

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

ابراهیم کریمیان<sup>۱</sup>، مریم نواییان<sup>۲\*</sup>، محمد حسن بیگلویی<sup>۱</sup> و محمد ربیعی<sup>۴</sup>

(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 کم هزینه، کم عمق، 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 مد نظر 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، فسفات و سولفات اندازه‌گیری شدند. همچنین در هنگام بارندگی و پس از آن دبی خروجی از زهکش‌ها و سطح ایستایی توسط پیژومترها 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 پر شده 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 آن 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، فسفات و فسفر کل معنی‌دار نبود. دبی خروجی از زهکش لانه‌موشی سنتی ۴۹ درصد کمتر از زهکش لانه‌موشی پر شده با شن بود. زهکش لانه‌موشی سنتی و پر شده با شن توانستند به ترتیب با ضریب عکس‌العمل میانگین در طول دوره رشد ۰/۸ و ۰/۸۳ بر روز باران را تخلیه نمایند. با توجه به 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. آبیاری و زهکشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

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

۳. پژوهشگر 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 ۳۳) 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 آن‌جا که 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 فرآیند 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 (۴۰).

دوستی پاشاکلاپی 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 ایستابی پایین‌تر از ۳۰ سانتی‌متر قرار گرفت که باعث جوانه‌زنی بیشتر و در نتیجه تعداد بوته بیشتری در اراضی شد. به‌طور کلی، 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 به‌دست آمد.

توهی و همکاران (۳۵) در آزمایشی برای کارایی زهکش لانه‌موشی سنتی و زهکش لانه‌موشی پر شده با شن روی یک خاک لوم رسی در جنوب ایرلند دریافتند که زهکش لانه‌موشی پر شده با شن در حذف آب مازاد نسبت به زهکش لانه‌موشی سنتی موفق‌تر عمل کرد. توهی و همکاران (۳۶) از طریق مقایسه اثربخشی زهکش لانه‌موشی سنتی و زهکش لانه‌موشی پر شده 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 پر شده 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 پر شده با شن خارج شد.

یکی از نگرانی‌های توسعه زهکشی، اثرگذاری کیفیت زه‌آب بر محیط زیست 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

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 دریافتند 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 بالا 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).

با توجه به 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.

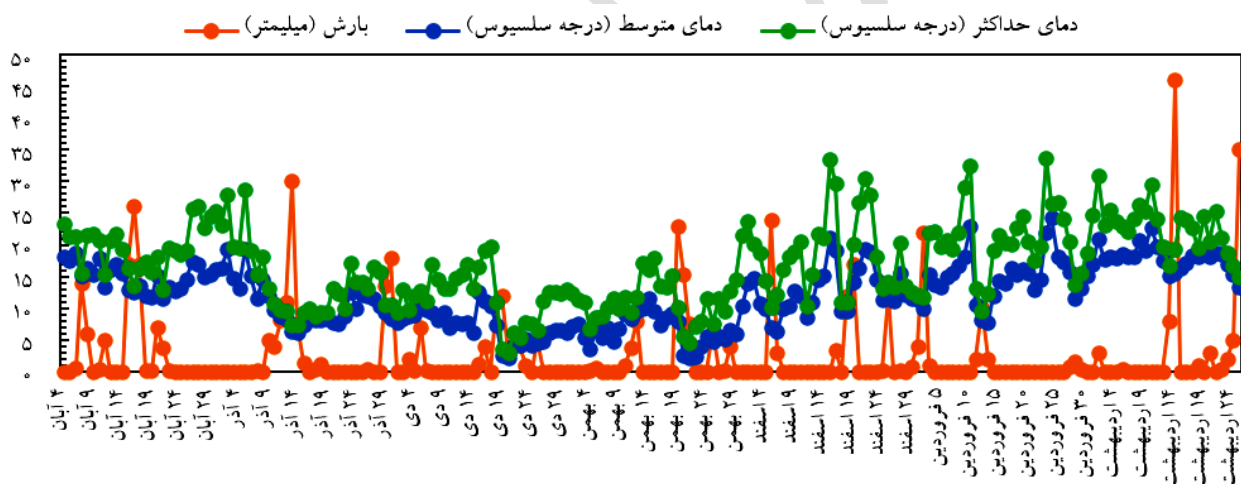
### مواد و روش‌ها

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 آب و هوای آن از نوع آب و هوای 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.

ایرلند دریافتند که زهکش لانه‌موشی سستی و زهکش لانه‌موشی با 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 که 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 که 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 لایسیمتری پرداختند. نتایج نشان داد که 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 نوابیان (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 ۴۵ و ۳ 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

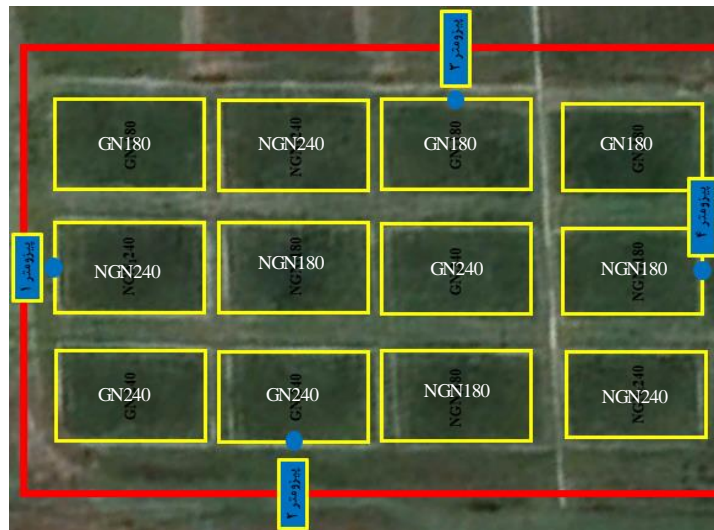


شکل ۱. اطلاعات هواشناسی در محدوده زمانی آزمایش در ایستگاه هواشناسی کشاورزی رشت

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 خرد شده 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 متر



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

دبی خروجی از زهکش‌ها (به روش حجمی) و سطح ایستابی توسط پیژومترهای نصب شده در عمق ۴۰ سانتی‌متری اندازه‌گیری شدند (شکل ۱). هدایت الکتریکی نمونه‌ها با استفاده از دستگاه Multiconductivimeter مدل 4520 شرکت Jenway و اسیدیته توسط دستگاه pH متر مدل BASIC 20+ شرکت CRISON اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری کل جامدات معلق زه‌آب ابتدا کاغذهای صافی ۴۲ میکرون به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. وزن کاغذ صافی خشک شده 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 خشک شده در مرحله اول (میلی‌گرم)،  $W_2$ ، وزن کاغذ صافی در مرحله دوم (میلی‌گرم) و  $V$  حجم نمونه مورد آزمایش (میلی‌لیتر) هستند.

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 آذر ماه در مرحله سبز شدن و جوانه زدن (قبل از چند برگگی شدن)، ۱۴ دی ماه در مرحله ۶ تا ۸ برگگی، پس از خاتمه مرحله روزت زمانی که دمای هوا هنوز کم بود و بوته‌ها در آغاز خروج از خواب زمستانه بودند و ۳۰ بهمن ماه در مرحله غنچه‌دهی و ساقه رفتن (پیش از مرحله گلدهی) به کار گرفته 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 فیلتر کردن نمونه‌ها، پارامترهای کیفی مانند اسیدیته (pH)، هدایت 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

بارش در تیمار ۱۸۰ کیلوگرم به دلیل ترک‌های بیشتر، دبی زهکش بیشتر شد.

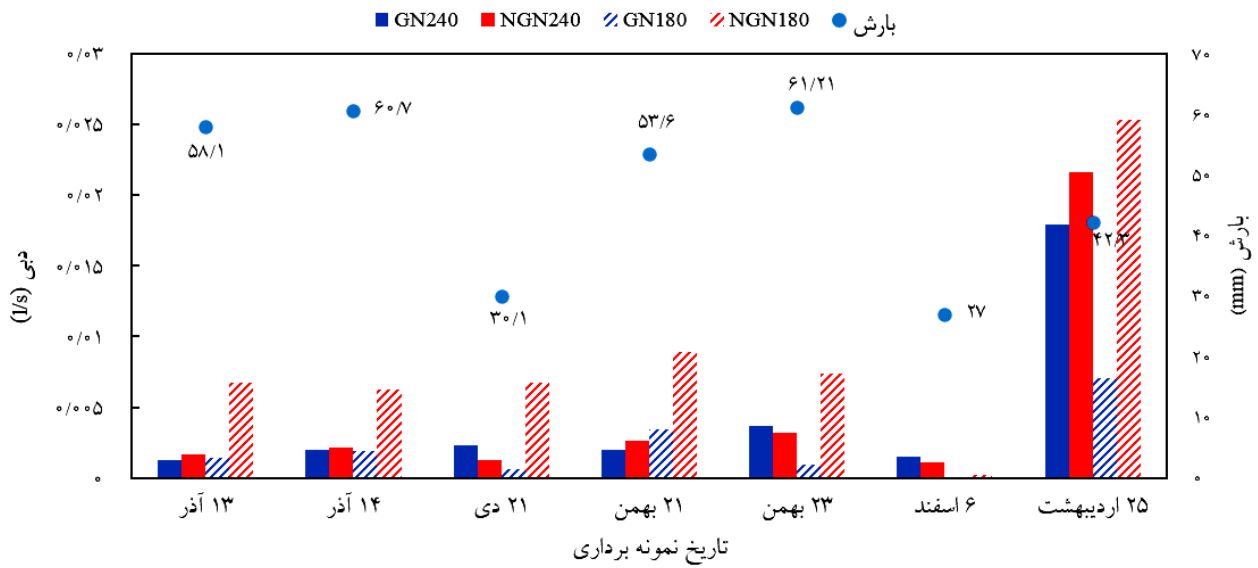
شکل ۴ روند تغییرات سطح ایستابی پس از هر بارش را نشان می‌دهد. در پیزومترها نوسانات سطح ایستابی ارتباط مستقیم با بارش در طول فصل رشد داشت. وضعیت سطح ایستابی و دبی خروجی از زهکش‌ها پس از هر بارندگی نشان داد که زهکش‌ها نه تنها مانع از آب‌ماندگی در سطح خاک شدند بلکه سطح آب خاک را از عمق توسعه ریشه (بین ۳۰ تا ۳۵ سانتی‌متر بر اساس اندازه‌گیری مزرعه‌ای پس از برداشت کلزا) پایین‌تر آورد. فرزمام‌صفت و همکاران (۱۵) طی پژوهشی در استان گیلان نشان دادند که 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 (پیزومترهای ۲ و ۴). در پیزومترهای ۱ و ۳، که به ترتیب مجاور نهر آبیاری و زهکشی بودند، شیب کاهش سطح ایستابی ملایم به‌دست 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 پیزومترهای ۱، ۲، ۳ و ۴ به ترتیب برابر با ۰/۳۳، ۰/۸۲، ۰/۳۷ و ۰/۸۰ بر روز به‌دست آمد. مطابق با نتایج، اولین و آخرین بارش دارای بیشترین سرعت تخلیه بودند. پیزومتر ۲ نسبت به پیزومتر ۴ سرعت بیشتری در تخلیه آب داشت که نشان می‌دهد زهکش پر شده با شن نسبت به زهکش لانه‌موشی سستی در خروج آب موفق‌تر عمل کرد هر چند تفاوت مشاهده شده محسوس نبود. توهی و همکاران (۳۶) در زهکش لانه‌موشی پر شده با شن که عمق نصب آن ۱۵ سانتی‌متر کمتر از زهکش لانه‌موشی سستی بود، سرعت تخلیه بیشتر را گزارش کردند. معماری (۲۴) ضریب عکس‌العمل زهکش زیرزمینی نصب شده در عمق ۷۰ سانتی‌متری با پوشش ژئوتکستایل در یک خاک لوم سیلتی

کدورت نمونه‌ها با استفاده از دستگاه کدورت سنج مدل Lovibond TB 300 IR) اندازه‌گیری شد. ابتدا نمونه‌ها کاملاً مخلوط و پس از از بین رفتن حباب در هوا میزان کدورت قرائت شد (۳۲). برای اندازه‌گیری مقادیر غلظت آمونیوم، کلراید، نیتريت، نترات، فسفات، فسفر و سولفات زه‌آب، از دستگاه یون کروماتوگراف مدل (S151 G, Sykam, Germany) استفاده شد. در نهایت، روی مقادیر پارامترهای کیفی زه‌آب آزمون آماری در سطح احتمال یک و پنج درصد محیط SAS انجام شد.

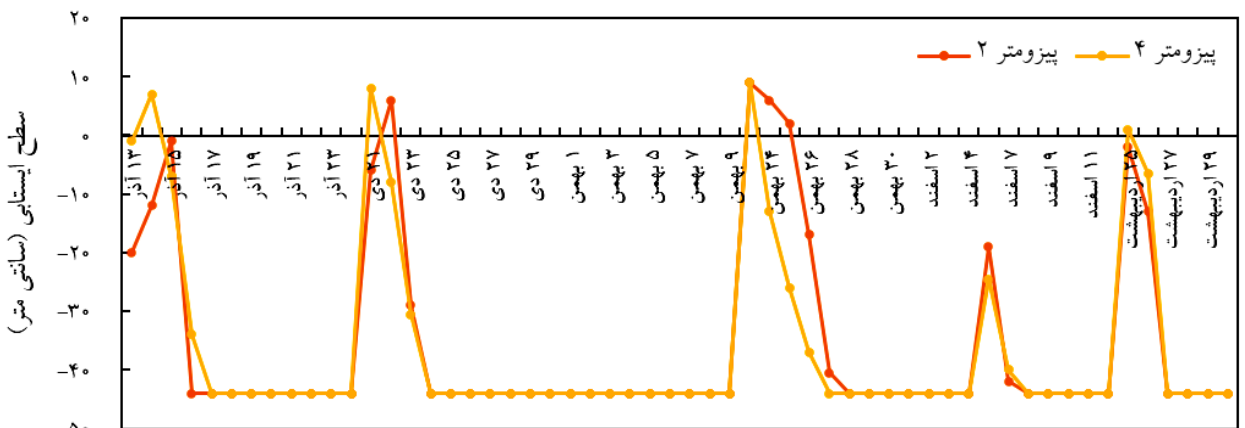
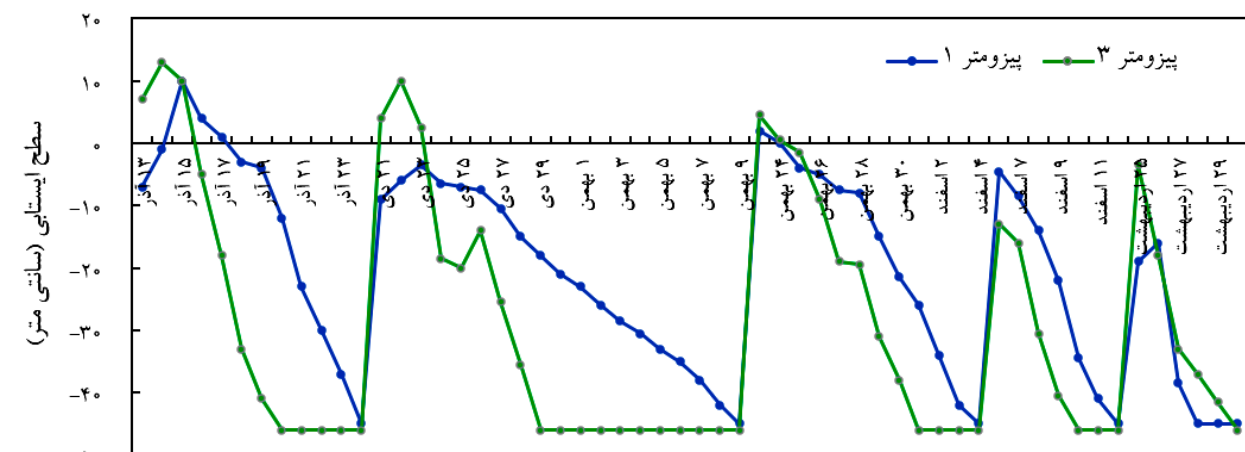
## نتایج و بحث

### روند تغییرات دبی خروجی از زهکش و سطح ایستابی

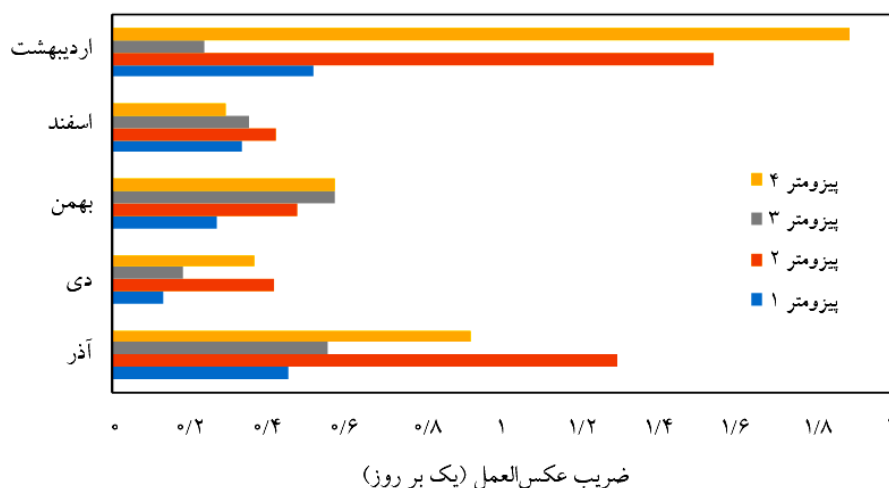
شکل ۳ دبی خروجی از زهکش‌ها پس از هر بارش در هفت تاریخ نمونه‌برداری را نشان می‌دهد. بیشترین دبی در تاریخ ۲۵ اردیبهشت ماه برابر با ۰/۰۲ لیتر بر ثانیه در تیمار NGN180 و کمترین آن در تاریخ ۶ اسفند ماه برابر با ۰/۰۰۰۲ لیتر بر ثانیه در تیمار NGN180 به‌دست آمد. به نظر می‌رسد که دبی خروجی تحت تأثیر پوشش گیاهی، ایجاد درز و ترک ناشی از تغییرات رطوبت خاک و دوره خشکی قرار دارد به‌طوری که در ۲۵ اردیبهشت و ۱۳ آذر ماه به ترتیب با ۳۵ و ۳۰ میلی‌متر بارش، دبی خروجی از زهکش تفاوت زیادی مشاهده شد. به نظر می‌رسد ایجاد درز و ترک بیشتر در اردیبهشت ماه ناشی از افزایش دمای هوا عامل این مسئله باشد. کمتر بودن دبی زه‌آب در اسفند ماه 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. به‌طور متوسط مقدار دبی خروجی در تیمار کود ۱۸۰ کیلوگرم نسبت به ۲۴۰ کیلوگرم بیشتر به‌دست 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



شکل ۳. روند تغییرات دبی خروجی زهکش‌های لانه‌موشی



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



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

قرار می‌گیرد (۲۹). همچنین یون هیدروژن موجود در آمونیوم کود اوره در اسیدی‌تر کردن محیط خاک نقش دارد. وضعیت سطح ایستابی ثبت شده در پیزومترهای ۲ و ۳ (به ترتیب مجاور تیمار ۲۴۰ و ۱۸۰ کیلوگرم)، نشان می‌دهد که مقدار رطوبتی بیشتر خاک در تیمار کودی ۲۴۰ کیلوگرم بعلاوه 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 پر شده با شن در غالب موارد برابر و یا در تیمار پر شده با شن قلیایی‌تر بود. شکل ۶ نشان می‌دهد که تغییرات پارامتر اسیدیته در طول دوره نمونه‌برداری کم بود همچنین اسیدیته زه‌آب در اکثر کرت‌های آزمایشی اسیدی بوده که بین ۷/۴۹ تا ۶/۰۹ متغیر است. نتایج آنالیز آماری نشان داد که تیمارهای کودی و زهکشی بر اسیدیته زه‌آب خروجی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود.

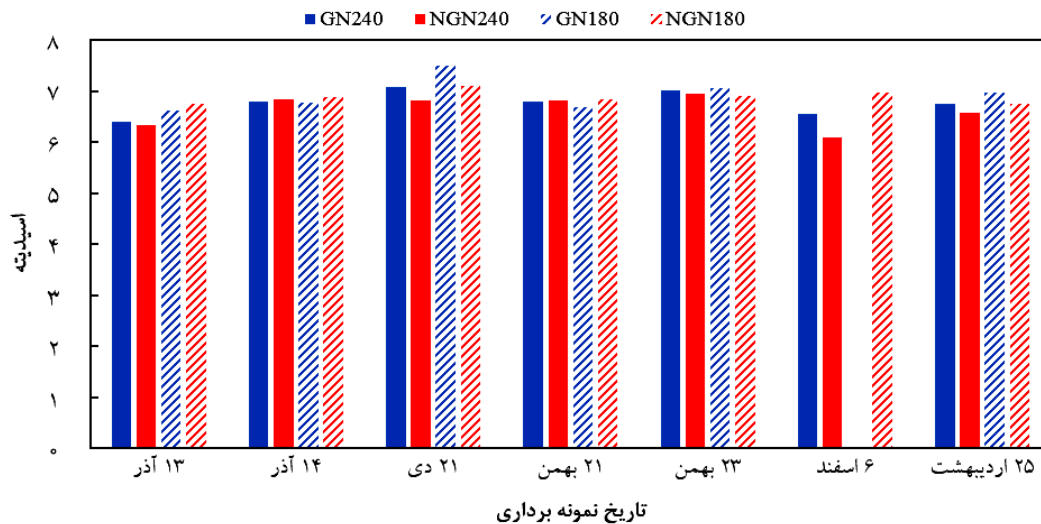
نتایج میانگین میزان هدایت الکتریکی زه‌آب خروجی در هفت تاریخ نمونه‌برداری در شکل ۷ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود بیشترین میزان هدایت الکتریکی در تاریخ ۲۵ اردیبهشت ماه با ۶۵۱ میکروموس بر سانتی‌متر در NGN240 بود که حجم بالای دبی زهکش در این تاریخ می‌تواند عامل این شرایط باشد. در صورتی که کمترین آن در تاریخ ۲۳ بهمن ماه با ۲۱۲ میکروموس بر سانتی‌متر در NGN180 بود.

تحت کشت پاج باقلا را ۰/۳ بر روز برای یک بارش یک روزه گزارش داد. مقایسه همچنین موذنی و همکاران (۲۶) ضریب عکس‌العمل زهکش نصب شده در عمق ۶۰ سانتی‌متری با پوشش ژئوتکستایل و تحت کشت تریتی‌کاله در بافت خاک لوم سیلتی را برای باران دو و سه روزه به ترتیب ۰/۰۹۴ و ۰/۰۵۴ بر روز بیان کرد. مقایسه نتایج این پژوهش با پژوهش‌های ذکر 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.

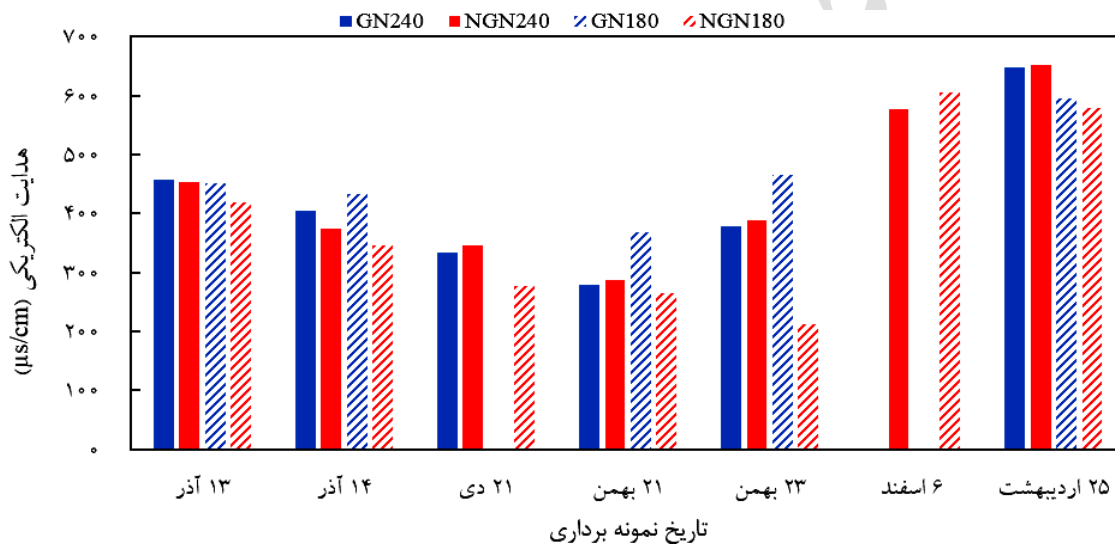
#### روند تغییرات پارامترهای کیفی زه‌آب

نتایج میانگین میزان اسیدیته زه‌آب خروجی در هفت تاریخ نمونه‌برداری در شکل ۶ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود بیشترین میزان اسیدیته در تاریخ ۲۱ دی ماه با ۷/۴۹ در تیمار GN180 بود. در صورتی که کمترین آن در تاریخ ۶ اسفند ماه با ۶/۰۹ در تیمار NGN240 بود. به‌طور متوسط مقدار اسیدیته در تیمار کود ۱۸۰ کیلوگرم نسبت به ۲۴۰ کیلوگرم بیشتر به سمت قلیائیت به‌دست آمد. pH رابزوسفر بسته به نوع خاک، میزان رطوبت خاک، تهویه خاک، تولید CO<sub>2</sub> توسط میکروارگانیسم و ترشحات ریشه تحت تأثیر





شکل ۶. میانگین اسیدیته زه‌آب در طول دوره کشت کلزا



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

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 سنتی میزان افزایش بیشتر از پر شده با شن بود. بنابراین در خاک‌هایی که نیاز به اصلاح شوری است، گزینه زهکش لانه‌موشی سنتی قابل توصیه است.

مقادیر شوری زه‌آب در طول دوره رشد نوسان داشت و نتایج آنالیز آماری نشان داد که تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک

میانگین زمانی هدایت الکتریکی در تیمارهای GN240، GN180، NGN240 و NGN180 به ترتیب ۴۷۹، ۴۹۰، ۴۷۷ و ۳۹۷ میکروموس بر سانتی‌متر به دست آمد. در تیمار زهکشی سنتی و پر شده با شن، تیمار کودی ۲۴۰ کیلوگرم به ترتیب ۲ درصد کمتر و ۱۷ درصد بیشتر نسبت به تیمار کودی ۱۸۰ کیلوگرم، املاح از خاک خارج نمود. بیشتر بودن میانگین هدایت الکتریکی در تیمار کودی ۱۸۰ نسبت به ۲۴۰ کیلوگرم در تیمار زهکشی پر شده با شن، به دلیل مقادیر اولیه بیشتر هدایت الکتریکی خاک کرت‌های آن تیمار بود. مقایسه هدایت

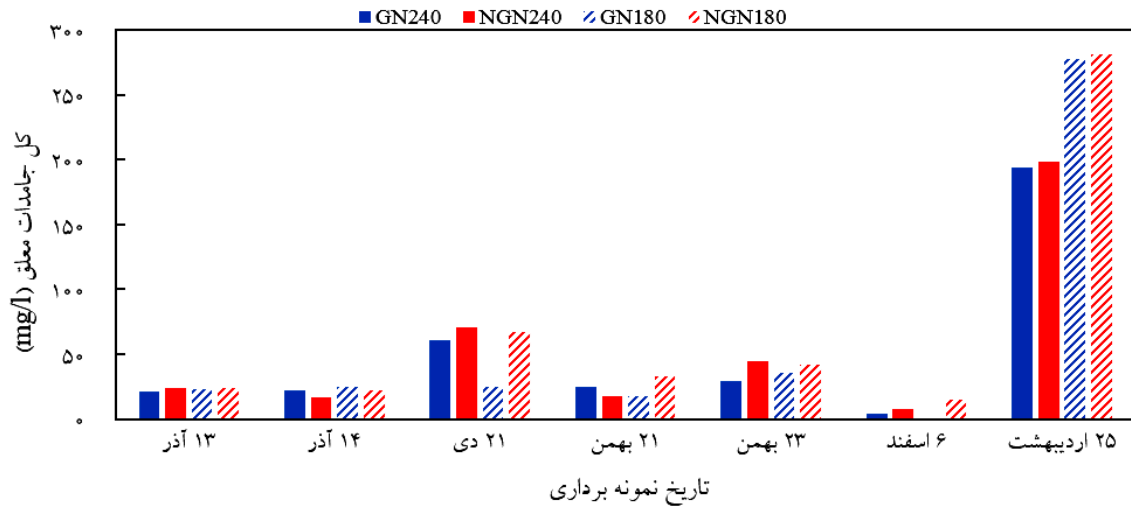
۲۱ بهمن ماه برابر با ۹/۳۲ ان تی یو در GN240 بود. مشابه با کل جامدات معلق به طور متوسط میزان کدورت در تیمار کودی ۲۴۰ کیلوگرم کمتر از ۱۸۰ کیلوگرم به دست آمد. همچنین به طور متوسط مقدار کدورت در تیمار زهکشی بدون شن بیشتر از تیمار پر شده با شن به دست آمد اما تفاوت آن‌ها طبق آنالیز آماری معنی دار نبود. کدورت در اثر وجود مواد معلق و املاح حل شده در آب است و معیاری برای تعیین میزان جذب یا پراکندگی نور است (۴). بنابراین روند کاهشی به دست آمده در میزان کدورت نشان از وجود مواد محلول در زه آب در ابتدای دوره آزمایش دارد که با گذشت زمان از میزان آن کاسته شده و بر اثرگذاری مواد معلق بر کدورت افزوده می شود. پورسل و همکاران (۳۰) رابطه بین کل جامدات معلق در لوله های آب در شستشوی مکرر و کدورت را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که نسبت بین کدورت و کل جامدات معلق در نمونه ها تا چندین برابر با یکدیگر فرق دارند و آن متاثر از منشاء ذرات معلق و زمان نمونه گیری و روش شستشو است. میرزایی و همکاران (۲۵) نشان دادند که با افزایش کل جامدات معلق جامد، کدورت آب با شیب زیادی افزایش می یابد.

میانگین غلظت آمونیوم زه آب در هفت تاریخ نمونه برداری در شکل ۱۰ نشان داده شده است. بیشترین میزان آمونیوم در تاریخ ۱۳ آذر ماه به میزان ۱/۹۶ میلی گرم بر لیتر در NGN240 و کمترین آن در تاریخ ۲۱ بهمن ماه به میزان ۰/۴۳ میلی گرم بر لیتر در NGN180 بود. به طور متوسط میزان آمونیوم در تیمار کودی ۲۴۰ کیلوگرم بیشتر از تیمار ۱۸۰ کیلوگرم بود. همان طور که در شکل ۱۰ مشاهده می شود 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 زهکش ها مشاهده شد. از آن جا که آمونیوم دارای بار مثبت بوده و حرکت محدودی در خاک دارد، ذرات فرسایش یافته خاک و جامدات معلق خروجی از زهکش ها عامل حضور آمونیوم در زهکش ها

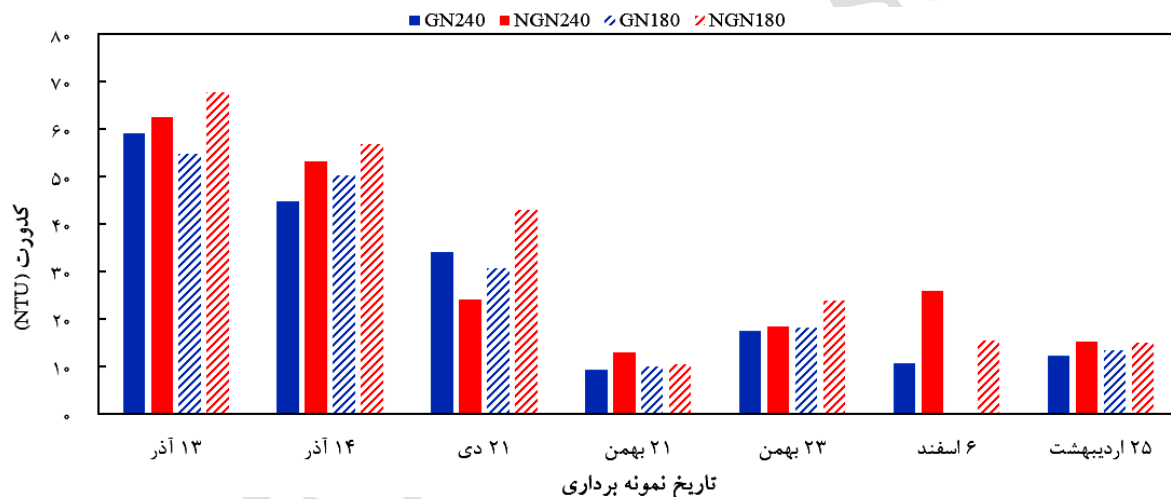
درصد در میزان شوری زه آب خروجی تیمارهای زهکشی مشاهده شد اما تیمار کودی اثر معنی داری بر شوری زه آب نداشت. چندین پژوهش، کاهش هدایت الکتریکی زه آب نسبت به هدایت الکتریکی اولیه خاک را به افزایش آبشویی و عمق زهکش لانه موشی، کاهش جرم مخصوص ظاهری و به تبع آن افزایش تخلخل کل خاک تحت زهکشی نسبت دادند (۲، ۱۳ و ۲۱). بر اساس نتایج، زهکش لانه موشی قادر به شستشوی املاح 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 زه آب در هفت تاریخ نمونه برداری در شکل ۸ نشان داده شده است. بیشترین کل جامدات معلق در تاریخ ۲۵ اردیبهشت ماه با ۲۸۱/۲۵ میلی گرم بر لیتر در NGN180 پس از یک بارش شدید و دوره طولانی خشکی خاک روی داد. در صورتی که کمترین آن در تاریخ ۶ اسفند ماه با ۳/۷۵ میلی گرم بر لیتر در GN240 بود. به طور متوسط میزان کل جامدات معلق در هر دو تیمار زهکشی غالباً در تیمار کودی ۲۴۰ کیلوگرم کمتر از ۱۸۰ کیلوگرم به دست آمد که می تواند ناشی از تاثیر نیتروژن بیشتر (به عنوان ماده آلی) بر بهبود ساختمان خاک باشد. مطابق شکل ۸، میانگین کل جامدات معلق زه آب خروجی از زهکش ها در ابتدای نمونه برداری کم بود که با گذشت زمان تقریباً میزان کل جامدات معلق زه آب خروجی افزایش داشت. به طور متوسط مقدار کل جامدات معلق در تیمار زهکشی سنتی بیشتر از تیمار پر شده با شن به دست آمد. بیشتر بودن کل جامدات معلق در زه آب در تیمار زهکشی پر شده با شن در اوایل دوره رشد می تواند ناشی از ذرات معدنی موجود در شنی باشد که زهکش با آن پر شده است. نتایج آنالیز آماری نشان داد که جامدات معلق زه آب در تیمارهای زهکشی و کودی به ترتیب در سطح اطمینان پنج و یک درصد معنی داری بودند.

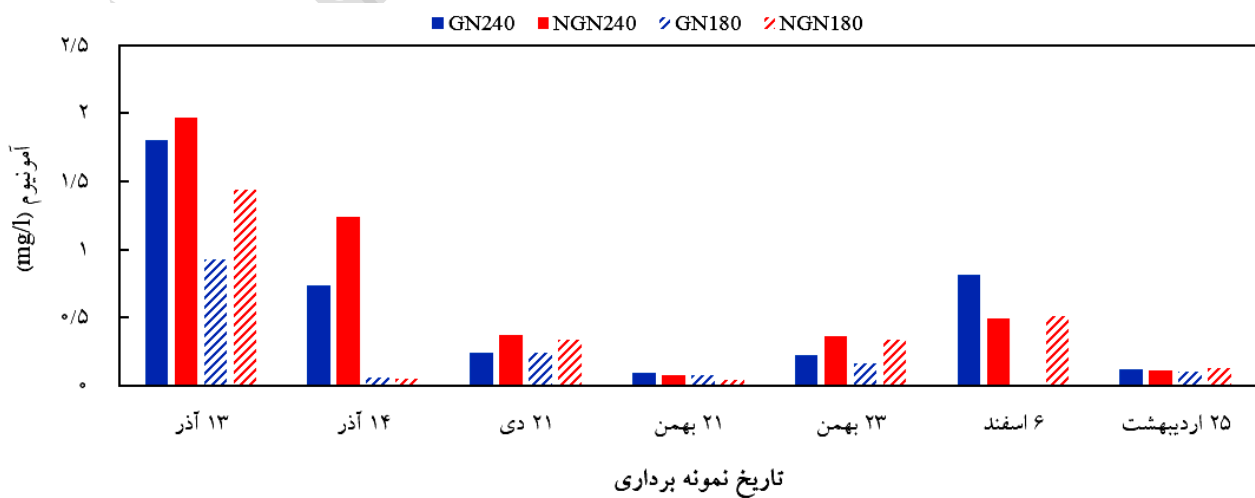
نتایج میانگین کدورت زه آب خروجی در شکل ۹ نشان داده شده است. بیشترین کدورت در تاریخ ۱۳ آذر ماه برابر با ۶۷/۷۶ ان تی یو در NGN180 و کمترین آن در تاریخ



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



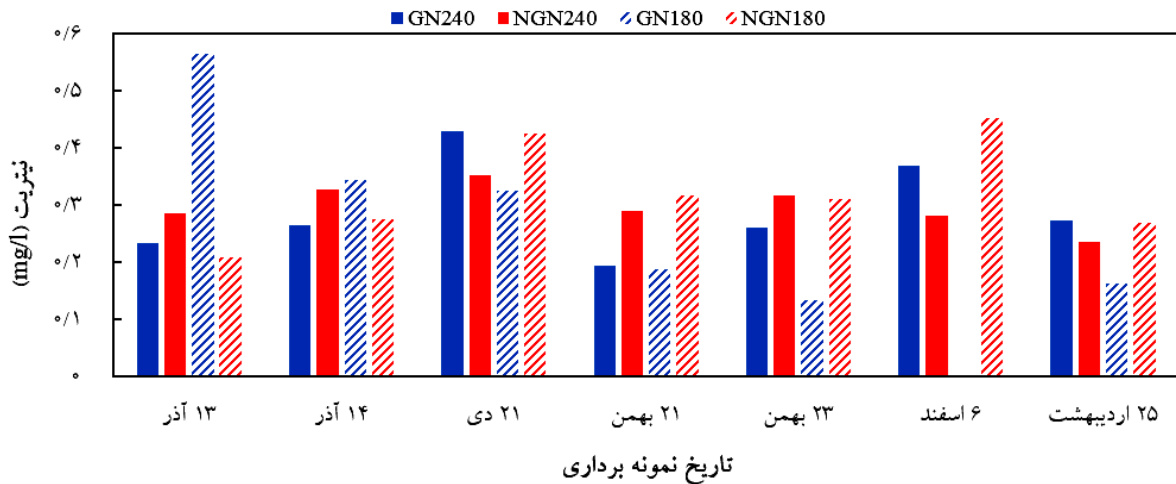
شکل ۱۰. میانگین غلظت آمونیوم زه‌آب در تیمارهای مورد بررسی در طول دوره آزمایش

میانگین غلظت فسفات و فسفر کل زه آب در هفت تاریخ نمونه برداری در شکل های ۱۳ و ۱۴ نشان داده شده اند. همان طور که در شکل مشاهده می شود بیشترین میزان فسفات در تاریخ ۶ اسفند ماه به میزان ۱۲/۷۵ میلی گرم بر لیتر در GN240 و کمترین آن در تاریخ ۲۵ اردیبهشت ماه به میزان ۰/۰۹ میلی گرم بر لیتر در GN180 بود. بیشترین میزان فسفر کل در تاریخ ۶ اسفند ماه برابر با ۱/۶۴ میلی گرم بر لیتر در GN240 بود کمترین آن در تاریخ ۲۱ بهمن ماه برابر با ۰/۱۱ میلی گرم 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 NGN180 به دست آمد. به طور متوسط مقدار فسفات و فسفر کل در تیمار زهکشی سنتی بیشتر از تیمار پر شده 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. دوجوجیک و همکاران نشان دادند که حداکثر ظرفیت جذب فسفات توسط شن تقریباً ۰/۰۷ میلی گرم است که بسیار کمتر از ظرفیت جذب فسفر توسط خاک است (۱۰). بنابراین شن استفاده شده در زهکش لانه موشی قابلیت تاثیر زیادی بر فسفات خروجی از زه آب را ندارد که با نتیجه این پژوهش تطابق دارد. والبینا پارالجو و همکاران (۳۸) نشان دادند که تلفات فسفر کل در زهکش لانه موشی سنتی بیشتر از زهکش لانه موشی پر شده با شن بود. آن ها علت شار بیشتر فسفر کل در زهکش لانه موشی سنتی نسبت به زهکش لانه موشی پر شده با شن را به امکان فرسایش بیشتر دیواره کانال زهکش لانه موشی سنتی نسبت به زهکش لانه موشی پر شده با شن نسبت دادند.

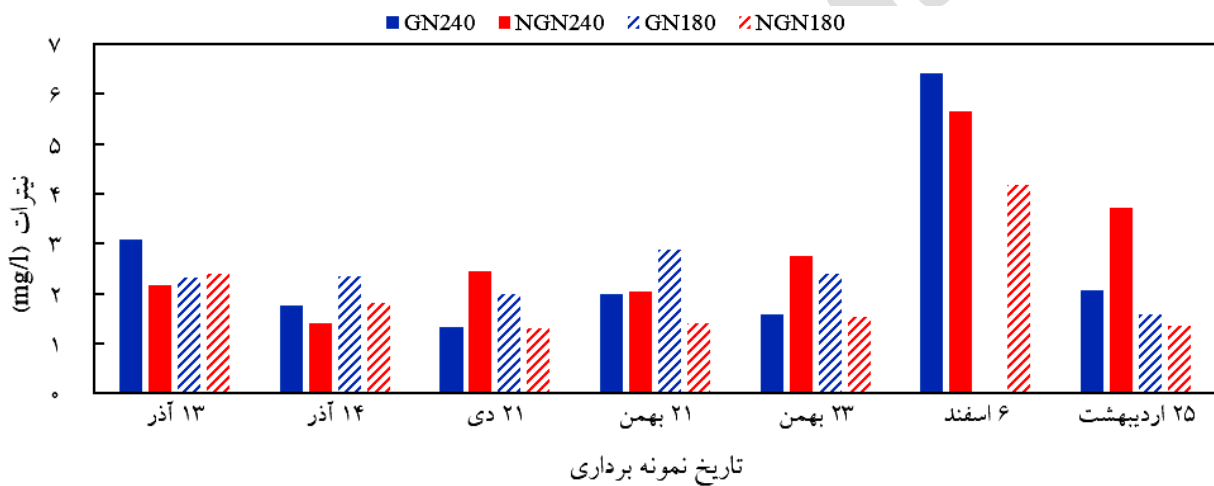
نتایج میانگین غلظت کلراید زه آب در شکل ۱۵ نشان داده شده است. همان طور که در شکل مشاهده می شود بیشترین میزان کلراید در تاریخ ۲۵ اردیبهشت ماه به میزان ۴/۴۹ میلی گرم بر لیتر در NGN240 و کمترین آن در تاریخ ۲۱ بهمن ماه به میزان ۰/۵۳ میلی گرم بر لیتر در NGN180 بود. به طور متوسط میزان کلراید در تیمار کودی

هستند. در تاریخ ۱۳ آذر ماه به دلیل استفاده از کود اوره قبل از کشت گیاه و وقوع کل جامدات معلق بیشتر در زه آب، مقدار آمونیوم بیشتر از سایر نمونه برداری ها بود و به مرور زمان و در طول رشد گیاه، به دلیل اثر پوشش گیاهی بر کاهش فرسایش خاک و همچنین جذب آمونیوم توسط ریشه گیاه و فرآیند نیتراتزایی از مقادیر آمونیوم زه آب کاسته شد. نتایج آنالیز آماری نشان داد که دو تیمار زهکشی تفاوت معنی داری در خروج آمونیوم نداشتند اما تیمار کودی بر میزان آمونیوم زه آب اثر معنی دار در سطح یک درصد داشت.

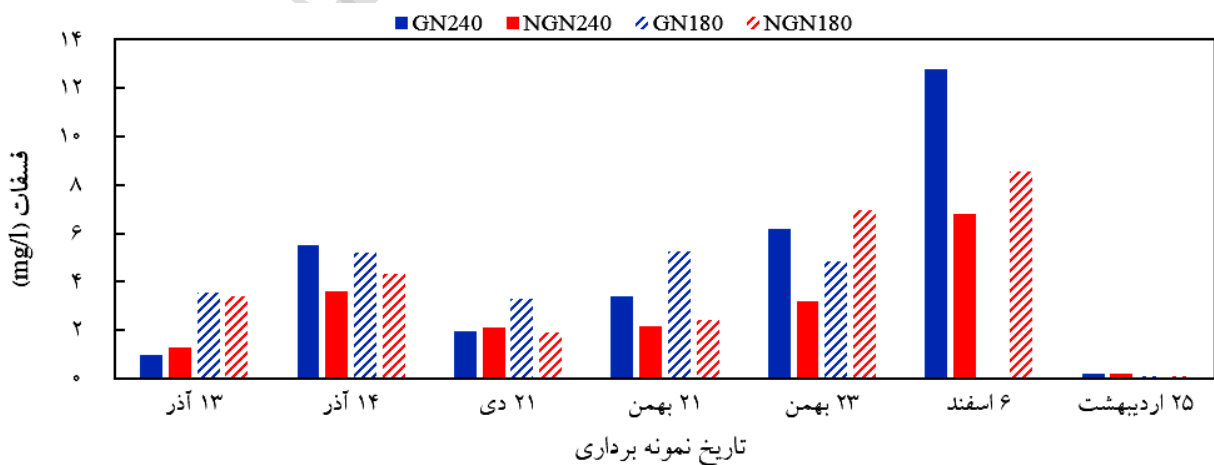
میانگین غلظت نیتريت زه آب در شکل ۱۱ نشان داده شده است. همان طور که در شکل مشاهده می شود بیشترین میزان میانگین نیتريت در تاریخ ۱۳ آذر و ۲۳ بهمن ماه برابر با ۰/۵۶ و ۰/۱۳ میلی گرم بر لیتر در GN180 مشاهده شد. میانگین غلظت نیتريت زه آب در شکل ۱۲ نشان داده شده است. بیشترین میزان غلظت نیتريت در تاریخ ۶ اسفند ماه با ۶/۴۱ میلی گرم بر لیتر در GN240 و کمترین آن در تاریخ ۲۱ دی ماه با ۱/۳۱ میلی گرم بر لیتر در NGN180 بود. به طور متوسط میزان نیتريت در تیمار کودی ۲۴۰ کیلوگرم بر لیتر بیشتر از ۱۸۰ کیلوگرم به دست آمد. همانند نیتريت، مقدار نیتريت در طول دوره رشد گیاه دارای نوسان بود که از اعمال کود نیتروژنه از منبع اوره در مراحل مختلف رشد تبعیت می کند. افزایش نیتريت در مراحل پایانی رشد گیاه می تواند به دلیل افزایش دمای هوا، دوره طولانی تر بدون بارش و هوای بودن خاک (ایجاد شرایط نیتريت زایی) و کاهش نیاز گیاه به جذب نیتروژن باشد. نتایج آنالیز آماری نشان داد که تیمار زهکشی بر نیتريت و نیتريت خروجی تفاوت معنی دار نداشت اما خروج نیتريت در تیمار کودی تفاوت معنی دار نشان داد. والبینا پارالجو و همکاران (۳۸) نشان دادند که تلفات نیتريت بیشتر از آمونیوم و در زهکش لانه موشی سنتی بیشتر از زهکش لانه موشی پر شده با شن بود. آن ها این تفاوت را به کم عمق بودن و تخلیه سریع تر کانال های زهکش لانه موشی پر شده با شن نسبت به زهکش لانه موشی سنتی نسبت دادند.



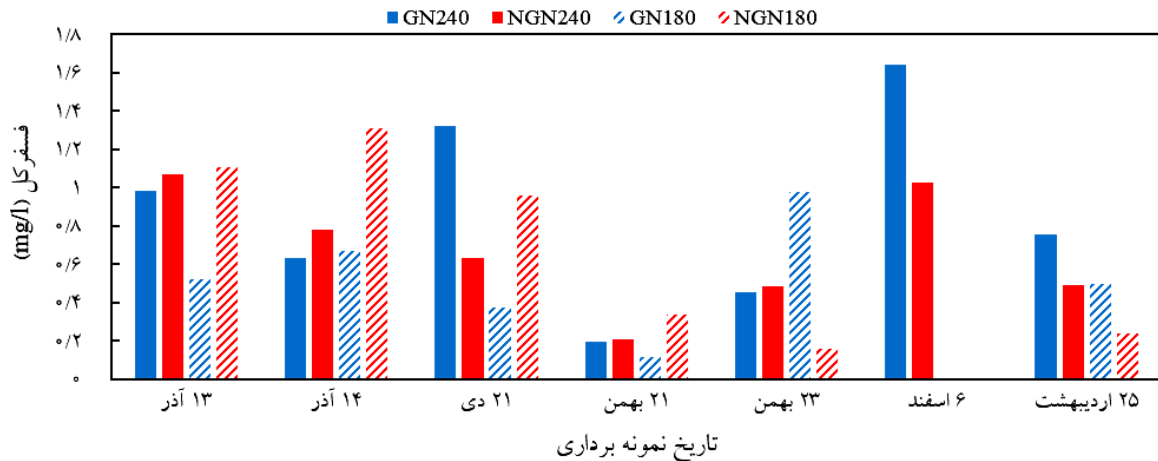
شکل ۱۱. میانگین غلظت نیتريت زه‌آب در تیمارهای مورد بررسی در طول دوره آزمایش



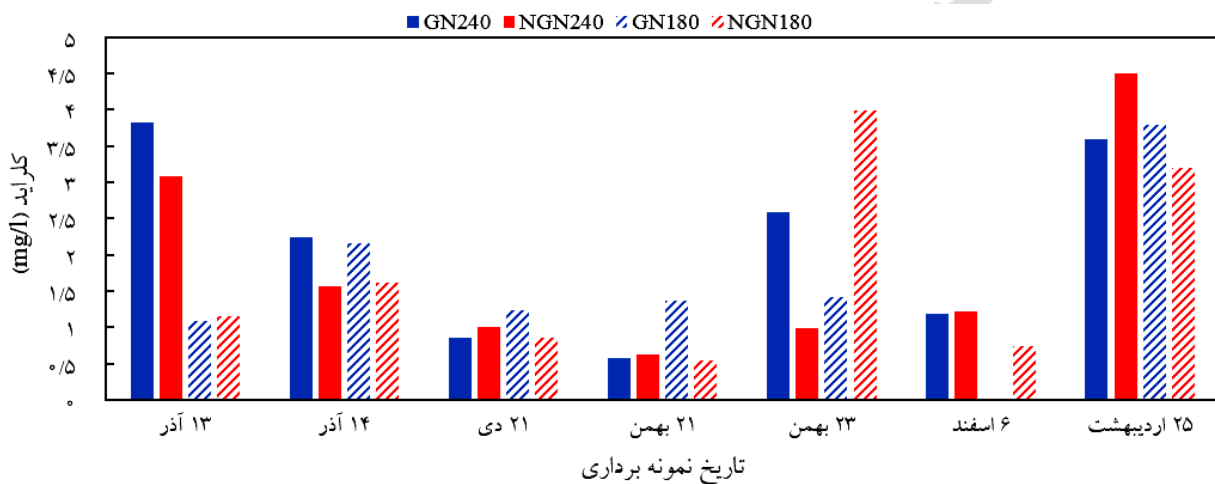
شکل ۱۲. میانگین غلظت نترات زه‌آب در تیمارهای مورد بررسی در طول دوره آزمایش



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



شکل ۱۴. میانگین غلظت فسفرکل 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

مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که با گذشت زمان میزان کلراید کاهش یافته است و ولی پس از کوددهی و رسیدن کامل گیاه، مقدار کلراید افزایش نشان داده است.

### نتیجه گیری

در این پژوهش، اثر زهکشی لانه موشی سنتی و پر شده با شن و میزان کود نیتروژن در دو سطح ۱۸۰ و ۲۴۰ کیلوگرم بر هکتار بر کمیت و کیفیت زه آب کشت کلزا در اراضی شالیزاری مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیشترین میانگین اسیدیته و کل جامدات معلق به ترتیب با ۷/۴۹ و

۲۴۰ 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 رشد می تواند ناشی از ذرات معدنی موجود در شنی باشد که زهکش با آن پر شده است. کلراید در خاک به وسیله فضاهای تبادل نگهداری نمی شود و به آسانی از خاک شسته می شود (۱۴). جعفری تلوکلایی و همکاران (۱۹) اثر زهکش های زیرزمینی دارای عمق و فواصل مختلف بر تغییرات کلراید زه آب را در طول یک فصل کشت برنج و کلزا

پایین‌تر بیاورد و دبی خروجی از زهکش لانه‌موشی سنتی ۴۹ درصد کمتر از زهکش لانه‌موشی پر شده با شن بود. نتایج نشان داد که عکس‌العمل زهکش لانه‌موشی در تخلیه باران در حد قابل قبول ۰/۸۲ 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 قابل قبولی همراه بود و با توجه به وجود لایه سخت در اراضی شالیزاری به نظر می‌رسد که عمق‌های بیشتر مناسب به نظر نمی‌رسد و بررسی بر روی تعیین فاصله مناسب زهکش لانه‌موشی در بافت خاک‌های با رس‌های متفاوت پیشنهاد می‌شود.

۲۸۱/۲۵ میلی‌گرم بر لیتر به‌ترتیب در زهکش لانه‌موشی پر شده با شن و زهکش لانه‌موشی سنتی بود. بیش‌ترین میانگین هدایت الکتریکی به میزان ۶۵۱ میکروموس بر سانتی‌متر در زهکش لانه‌موشی سنتی و تیمار کودی ۲۴۰ مشاهده شد. بیش‌ترین میانگین قلیائیت در زهکش لانه‌موشی سنتی و تیمار کودی ۲۴۰ مشاهده شد. بیش‌ترین میانگین کدورت به میزان ۶۷/۷۶ ان تی یو در زهکش لانه‌موشی و تیمار کودی ۱۸۰ مشاهده شد. نتایج آنالیز آماری نشان داد که تیمار زهکشی بر پارامترهای اسیدیته و هدایت الکتریکی در سطح احتمال یک درصد و کل جامدات معلق و کدورت در سطح احتمال پنج درصد و سایر پارامترها اثرگذار نبود. به‌طور کلی زهکش لانه‌موشی توانست سطح ایستابی را از عمق توسعه ریشه

### 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. 161 pages. (In Persian)
6. Antar, S.A., El-Henawy, A.S. 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., Nazemi, A.H., Sadreddini, S.A.A., Fakheri Fard, A., 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 Persian)
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., Mirlatifi, S.M., Shahnazari, A., Ejlali, F., 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 Pashakolaee, S., Shahnazari, A., and M. Jafari Talukolaee. 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., Aiad, M. 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., Parsinejad, M., Yazdani, M.R., Shariatmadari, J., Noori, H., Moosavi, S.F., 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., Navabian, M. 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., Shahnazari, A., Ziatabar Ahmadi, M. Kh., 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., Panda, R.K. 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 Science Thesis. Water Engineering Department. Faculty of Agricultural Sciences. University of Guilan.
25. Mirzaei, F., Sojoodi, Z., 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., Navabian, M., 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., Tantawy, M. F., Hamad, M. M., 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 Romheld, V. 2000. Root-induced changes in the availability of nutrients in the rhizosphere. *Instytut für Pflanzenernahrung* (330), Universität Hohenheim, D-70593 Stuttgart, Germany.
30. Nori, H., Lighat, A., 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. Sanati Esfahan University.
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., Baird, R. B., Eaton, A. D. & Clesceri, L. S. 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., Rao, K.R., Singh, R.K., Singh, K.P. 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. Valbuena-Parralejo, N., P. Tuohya, O. Fenton, W. Burchilla, M. Williams, G.J. Lanigan and J. Humphreys. 2019. Greenhouse gas emissions from temperate permanent grassland on clay-loam soil following the installation of artificial drainage. *Agriculture Ecosystems and Environment*. 269: 1428–1436.
40. Wahba, M. and Christen, E., 2006. Modeling subsurface drainage for salt load management in southeastern Australia. *Irrigation and drainage systems*. 20: 267-282.

آماده برای انتشار