گرم بر لیتر در NGN180 بود. به طور متوسط میزان آمونیوم در تیمار کودی ۲۴۰ کیلوگرم بیشتر از تیمار ۱۸۰ کیلوگرم بود. همان‌طور که در شکل ۱۰ دیده می‌شود، غلظت آمونیوم در دو تیمار زهکشی و کودی از روندی نزولی تبعیت کرد؛ به طوری که در تیمار کودی ۲۴۰ و ۱۸۰ کیلوگرم به ترتیب کاهش ۹۴ و ۹۰ درصدی آمونیوم نسبت به اولین زه آب خروجی از زهکش‌ها دیده شد. از آنجا که آمونیوم دارای بار مثبت بوده و حرکت محدودی در خاک دارد، ذرات فرسایش یافته خاک و جامدات معلق خروجی از زهکش‌ها عامل حضور آمونیوم در زهکش‌ها هستند. در تاریخ ۱۳ آذرماه به دلیل استفاده از کود اوره قبل از کشت گیاه و وقوع کل جامدات معلق بیشتر در زه آب، مقدار آمونیوم بیشتر از سایر نمونه‌برداری‌ها بود و به‌مرور زمان و در طول رشد گیاه، به دلیل اثر پوشش گیاهی بر کاهش فرسایش خاک و همچنین جذب آمونیوم توسط ریشه گیاه و فرایند نیترات‌زایی از مقادیر آمونیوم زه آب کاسته شد. نتایج آنالیز آماری نشان داد، دو تیمار زهکشی تفاوت معنی‌داری در خروج آمونیوم نداشتند؛ اما تیمار کودی بر میزان آمونیوم زه آب اثر معنی‌دار در سطح یک درصد داشت.

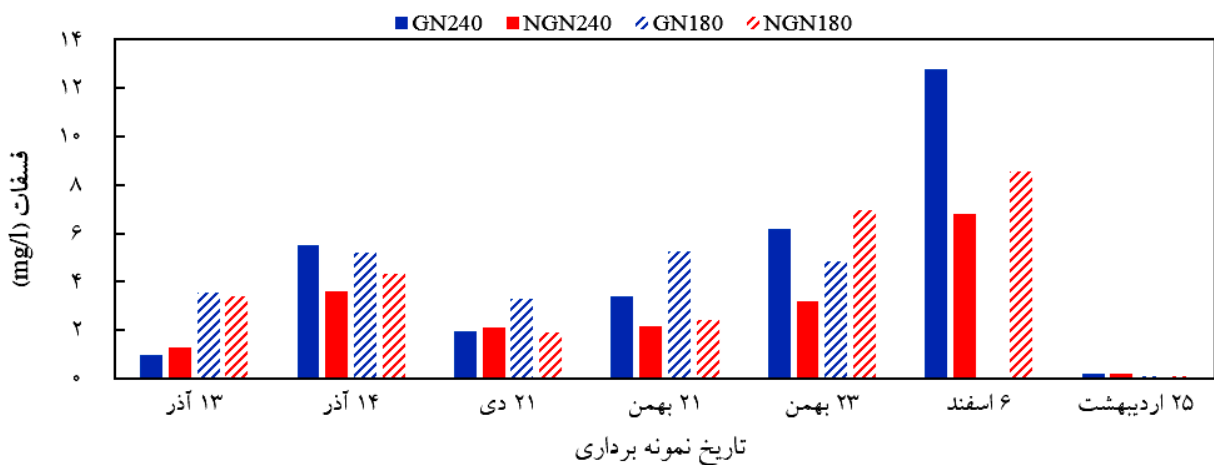
میانگین غلظت نیتريت زه آب در شکل ۱۱ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، بیشترین میزان میانگین نیتريت در تاریخ ۱۳ آذر و ۲۳ بهمن‌ماه برابر با ۰/۵۶ و ۰/۱۳ میلی‌گرم بر لیتر در GN180 دیده شد. میانگین غلظت نیترات زه آب در شکل ۱۲ نشان داده شده است. بیشترین میزان غلظت نیترات در تاریخ ۶ اسفندماه با ۶/۴۱ میلی‌گرم بر لیتر در GN240 و کمترین آن در تاریخ ۲۱ دی‌ماه با ۱/۳۱ میلی‌گرم بر لیتر در NGN180 بود. به طور متوسط میزان نیترات در تیمار کودی ۲۴۰ کیلوگرم بر لیتر بیشتر از ۱۸۰ کیلوگرم به دست آمد. همانند نیتريت، مقدار نیترات در طول دوره رشد گیاه دارای نوسان بود که از اعمال کود نیتروژنه از منبع اوره در مراحل مختلف رشد تبعیت می‌کند. افزایش نیترات در مراحل پایانی رشد گیاه می‌تواند به دلیل افزایش دمای هوا، دوره طولانی‌تر بدون بارش و هوازای بودن خاک (ایجاد شرایط نیترات‌زایی) و کاهش نیاز گیاه به جذب نیتروژن باشد. نتایج آنالیز



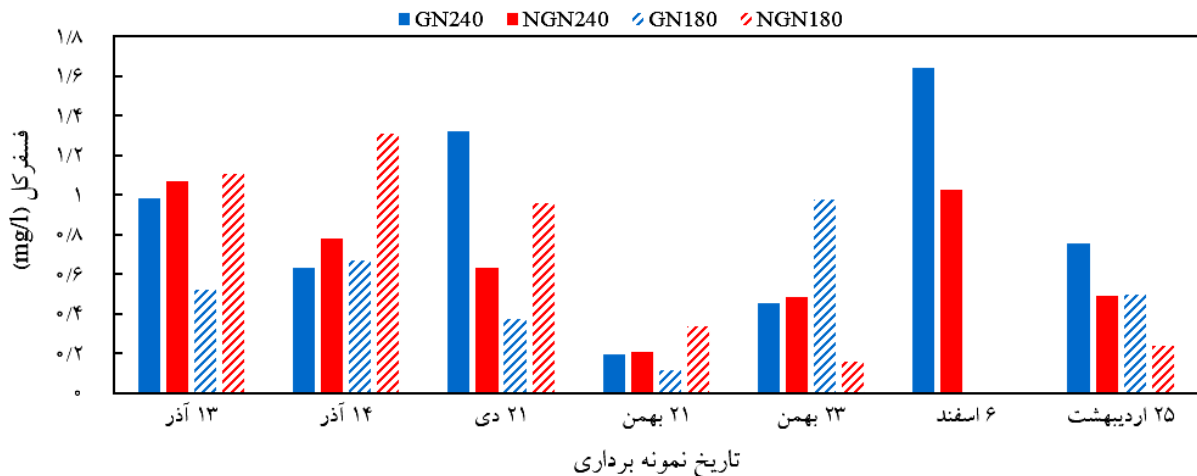
شکل ۱۱. میانگین غلظت نیتريت زه‌آب در تیمارهای مورد بررسی در طول دوره آزمایش



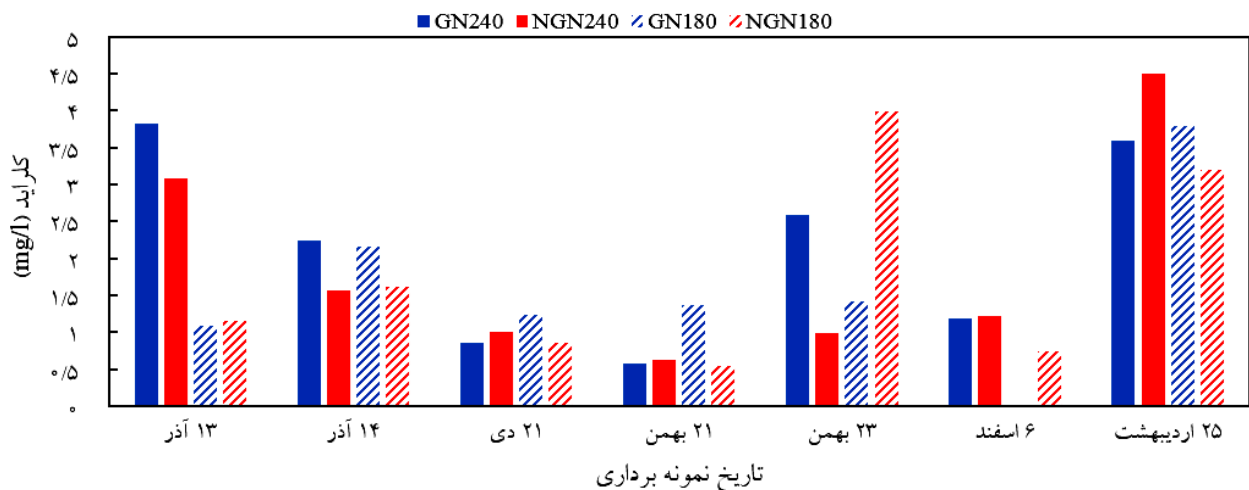
شکل ۱۲. میانگین غلظت نترات زه‌آب در تیمارهای مورد بررسی در طول دوره آزمایش



شکل ۱۳. میانگین غلظت فسفات زه‌آب در تیمارهای مورد بررسی در طول دوره آزمایش



شکل ۱۴. میانگین غلظت فسفر کل زه آب در تیمارهای مورد بررسی در طول دوره آزمایش



شکل ۱۵. میانگین غلظت کلراید زه آب در تیمارهای مورد بررسی در طول دوره آزمایش

رشد می‌تواند ناشی از ذرات معدنی موجود در شنی باشد که زهکش با آن پر شده است. کلراید در خاک به وسیله فضاهای تبادل‌پذیری نگهداری نمی‌شود و به آسانی از خاک شسته می‌شود (۱۴). جعفری تلوکلایی و همکاران (۱۹) اثر زهکش‌های زیرزمینی دارای عمق و فواصل مختلف بر تغییرات کلراید زه آب را در طول یک فصل کشت برنج و کلزا مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد، با گذشت زمان میزان کلراید کاهش یافته است؛ ولی پس از کوددهی و رسیدن کامل گیاه، مقدار کلراید افزایش نشان داده است.

۲۴۰ است. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، بیشترین میزان کلراید در تاریخ ۲۵ اردیبهشت ماه به میزان ۴/۴۹ میلی‌گرم بر لیتر در NGN240 و کمترین آن در تاریخ ۲۱ بهمن ماه به میزان ۰/۵۳ میلی‌گرم بر لیتر در NGN180 بود. به طور متوسط میزان کلراید در تیمار کودی کیلوگرم بیشتر از ۱۸۰ کیلوگرم بر لیتر به دست آمد. به طور متوسط مقدار کلراید در تیمار زهکشی سنتی کمتر از تیمار پر شده با شن به دست آمد؛ اما این تفاوت طبق آنالیز آماری نبود. بیشتر بودن کلراید در زه آب در تیمار زهکشی پر شده با شن در اوایل دوره

نتیجه‌گیری

درصد و کل جامدات معلق و کدورت در سطح احتمال پنج درصد و سایر پارامترها اثرگذار نبود. به‌طورکلی زهکش لانه‌موشی توانست سطح ایستابی را از عمق توسعه ریشه پایین‌تر بیاورد و دبی خروجی از زهکش لانه‌موشی سنتی ۴۹ درصد کمتر از زهکش لانه‌موشی پرشده با شن باشد. نتایج نشان داد، عکس‌العمل زهکش لانه‌موشی در تخلیه باران در حد قابل‌قبول $0/82$ بر روز است و بنابراین احداث زهکش لانه‌موشی در اراضی شالیزاری در استان گیلان برای توسعه کشت کلزا به‌عنوان کشت دوم در اراضی شالیزاری توصیه می‌شود. از آنجا که عمق نصب زهکش ۴۰ سانتی‌متر) با نتایج قابل‌قبولی همراه بود و باتوجه‌به وجود لایه سخت در اراضی شالیزاری، به نظر می‌رسد که عمق‌های بیشتر مناسب به نظر نمی‌رسد و بررسی روی تعیین فاصله مناسب زهکش لانه‌موشی در بافت خاک‌های با رس‌های متفاوت پیشنهاد می‌شود.

در این پژوهش، اثر زهکشی لانه‌موشی سنتی و پرشده با شن و میزان کود نیتروژن در دو سطح ۱۸۰ و ۲۴۰ کیلوگرم بر هکتار بر کمیت و کیفیت زه‌آب کشت کلزا در اراضی شالیزاری مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد، بیشترین میانگین اسیدیته و کل جامدات معلق به ترتیب با $7/49$ و $281/25$ میلی‌گرم بر لیتر به ترتیب در زهکش لانه‌موشی پر شده با شن و زهکش لانه‌موشی سنتی بود. بیش‌ترین میانگین هدایت الکتریکی به میزان 651 میکروموس بر سانتی‌متر در زهکش لانه‌موشی سنتی و تیمار کودی ۲۴۰ دیده شد. بیش‌ترین میانگین قلیائیت در زهکش لانه‌موشی سنتی و تیمار کودی ۲۴۰ دیده شد. بیش‌ترین میانگین کدورت به میزان $67/76$ ان تی یو در زهکش لانه‌موشی و تیمار کودی ۱۸۰ دیده شد. نتایج آنالیز آماری نشان داد، تیمار زهکشی بر پارامترهای اسیدیته و هدایت الکتریکی در سطح احتمال یک

منابع مورد استفاده

1. Aboelsoud, H., B., Engel and K., Gad. 2020. Effect of planting methods and gypsum application on yield and water productivity of wheat under salinity conditions in North Nile Delta. *Agronomy*. 10:853.
2. Abou Hussien, E. H. A., W. M. Nada and H. Mahrous. 2020. Subsoiling Tillage and Compost Applications in Relation to Saline Soil Properties and its Productivity of Wheat. *Environment, Biodiversity and Soil Security*. 4:253-266.
3. Aiad, M. A. 2014. Effect of Mole Drains and Compost Application on Some Soil Properties, Water Relations and Its Productivity at North Delta. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*. 5: 219-236.
4. Alexander, J. T., F. I. Hai, and T. M. Al-Aboud. 2012. Chemical coagulation-based processes for trace organic contaminant removal: Current state and future potential. *Journal of Environmental Management*. 111:195-207.
5. Alizadeh, A. 2013. Principles of planning and designing new land drainage systems. Emam Reza University Publication. PP. 161, Mashhad (in Farsi).
6. Antar, S. A., A. S. El-Henawy and A. A. E. Atwa. 2008. Improving some properties of heavy clay salt affected soil as a result of different subsurface tillage. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*. 33:7675-7687.
7. Aslani, F., A. H. Nazemi, S. A. A. Sadreddini, A. Fakheri Fard, and M. A. Ghorbani. 2011. An Estimation of Appropriate Depth and Spacing of Subsurface Drains Based on Drainage Water Quality. *Iranian Journal of Soil and Water Research*. 41 (2): 139-146 (in Farsi).
8. Bayoumi, M. 2019. Impact of mole drains and soil amendments application on management of salt affected soils. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*. 10: 209-217.
9. Darzi Naftchally, A., S. M. Mirlatifi, A. Shahnazari, F. Ejlali and M. H. Mahdian. 2012. Influence of Surface and subsurface Drainage on Phosphorus losses from Paddy Fields in Rice Season. *Iranian Irrigation and Drainage Association*. 6 (3): 215-225.
10. Djodjic, F., K. Börling and L. Bergström. 2004. Phosphorus leaching in relation to soil type and soil phosphorus content. *Journal of Environmental Quality*. 33:678-684.
11. Dousti Pashakolae, S., A. Shahnazari and M. Jafari Talukolae. 2017. Investigation of canola yield as a second crop in paddy fields under subsurface drainage. *Journal of Water and Soil Conservation*. 24 (1): 237-249.

12. El-Adl, M. A., 2011. Effect of different types of mole drains composition on some clay soil properties and wheat yield. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*. 2:109-120.
13. El-Sanat, G., M. Aiad and M. Amer. 2017. Impact of some soil amendments and different tillage depths on saline heavy clay soils properties and its yield water productivity. *International Journal of Plant and Soil Science*. 14:1-13.
14. Fageria, N. K., V. C. Baligar and R. B. Clark. 2002. Micronutrients in crop production. *Advances in Agronomy*. 77:185-268.
15. Farzam Sefat, A., M. Parsinejad, M. R. Yazdani, J. Shariatmadari, H. Noori, S. F. Moosavi and F. Ejlali. 2010. Effect of Drainage Rate in Different Growth Stages of Canola as a Second Crop in Paddy Fields (Case Study: Guilan Province). *Iranian Journal of Soil and Water Research*. 40 (1): 111-119.
16. Ghane, E., M. Feizi, B. Mostafazadeh-Fard and E. Landi. 2009. Water productivity of winter wheat in different irrigation/planting methods using saline irrigation water. *International Journal of Agriculture and Biology*. 11:131-137.
17. Haghdoost, R. and M., Solaymani. 2016. Evaluation of Drainage Effluent and its Impact on Shadegan Pond Water Quality Concerning Alkalinity, Turbidity, TSS. *Water Engineering*. 2 (2): 143-150.
18. Hasanpour Nodehi, M., M. Navabian and M. Esmaeili Varaki. 2019. Assessment of agricultural drainage water for safe reuse in irrigation purposes and discharge to environment (Case study: unit F4 of Sefiedrod irrigation and drainage network). *Iranian Irrigation and Drainage Association*. 13 (4): 909-918.
19. Jafari Talukolaee, M., A. Shahnazari, M. Kh. Ziatabar Ahmadi and A. Darzi Naftchali. 2014. Investigation of Subsurface Drainage Water Quality in Paddy Fields Based on the Design Parameters. *Journal of Irrigation Sciences and Engineering*. 37 (4): 109-111.
20. King, K. W., N. R. Fausey and M. R. Williams. 2014. Effect of subsurface drainage on streamflow in an agricultural headwater watershed. *Journal of Hydrology*. 519: 438-445.
21. Kolekar, O. L., S. A. Patil, S. B. Patil and S. D. Rathod. 2011. Effect of different mole spacing on the yield of summer groundnut. *International Journal of Agricultural Engineering*. 4:82-85.
22. Kumar, A., K. D. Sharma and A. Yadav. 2010. Enhancing yield and water productivity of wheat (*Triticum aestivum*) through furrow irrigated raised bed system in the Indo-Gangetic Plains of India. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 80:198.
23. Mathew, E. K., R. K. Panda and M. Nair. 2001. Influence of subsurface drainage on crop production and soil quality in a low-lying acid sulphate soil. *Agricultural Water Management*. 47:191-209.
24. Memari, N. 2017. Assessing HYDRUS-2D model to simulate subsurface drainage performance in faba bean (*Vicia faba L.*) cultivation as second crop in paddy field. Master Thesis. University of Guilan. Guilan. I.R. Iran.
25. Mirzaei, F., Z. Sojoodi and E. Shahriari. 2019. Determination of the Relationship between Water Turbidity (NTU) and Total Suspended solids (TSS) in drip irrigation. *Journal of Environmental Research and Technology*. 4 (6): 47-54.
26. Moazeni, S. M. R., M. Navabian and M., Esmaeili Varaki. 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.
27. Mohammadpoor, F. and M. Navabian. 2021. 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 Irrigation and Drainage Association*. 13 (4): 973-986.
28. Nada, W. M., M. F. Tantawy, M. M. Hamad and E. G. Abo-Elela. 2023. Integrated Effect of Mole Drains Systems and Planting Methods on Saline Soil Chemical Properties and Wheat Productivity. *Egyptian Journal of Soil Science*, 63 (2): 163-176.
29. Neumann, G. and V. Romheld. 2000. Root-induced changes in the availability of nutrients in the rhizosphere. *Instiyut fur Pflanzenernahrung (330)*, Universitat Hohenheim, D-70593 Stuttgart, Germany.
30. Nori, H., A. Lighat and H. Nori. 2007. Improving the quality of drainage water using water table management in arid and semi-arid regions of Iran. The second water resources management conference. Isfahan University of Technology. Isfahan.
31. Polat, M. Y. and M. E. Bilgili. 2023. A brief overview to give a new perspective on mole drainage. *International Journal of Agricultural Science Food Technology*, 9 (2): 016-020.
32. Pourcel, F., S. Duchesne and M. Ouellet. 2020. Evolution of the relationship between total suspended solids concentration and turbidity during flushing sequences of water pipes. *Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA*, 69: 376-386.
33. Rice, E. W., R. B. Baird, A. D. Eaton and L. S. Clesceri. 2012. Standard methods for the examination of water and wastewater, 22nd edition. *American Public Health Association (APHA)*, American Water Works Association (AWWA) and Water Environment Federation (WEF), Washington, D.C., USA.

34. Satyanarayana, T.V. and J. Boonstra. 2007. Subsurface drainage pilot area experiences in three irrigated project commands of Andhra Pradesh in India. *Irrigation and Drainage: The journal of the International Commission on Irrigation and Drainage*. 56:245-252.
35. Singh, R., K. R. Rao, R. K. Singh, K. P. Singh and S. K Singh. 2022. Drainage Technologies for Enhancing Productivity of Temporary Waterlogged Vertisols. *Journal of Agricultural Engineering India*. 59:279-292.
36. Tuohy, P., J. Humphreys, N. M. Holden and O. Fenton. 2015. Mole drain performance in a clay loam soil in Ireland. *Acta Agriculture Scandinavica, Section B - Soil and Plant Science*. 65:2-13.
37. Tuohy, P., J. Humphreys, N. M. Holden and O. Fenton. 2016. Runoff and subsurface drain response from mole and gravel mole drainage across episodic rainfall events. *Agricultural Water Management*. 169: 129-139.
38. Valbuena-Parralejo, N., O. Fenton, P. Tuohy, M. Williams, G. J. Lanigan and J. Humphreys. 2018. Phosphorus and nitrogen losses from temperate permanent grassland on clay-loam soil after the installation of artificial mole and gravel mole drainage. *Science of the Total Environment*. 659: 1428-1436.
39. Wahba, M. and E. Christen. 2006. Modeling subsurface drainage for salt load management in southeastern Australia. *Irrigation and Drainage Systems*. 20: 267-282.

Evaluation of Mole Drainage and Nitrogen Fertilizer Management on Rapeseed Drain Water in Paddy Fields

E. Karamian¹, M. Navabian^{2*}, M. H. Biglouie¹ and M. Rabiee³

(Received: October 1-2023 ; Accepted: January 6-2024)

Abstract

Cultivation of rapeseed as the second crop requires drainage systems in most of the paddy fields of the Guilan province. Mole drainage, as a low-cost and shallow drainage method that is suitable for rice cultivation conditions and easier to implement than pipe drainage, can be a solution in the development of second-crop cultivation. The present study was conducted to evaluate the drainage of mole drainage and nitrogen fertilizer management on the quantity and quality of drainage at Guilan University. In this regard, an experiment was conducted under two treatments including drainage and nitrogen fertilizer (i.e. traditional mole drainage and sand-filled mole drainage), and 180 and 240 kg of nitrogen fertilizer per hectare in three replications. After each rainfall during the plant growth period, water samples were taken from the drains, and parameters of electrical conductivity, pH, total suspended solids, total phosphorus, turbidity, concentrations of ammonium, chloride, nitrite, nitrate, and phosphate were measured. Also, the outflow from the drains and the water table level were measured by piezometers during the rain and after that. The results of the mean comparison of pH and total suspended solids showed that most of them were obtained with 7.49 and 281.25 mg/liter, respectively, in the mole drain filled with sand and the traditional mole drainage and 180 fertilizer treatment. The highest mean of electrical conductivity and turbidity was observed as 651 micro mhos/cm in the traditional mole drainage and 240 fertilizer treatment and with 67.76 NTU in the traditional mole drainage and 180 fertilizer treatment. The statistical analysis showed that the effect of drainage treatment on the amounts of ammonium, nitrite, nitrate, phosphate, and total phosphorus was not significant. The outflow from the traditional mole drainage was 49% lower than the sand-filled mole drainage. The traditional and sand-filled mole drains were able to drain excess water with average reaction coefficients of 0.8 and 0.83 per day during the growth period, respectively. Considering the speed of water discharge, drain discharge, and the main non-significance of qualitative parameters among drainage treatments, mole drainage filled with sand is recommended for the development of rapeseed cultivation in paddy fields.

Keywords: Heavy soil texture, Drain discharge, Subsurface drainage, Drain water quality

1. Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture Science, University of Guilan, Rasht, Iran.

2. Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture Science, University of Guilan, Rasht, Iran, Department of Water Engineering and Environment, Caspian Sea Basin Research Center, University of Guilan, Rasht, Iran.

3. Country Rice Research Institute, Rasht, Iran.

*: Corresponding author, Email: navabian@guilan.ac.ir