نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و سوم، شماره چهارم، ۱۳۹۵
http://jwsc.gau.ac.ir

تأثیر عمق و فاصله زهکش‌های زیرزمینی بر شدت زهکشی اراضی شالیزاری (مطالعه موردی: اراضی مؤسسه تحقیقات برنج کشور)

مریم علیزاده[۱]، *پیمان افراسیاب[۲]، محمدرضا یزدانی[۳]، عبدالمجید لیاقت[۴] و معصومه دلبری[۲]

[۱]دانشجوی دکتری گروه مهندسی آب، دانشگاه زابل، [۲]دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه زابل، [۳]استادیار پژوهش مؤسسه تحقیقات برنج کشور، [۴]استاد گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران (کرج)

تاریخ دریافت: ۹٤/٤/۲۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۹٤/۱۲/۱۹

چکیده

سابقه و هدف: با توجه به منابع محدود خاک و اراضی حاصلخیز، لزوم حداکثر استفاده از پتانسیل‌های اقلیمی منطقه، ایجاد شرایط مناسب برای تنوع کاربری اراضی در دوره زراعی سالانه و مهم‌تر از همه تکمیل طرح‌های تجهیز و نوسازی اراضی و به ثمر رساندن هزینه‌های انجام شده، می‌توان با ایجاد زهکشی زیرزمینی، علاوه بر ایجاد شرایط مناسب‌تر برای کاشت، داشت و برداشت برنج، امکان کشت محصول‌هایی غیر از برنج را در فصل مرطوب فراهم نمود. بنابراین در این پژوهش تأثیر عمق و فاصله زهکش‌های زیرزمینی بر شدت زهکشی در سه مرحله مهم زهکشی (زهکشی میان‌فصل، زهکشی در زمان برداشت برنج و زهکشی در زمان کشت دوم) مورد ارزیابی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها: داده‌های مورد نیاز پژوهش از اراضی شالیزاری مؤسسه تحقیقات برنج کشور واقع در شهرستان رشت در زمینی به مساحت یک هکتار در سال زراعی ۱۳۹۳ به‌دست آمد. تیمارهای مورد آزمایش عبارت بودند از: عمق ۰/۸ متر با فاصله ۷/۵ متر ($L_{7.5}D_{0.8}$)، عمق ۰/۸ متر با فاصله ۱۰ متر ($L_{10}D_{0.8}$)، عمق ۰/۸ متر با فاصله ۱۵ متر ($L_{15}D_{0.8}$)، عمق یک متر با فاصله ۷/۵ متر ($L_{7.5}D_{1}$)، عمق یک متر با فاصله ۱۰ متر ($L_{10}D_{1}$) و عمق یک متر با فاصله ۱۵ متر ($L_{15}D_{1}$). طول همه خطوط ٤۰ متر و جنس لوله‌ها پی‌وی‌سی موج‌دار با قطر ۱۲۵ میلی‌متر می‌باشد. از پوسته برنج به‌عنوان پوشش اطراف لوله‌های زهکش استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که تفاوت بین تیمار $L_{7.5}D_{0.8}$ با تیمارهای $L_{10}D_{0.8}$، $L_{15}D_{0.8}$ و $L_{7.5}D_{1}$ در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار گردید. همچنین در مرحله زهکشی میان‌فصل، زهکش‌های زیرزمینی با فاصله ۷/۵ متر و عمق یک متر تقریباً باعث ٤ برابر شدن شدت زهکشی نسبت به زهکش‌هایی با فاصله ۷/۵ متر و عمق ۰/۸ متر می‌شود. تفاوت بین تیمارهای $L_{7.5}D_{0.8}$ و $L_{10}D_{0.8}$ قبل شخم (وجود درز و ترک بیش‌تر) از نظر آماری معنی‌دار نگردید، همچنین تفاوت بین تیمارهای $L_{7.5}D_{0.8}$ و $L_{15}D_{0.8}$ در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار گردید. همچنین تفاوت بین تیمارهای $L_{7.5}D_{0.8}$ و $L_{7.5}D_{1}$ در سطح آماری ۱ درصد و تفاوت بین تیمارهای $L_{10}D_{0.8}$ و $L_{15}D_{0.8}$ در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار گردیده است. به‌عبارتی در زهکش‌های زیرزمینی با فاصله ۷/۵ متر و عمق یک متر میزان دبی خروجی نسبت

* مسئول مکاتبه: peyman.afrasiab@uoz.ac.ir

به عمق ۰/۸ متر افزایش یافت. تفاوت بین بیش‌تر تیمارها در زمان زهکشی به‌منظور کشت دوم قبل از شخم در نقطه اوج هیدروگراف خروجی می‌باشد.

نتیجه‌گیری: ترک‌های به‌جا مانده از انجام زهکشی میان‌فصل و زهکشی در زمان برداشت برنج، نقش کلیدی و حساسی در زهکشی زیرزمینی و پارامترهایی نظیر شدت زهکشی در زمان کشت دوم دارد.

واژه‌های کلیدی: زهکشی زیرزمینی، اراضی شالیزاری، شدت زهکشی، زهکشی میان‌فصل، درز و ترک

مقدمه

در سال‌های اخیر، به‌منظور بهره‌برداری بهتر از منابع آب و خاک در هزاران هکتار از اراضی شالیزاری دو استان شمالی گیلان و مازندران، طرح‌های یکپارچه‌سازی شالیزارها انجام شد. با این وجود، به دلایل عدم قابلیت زهکش‌های سطحی (که در انتهای کرت‌های بزرگ احداث می‌شوند) در تخلیه سریع آب از منطقه ریشه، شرایط مناسب برای کشت دوم در اراضی شالیزاری فراهم نشد. با توجه به منابع محدود خاک و اراضی حاصلخیز، لزوم حداکثر استفاده از پتانسیل‌های اقلیمی منطقه، ایجاد شرایط مناسب برای تنوع کاربری اراضی در دوره زراعی سالانه و مهم‌تر از همه تکمیل طرح‌های تجهیز و نوسازی اراضی و به ثمر رساندن هزینه‌های انجام شده، می‌توان با ایجاد سیستم‌های زهکشی زیرزمینی، علاوه بر ایجاد شرایط مناسب‌تر برای کاشت، داشت و برداشت برنج، امکان کشت محصولاتی غیر از برنج را در فصول مرطوب فراهم نمود (۷). بارندگی زیاد در نیمه دوم سال در مناطق شالیکاری، سنگینی بافت خاک، ضریب آبگذری کم، فقدان ساختمان و چسبندگی خاک‌ها، ایجاد لایه غیرقابل نفوذ در عمق کم، شیب کم و نامناسب بودن زهکشی طبیعی از مختصات اراضی شالیزاری شمال کشور می‌باشد. بدیهی است که از دیدگاه اصول زهکشی این خصوصیات خاک، موجب کم شدن شدید فاصله زهکش‌ها و افزایش هزینه خواهد گردید (١٤).

زهکشی ضعیف برای محصولات زراعی زیان‌آور است و باعث تنزل کیفیت خاک می‌شود (۱۵). زهکشی زیرسطحی بهره‌وری را در خاک‌هایی با زهکشی ضعیف به‌وسیله پایین آوردن سطوح ایستابی و ایجاد منطقه هوازی عمیق‌تر بهبود می‌دهد (۲) و وجود زهکشی زیرزمینی باعث خشک شدن سریع‌تر خاک و بهبود شرایط خاک منطقه توسعه ریشه در فصل کشت برنج و زهکشی میان‌فصل می‌شود و می‌تواند بر افزایش فعالیت ریشه و کاهش پتانسیل متان در خاک تأثیر بگذارد (۱۱).

تأثیر ضریب زهکشی بر میزان خیز سطح ایستابی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. طبق تعریف، ضریب زهکشی عبارت است از میزان آبی که باید در مدت ٢٤ ساعت از سیستم زهکشی تخلیه گردد تا علاوه بر کنترل سطح ایستابی در عمق مورد نظر، املاح اضافی خاک نیز آبشویی گردد (۱). با توجه به تأثیری که ضریب زهکشی (شدت تخلیه) بر موقعیت و شکل نیمرخ سطح ایستابی و میزان خیز آن دارد، در صورتی‌که ضریب زهکشی و تأثیر آن بر نیمرخ سطح ایستابی با دقت کافی برای شرایط مزرعه‌ای تخمین زده نشود ممکن است شرایط ماندابی و یا تنش رطوبتی برای گیاه پیش آید که در هر دو صورت عملکرد محصول کاهش خواهد یافت.

نتایج شبیه‌سازی‌های تأثیر عمق و فاصله زهکش بر میزان زهاب خروجی برای اراضی غیرشالیزاری با استفاده از مدل ADAPT (۱۸) و مدل DRAINMOD

(۲، ۲۲) و مطالعات مزرعه‌ای (۲۱، ۱۲، ۵) نشان دادند که با افزایش عمق زهکش میزان زهاب خروجی افزایش یافته است.

درزی و همکاران (۲۰۱۳) تأثیر هیدرولوژیکی سیستم‌های زهکشی مختلف را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که زهکش‌های کم‌عمق در کنترل سطح ایستابی در مقایسه با زهکش‌های عمیق مؤثرتر بود که با نتایج پژوهش‌های قبلی مغایرت داشت که دلیل این امر می‌تواند وجود خاک‌هایی با نفوذپذیری پایین باشد و با توجه به این‌که سیستم زهکشی تازه احداث گردیده و با گذشت زمان و بهبود ساختمان خاک می‌توان انتظار داشت که نتایج اصلاح گردد (٦).

پوول (۲۰۰٦) زهاب خروجی از دو نوع سیستم زهکشی شامل سیستم زهکشی عمیق با عمق ۱/٤٤ متر و فاصله ۲۵ متر و سیستم زهکشی کم‌عمق با عمق ۰/۷ متر و فاصله ۱۲/۵ متر را از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۵ مورد بررسی قرار دادند. در سال ۲۰۰۲ که میزان بارندگی ۲٦/۱ درصد بالاتر از حد نرمال بود، حجم زهاب زهکش‌های کم عمق ۱۱ درصد کم‌تر از زهکش‌های عمیق شد و در سال ۲۰۰۳ زمانی‌که بارندگی ۳۳/۸ درصد بیش‌تر از مقدار متوسط بود میزان زهاب خروجی از زهکش‌های کم‌عمق تقریباً مساوی زهکش‌های عمیق گردید. در سال ۲۰۰٤ و ۲۰۰۵ زمانی‌که میزان بارندگی تقریباً مساوی و زیر حد نرمال بود به‌ترتیب زهاب زهکش کم‌عمق ۳۸/۷ و ۳۷/۲ درصد کم‌تر از زهکش‌های عمیق گردید (۱۹).

فرهاد اصلانی و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند با افزایش عمق و فاصله زهکش‌ها، دبی زهاب خروجی از طریق لوله‌های زهکشی افزایش می‌یابد که علت آن می‌تواند افزایش بار هیدرولیکی در وسط فاصله زهکش‌ها و یا افزایش سطح تحت زهکشی در نظر گرفته شود (۳).

نتایج مطالعات دوورل و فیو (۱۹۹۰) نشان داد که با نصب زهکش‌ها در عمق ۱/۸ متری، حدود ۳۰ درصد از جریان ورودی به داخل زهکش‌ها از آب زیرزمینی خواهد بود و اگر عمق نصب به ۲/۷ متری برسد، این مقدار به حدود ٦۰ درصد خواهد رسید (۸). کریستن و اسکهان (۲۰۰۱) نشان داد تغییر زهکش‌های عمیق با فاصله زیاد به زهکش‌های کم‌عمق با فاصله کم باعث کاهش حجم زهاب و کنترل بهتر سطح ایستابی می‌شود (٤).

کریمی و همکاران (۲۰۰۹) شبکه زهکشی زیرزمینی لوله‌ای را در اراضی شالیزاری مورد بررسی قرار دادند. با ترسیم هیدروگراف‌های خروجی ۲۵ ساعته نشان دادند که دبی در زمان شروع تخلیه ۲۰ لیتر بر ثانیه و پس از ۲۵ ساعت در مقدار ۱/٤ لیتر در ثانیه ثابت باقی ماند. در نهایت نتایج بیانگر عملکرد خوب سیستم زهکشی زیرزمینی می‌باشد (١٤). ایروین و برایانت (۱۹۸۷) با اندازه‌گیری ۱۹۰۰ خروجی زهکش سفالی نتیجه گرفتند که باید برای هر فصل ضریب زهکشی متفاوتی در نظر گرفت (۱۳).

ابراهیمیان و نوری (۲۰۱٤) مدل HYDRUS-2D را برای شبیه‌سازی جریان آب به سمت زهکش‌های زیرزمینی برای سه عمق زهکش (۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ متر) و فاصله (۷/۵ و ۱۵ متر) در شرایط وجود و عدم وجود ترک به‌کار بردند، که نتایج نشان داد که فاصله زهکش‌ها نسبت به عمق تأثیر بیش‌تری بر شدت زهکشی دارد (۹).

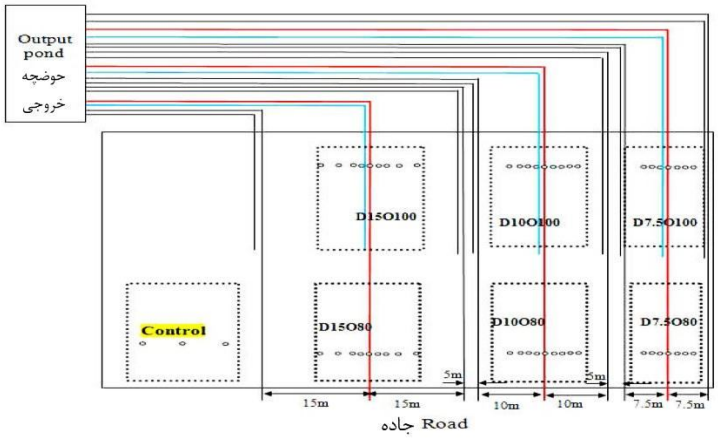
ابراهیمیان و همکاران (۲۰۰۸) عملکرد سیستم زهکشی زیرزمینی با پوشش پوسته برنج را در شبکه زهکشی شرکت ران بهشهر مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که شدت تخلیه کم‌تر از ضریب زهکشی طرح بود و عملکرد سیستم زهکشی زیرزمینی در کنترل سطح ایستابی و شدت تخلیه به‌دلیل گرفتگی پوشش اطراف لوله زهکش ضعیف بوده است (۱۰).

اهداف زهکشی در اراضی شالیزاری شامل فراهم کردن شرایط برای آماده‌سازی زمین، استقرار گیاه، آماده‌سازی زمین برای برداشت، مقابله با مواد سمی تولید شده در اثر شرایط احیایی خاک (مسمومیت آهن، کمبود روی و...)، جذب بهتر مواد غذایی، جلوگیری از استغراق بیش از حد در هنگام بارندگی، توسعه کشت دوم، آماده کردن شرایط رطوبتی خاک برای حرکت ماشین‌آلات در مرحله شخم و برداشت، تهویه خاک، بهبود شرایط فیزیکی خاک، فراهم کردن شرایط برای جوانه‌زنی در کشت مستقیم و غیره می‌باشد. به‌طورکلی زهکشی زیرزمینی اراضی شالیزاری با هدف خشک کردن زمین در زمان برداشت (بالابردن تحمل‌پذیری خاک)، زهکشی میان‌فصل و پایین آوردن سطح ایستابی پس از برداشت برنج (جهت کشت پاییزه و زمستانه) احداث می‌گردد (١٤)، به‌دلیل اهمیت ویژه، این سه مرحله زهکشی برای مطالعه در این پژوهش انتخاب شدند.

به‌طور خلاصه نتایج مرور منابع بیانگر انجام مطالعات گسترده در مورد ارزیابی زهکش‌های زیرزمینی و مدل‌های شبیه‌سازی در اراضی غیرشالیزاری می‌باشد. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی تأثیر فاصله و عمق زهکش‌ها بر شدت زهکشی در اراضی شالیزاری در سه مرحله مهم زهکشی در حالت وجود و عدم وجود ترک می‌باشد.

مواد و روش‌ها

داده‌های مورد نیاز پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۳ از اراضی شالیزاری مؤسسه تحقیقات برنج کشور (سیستم زهکشی زیرزمینی در سال ۱۳۹۰ احداث گردید) واقع در ۵ کیلومتری شهرستان رشت در استان گیلان (۳۷ درجه و ١٦ دقیقه شمالی و ٤٩ درجه و ٣٦ دقیقه شرقی و ارتفاع ۷ متر پایین‌تر از سطح آب‌های آزاد) در زمینی به مساحت یک هکتار با ابعاد ۱۰۰×۱۰۰ متر به‌دست آمد. کشت محصولات در این منطقه (کشت دوم) به‌صورت دیم است، بنابراین زهکش‌ها فقط در اثر بارندگی فعال خواهند شد. به‌طورکلی در تجهیز و نوسازی اراضی شالیزاری ابعاد استاندارد کرت‌ها با طول ۱۰۰ متر و عرض ۳۰ متر در نظر گرفته می‌شود، از آن‌جا که هر کرت شالیزاری طبق تعریف باید دارای مدیریت مستقل آبیاری و زهکشی باشد، بنابراین فاصله زهکش‌ها نیز باید از این فاصله تبعیت نماید، به همین جهت در طراحی زهکش‌های زیرزمینی در اراضی شالیزاری فاصله قرارگیری زهکش‌ها در محدوده ۷ تا ۱۵ متر می‌باشد (موراشیما و اگینو، ۱۹۹۲؛ MAFF، ۱۹۷۹). که با توجه به مطالعات موجود در این پژوهش از سه فاصله ۷/۵، ۱۰ و ۱۵ متر استفاده گردید (۱۷، ٢٤). در مزرعه مورد مطالعه شش نوع سیستم زهکشی زیرزمینی معمولی متشکل از عمق ۰/۸ متر با فاصله ۷/۵ متر ($L_{7.5}D_{0.8}$)، عمق ۰/۸ متر با فاصله ۱۰ متر ($L_{10}D_{0.8}$)، عمق ۰/۸ متر با فاصله ۱۵ متر ($L_{15}D_{0.8}$)، عمق یک متر با فاصله ۷/۵ متر ($L_{7.5}D_1$)، عمق یک متر با فاصله ۱۰ متر ($L_{10}D_1$) و عمق یک متر با فاصله ۱۵ متر ($L_{15}D_1$) نصب شد. شماتیک مزرعه مورد مطالعه و سیستم‌های مختلف زهکشی در شکل ۱ ارائه شد. طول همه خطوط ٤٠ متر و جنس لوله‌ها پی‌وی‌سی موج‌دار با قطر ۱۲۵ میلی‌متر می‌باشد. از پوسته برنج به‌عنوان پوشش اطراف لوله‌های زهکش استفاده شد (۱۰). انتهای هر لوله به کمک لوله‌های بدون روزنه به سمت حوضچه خروجی هدایت شد برای هر تیمار سه خط لوله در نظر گرفته شد (دو لوله نقش محافظ را به عهده داشت). اندازه‌گیری‌ها در لوله‌های اصلی انجام شد. خطوط اصلی زهکش با رنگ آبی و قرمز نشان داده شده است (شکل ۱). خصوصیات فیزیکی خاک مورد مطالعه تا عمق ۸۰ سانتی‌متر در جدول ۱ آورده شده است.



شکل۱- آرایش سیستم‌های زهکشی در مزرعه آزمایشی (◯ چاهک‌های مشاهداتی، ═══ لوله‌های زهکش اصلی).

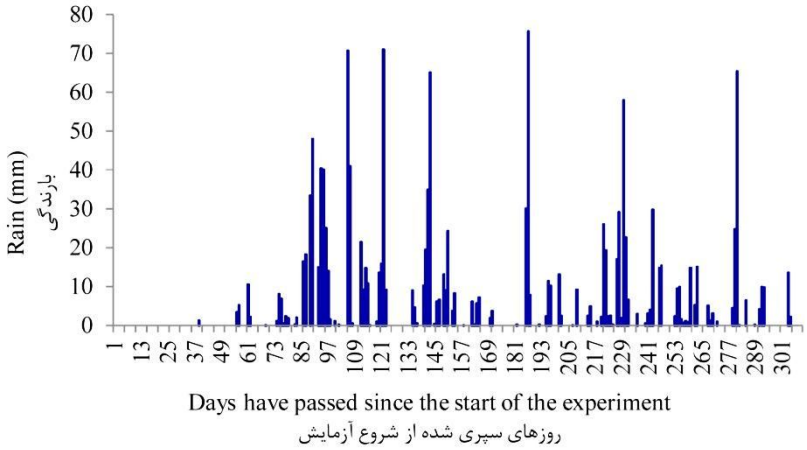
Figure 1. Arrangement of drainage systems in the field pilot (◯ observation wells, ═══ main drain).

جدول ۱- خواص فیزیکی خاک مورد مطالعه در عمق‌های مختلف.

Table 1. The physical properties of the soil at different depths.

بافت Texture	رس٪ Clay (%)	سیلت٪ Silt (%)	شن٪ Sand (%)	ماده آلی٪ OC (%)	عمق نمونه‌برداری Sampling depth
رس سیلتی Silty Caly	51	42	7	1.68	0-16 (لایه اول)
رس سیلتی Silty Clay	45	44	11	0.25	16-46 (لایه دوم)
رسی Clay	55	32	13	0.35	46-80 (لایه سوم)

در طول مدت داده‌برداری (ابتدای تیر ۱۳۹۳ تا انتهای اردیبهشت ۱۳۹٤) در مجموع ٤۱ بارندگی با ۱۳۳٤ میلی‌متر بارش اتفاق افتاد، به‌طوری‌که میزان بارندگی در طول آزمایش در شکل ۲ نشان داده شده است. همچنین مقادیر حداقل و حداکثر دمای ثبت شده در مدت مطالعه، ۲- و ۳۸/۲ درجه سانتی‌گراد بود.



شکل ۲- میزان بارندگی در روزهای سپری شده از شروع آزمایش (۱۳۹۳/٤/۱۵).

Figure 2. Rainfall in the days that have passed since the start of the experiment (1393/4/15).

اندازه‌گیری دبی در سه مرحله زهکشی میان‌فصل، زهکشی در زمان برداشت برنج و زهکشی به‌منظور کشت دوم از تاریخ ۹۳/٤/۱۵ تا ۹٤/۲/۲۰ و به روش حجمی به‌صورت روزانه در حوضچه خروجی زهکش‌ها انجام شد. همچنین متناسب با هر بارندگی، دبی خروجی ثبت گردید. برای انجام زهکشی میان‌فصل، ٤۵ روز پس از نشاء، آبیاری در همه کرت‌ها قطع و با برداشتن درپوش لوله‌های زهکش امکان تخلیه زه‌آب فراهم شد. این مرحله از زهکشی تا ظهور ترک‌های ۱/۵ سانتی‌متری (به‌مدت نه روز) ادامه یافت. برای انجام زهکشی در زمان برداشت برنج، دو هفته قبل از برداشت، آبیاری قطع شد و زهکشی تا زمان برداشت ادامه یافت. همچنین بعد از برداشت برنج به‌منظور کشت دوم زمین شخم زده شد و پس از آن متناسب با هر بارندگی تغییرات دبی در زمان کشت دوم (قبل از شخم و بعد از شخم) ثبت گردید. مقادیر دبی اندازه‌گیری شده با آزمون آماری t test به کمک نرم‌افزار SPSS مقایسه شد تا در سطح آماری ۱ و ۵ درصد تحلیل شوند.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به شدت زهکشی در مرحله زهکشی میان‌فصل و زهکشی در زمان برداشت برنج: نتایج تجزیه واریانس جدول ۲ نشان می‌دهد که تفاوت بین تیمار $L_{7.5}D_{0.8}$ با تیمارهای $L_{10}D_{0.8}$، $L_{15}D_{0.8}$ و $L_{7.5}D_1$ در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار گردید. تفاوت بین تیمارهای $L_{10}D_{0.8}$ و $L_{15}D_{0.8}$ در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار شد. همچنین تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای $L_{7.5}D_{0.8}$ و $L_{10}D_1$ وجود نداشت.

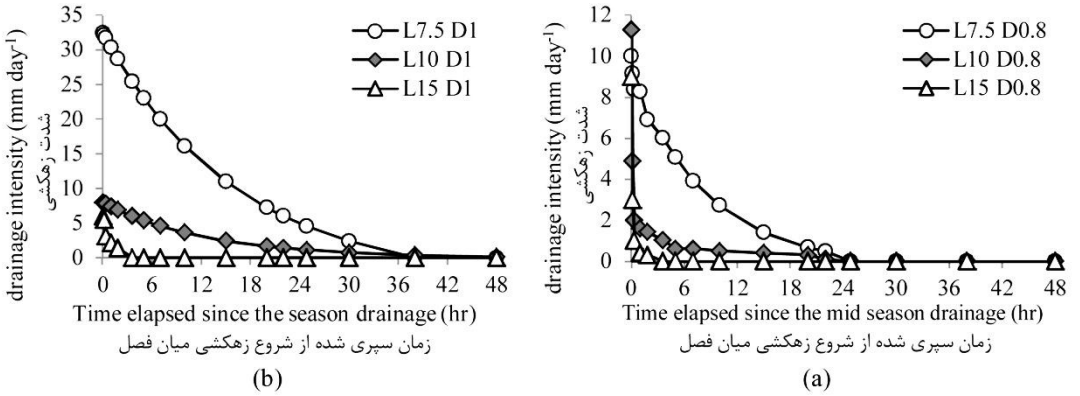
جدول ۲- اختلاف میانگین شدت زهکشی در مرحله زهکشی میان‌فصل بین تیمارهای مورد مطالعه توسط آزمون t test.

Table 2. The mean difference intensity drainage in mid-season drainage between studied treatments tested by t test.

P Value	تفاوت‌های زوج‌ها Pairs Differences		میانگین Mean	تیمار Treatment
	میانگین خطای استاندارد Mean standard error	انحراف معیار Standard deviation		
0.003	0.663	2.652	2.389**	$L_{7.5}D_{0.8}$- $L_{10}D_{0.8}$
0.001	0.747	2.988	3.075**	$L_{7.5}D_{0.8}$- $L_{15}D_{0.8}$
0.0001	2.198	8.793	-13.00**	$L_{7.5}D_{0.8}$- $L_{7.5}D_1$
0.527	0.230	0.922	-0.149^{ns}	$L_{7.5}D_{0.8}$- $L_{10}D_1$
0.0001	0.601	2.405	2.801**	$L_{7.5}D_{0.8}$- $L_{15}D_1$
0.001	0.171	0.687	0.686*	$L_{10}D_{0.8}$- $L_{15}D_{0.8}$
0.0001	2.720	10.910	-15.390**	$L_{10}D_{0.8}$- $L_{7.5}D_1$
0.001	0.634	2.537	-2.538**	$L_{10}D_{0.8}$- $L_{10}D_1$
0.256	0.349	1.397	0.412^{ns}	$L_{10}D_{0.8}$- $L_{15}D_1$
0.0001	2.867	11.470	-16.08**	$L_{15}D_{0.8}$- $L_{7.5}D_1$
0.0001	0.671	2.685	-3.255**	$L_{15}D_{0.8}$- $L_{10}D_1$
0.385	0.306	1.224	-0.273^{ns}	$L_{15}D_{0.8}$- $L_{15}D_1$
0.0001	2.360	9.440	12.856**	$L_{7.5}D_1$- $L_{10}D_1$
0.0001	2.768	11.075	15.807**	$L_{7.5}D_1$- $L_{15}D_1$
0.0001	0.508	2.033	2.951**	$L_{10}D_1$- $L_{15}D_1$

**، * و ^{ns} به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱ و ۵ درصد و غیرمعنی‌دار.

تغییرات شدت زهکشی در دوره زهکشی میان‌فصل در شکل ۳ نشان داده شده است. همان‌گونه که در شکل ۳ مشاهده می‌شود شدت زهکشی در تیمار $L_{10}D_{0.8}$ در لحظه شروع زهکشی میان‌فصل ۱۱/۲۸ میلی‌متر بر روز و بعد از گذشت یک ساعت به ۱/۷٤ میلی‌متر بر روز کاهش یافت و در نهایت بعد یک روز به صفر رسید. با توجه به این‌که طول دوره زهکشی میان‌فصل ۹ روز بود اما شدت زهکشی در تمامی لوله‌های زهکش بعد از گذشت ۲٤ ساعت تقریباً به صفر میلی‌متر بر روز رسید. متوسط شدت زهکشی در ٤۸ ساعت اولیه زهکشی میان‌فصل در تیمارهای $L_{7.5}D_{0.8}$، $L_{10}D_{0.8}$، $L_{15}D_{0.8}$، $L_{7.5}D_1$، $L_{10}D_1$ و $L_{15}D_1$ به‌ترتیب برابر ۳/۹۳، ۱/٥٤، ۰/۸٦، ۱٦/۹٤، ٤/۰۸ و ۱/۱۳ میلی‌متر بر روز می‌باشد. به‌عبارتی شدت زهکشی در این مرحله در زهکش‌های زیرزمینی با فاصله ۷/٥ متر و عمق یک متر تقریباً ٤ برابر بیش‌تر از زهکش‌هایی با فاصله ۷/٥ متر و عمق ۰/۸ متر می‌باشد، که نتایج به‌دست آمده در این مرحله با مطالعات اصلانی و همکاران (۲۰۱۰) و دوور و فیو (۱۹۹۰) همخوانی دارد (٤، ۸).



شکل ۳- تغییرات شدت زهکشی در مرحله زهکشی میان‌فصل در تیمارهای مورد مطالعه ((a) فواصل مختلف زهکشی با عمق ۰/۸ متر (b) فواصل مختلف زهکشی با عمق یک متر).

Figure 3. Variations drainage intensity in stage mid-season drainage of the treatments studied ((a) Drainage different distances with depth 0.8m (b) Drainage different distances with depth 1m).

همچنین به‌منظور زهکشی در زمان برداشت برنج، دو هفته قبل از برداشت برنج آبیاری در همه تیمارها قطع و زهکش‌ها باز شدند. در مرحله زهکشی در زمان برداشت برنج هیچ‌کدام از لوله‌های زهکش دبی خروجی نداشتند. لازم به ذکر است که در مرحله زهکشی میان‌فصل و پایان‌فصل هیچ‌گونه بارشی وجود نداشت.

نتایج مربوط به شدت زهکشی در مرحله زهکشی به‌منظور کشت دوم (قبل از شخم): نتایج تجزیه واریانس جدول ۳ نشان می‌دهد که تفاوت بین تیمارهای $L_{7.5}D_{0.8}$ و $L_{10}D_{0.8}$ قبل شخم (وجود درز و ترک بیش‌تر) از لحاظ آماری معنی‌دار نگردید، نیز تفاوت بین تیمارهای $L_{7.5}D_{0.8}$ و $L_{15}D_{0.8}$ در سطح آماری ٥ درصد معنی‌دار گردید. همچنین تفاوت بین تیمارهای $L_{7.5}D_{0.8}$ و $L_{7.5}D_1$ در سطح آماری ۱ درصد و تفاوت بین تیمارهای $L_{10}D_{0.8}$ و $L_{15}D_{0.8}$ در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار گردیده است. به‌عبارتی در زهکش‌های زیرزمینی با فاصله ۷/٥ متر و عمق یک متر میزان دبی خروجی نسبت به عمق ۰/۸ متر افزایش یافت. سمیع‌پور و همکاران (۲۰۱۰) نشان

دادند که با افزایش عمق و فاصله زهکش، حجم آب زهکشی شده به‌ترتیب افزایش و کاهش می‌یابد که نتایج به‌دست آمده در این پژوهش با نتایج آن‌ها مطابقت دارد (۲۰).

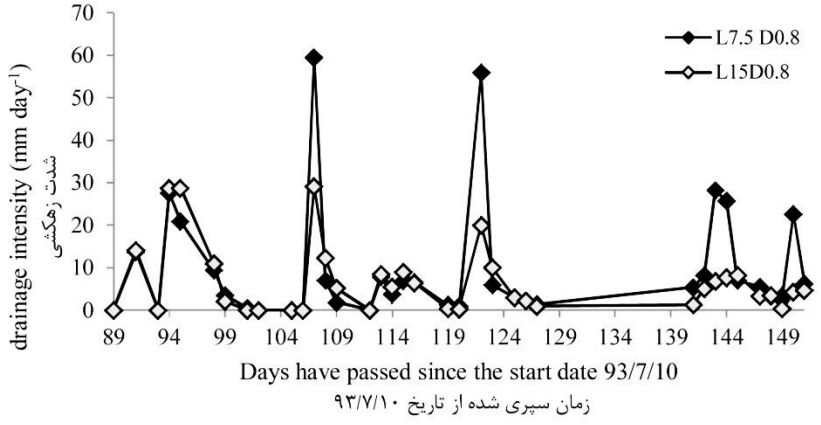
در شکل‌های ٤، ٥ و ٦ شدت زهکشی تیمارهای مورد مطالعه از تاریخ ۹۳/۷/۱۲ تا ۹۳/۹/۱۲ آورده شده است. به‌عبارتی اندازه‌گیری سری‌های دوم از ۸۹ امین روز از آغاز آزمایش (۹۳/۷/۱۲) شروع گردید.

جدول ۳- اختلاف میانگین شدت زهکشی قبل از شخم به‌منظور کشت دوم بین تیمارهای مورد مطالعه توسط آزمون t test.

Table 3. The mean difference intensity drainage before plow into a second cropping between studied treatments tested by t test.

P Value	تفاوت‌های زوج‌ها Pairs Differences		میانگین Mean	تیمار Treatment
	میانگین خطای استاندارد Mean standard error	انحراف معیار Standard deviation		
0.886	1.504	9.028	-0.217^{ns}	$L_{7.5}D_{0.8}$- $L_{10}D_{0.8}$
0.057	1.584	9.505	3.122*	$L_{7.5}D_{0.8}$- $L_{15}D_{0.8}$
0.0001	2.674	16.048	-11.060**	$L_{7.5}D_{0.8}$- $L_{7.5}D_{1}$
0.026	1.523	9.141	-3.549*	$L_{7.5}D_{0.8}$- $L_{10}D_{1}$
0.172	1.665	9.991	2.319^{ns}	$L_{7.5}D_{0.8}$- $L_{15}D_{1}$
0.002	0.995	5.972	3.339**	$L_{10}D_{0.8}$- $L_{15}D_{0.8}$
0.003	3.374	20.246	-10.850**	$L_{10}D_{0.8}$- $L_{7.5}D_{1}$
0.002	1.017	6.105	-3.331**	$L_{10}D_{0.8}$- $L_{10}D_{1}$
0.277	2.297	13.786	2.536^{ns}	$L_{10}D_{0.8}$- $L_{15}D_{1}$
0.001	3.986	23.916	-14.190**	$L_{15}D_{0.8}$- $L_{7.5}D_{1}$
0.001	1.821	10.929	-6.671**	$L_{15}D_{0.8}$- $L_{10}D_{1}$
0.717	2.192	13.153	-0.802^{ns}	$L_{15}D_{0.8}$- $L_{15}D_{1}$
0.006	2.546	15.279	7.519**	$L_{7.5}D_{1}$- $L_{10}D_{1}$
0.001	3.534	21.209	13.388**	$L_{7.5}D_{1}$- $L_{15}D_{1}$
0.023	2.469	14.816	5.868*	$L_{10}D_{1}$- $L_{15}D_{1}$

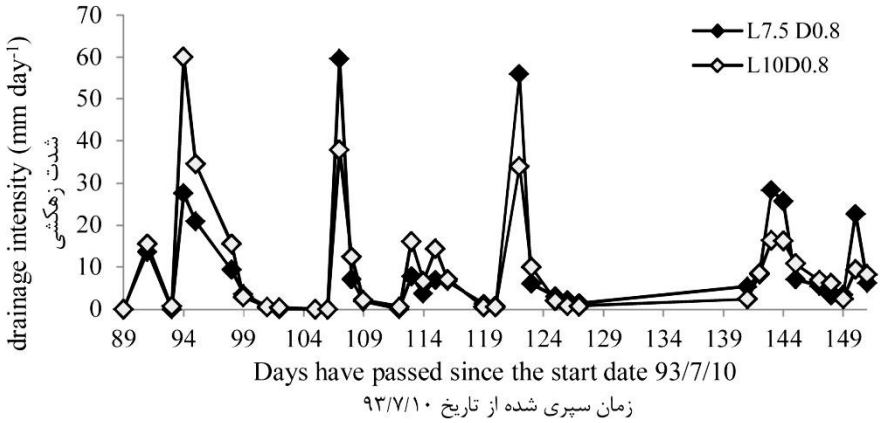
**، * و ^{ns} به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱ و ۵ درصد و غیرمعنی‌دار.



شکل ٤- مقایسه روند تغییرات شدت زهکشی قبل از شخم در دو تیمار $L_{7.5}D_{0.8}$ و $L_{15}D_{0.8}$ از تاریخ ۱۳۹۳/۷/۱۰.

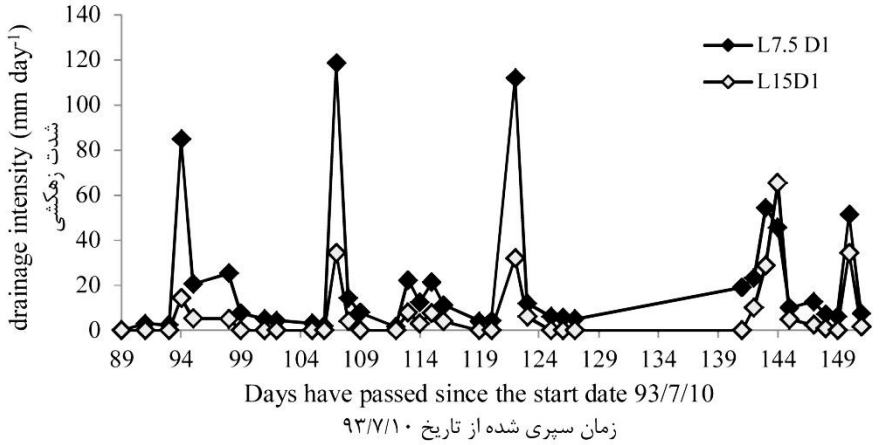
Figure 4. Compare Drainage intensity changes before plow in $L_{7.5}D_{0.8}$ and $L_{15}D_{0.8}$ the date 1393/7/10.

با انجام زهکشی میان‌فصل و پایان‌فصل ترک‌هایی در خاک پدیدار شد که تا قبل از شخم به‌منظور کشت دوم که در تاریخ ۹۳/۸/۲۲ انجام شد، از بین نرفت. به‌طوری‌که وجود این ترک‌ها باعث گردید شدت زهکشی در برخی بارندگی‌ها در تیمار $L_{7.5}D_{0.8}$ به ٦٠ میلی‌متر در روز برسد، این در حالی است که شدت زهکشی در تیمار $L_{15}D_{0.8}$ به ۳۰ میلی‌متر در روز رسید (شکل ٤). همچنین با توجه به شکل‌های ٤، ٥ و ٦ می‌توان دریافت که تفاوت بین تیمارها اکثراً در نقطه اوج هیدروگراف می‌باشد و تقریباً تفاوت بین بیش‌تر تیمارها بعد از گذشت یک روز کاهش می‌یابد و بیش‌تر آب مازاد به‌دلیل وجود ترک‌های شدید در دو روز اول پس از بارندگی خارج گردید. شکل ٦ نشان می‌دهد که وجود درز و ترک در تیمار $L_{7.5}D_1$ سبب شده حتی در برخی بارندگی‌های شدید، شدت زهکشی به مقدار ۱۲۰ میلی‌متر بر روز برسد. به‌عبارتی ترک‌های به جا مانده از انجام زهکشی میان‌فصل و پایان‌فصل نقش کلیدی و حساسی در زهکشی زیرزمینی و پارامترهایی نظیر شدت زهکشی در زمان کشت دوم دارد، که نتایج این پژوهش با مطالعات تابوچی (۲۰۰٤) و ابراهیمیان و نوری (۲۰۱٤) مطابقت دارد (۲۳، ۹).



شکل ٥- مقایسه روند تغییرات شدت زهکشی قبل از شخم در دو تیمار $L_{7.5}D_{0.8}$ و $L_{10}D_{0.8}$ از تاریخ ۱۳۹۳/۷/۱۰.

Figure 5. Compare Drainage intensity changes before plow in $L_{7.5}D_{0.8}$ and $L_{10}D_{0.8}$ the date 1393/7/10.



شکل ٦- مقایسه روند تغییرات شدت زهکشی قبل از شخم در دو تیمار $L_{7.5}D_1$ و $L_{15}D_1$ از تاریخ ۱۳۹۳/۷/۱۰.

Figure 6. Compare Drainage intensity changes before plow in $L_{7.5}D_1$ and $L_{15}D_1$ the date 1393/7/10.

نتایج مربوط به شدت زهکشی در مرحله زهکشی به‌منظور کشت دوم (بعد از شخم): نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد که اختلاف شدت زهکشی بین تیمارهای $L_{7.5}D_{0.8}$ و $L_{10}D_{0.8}$ بعد از شخم (که درز و ترک‌ها به‌طور قابل‌توجهی از بین رفته) در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار شده است. همچنین تفاوت بین تیمار $L_{7.5}D_{0.8}$ با تیمارهای $L_{15}D_{0.8}$، $L_{10}D_1$ و $L_{15}D_1$ در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار گردیده است. همچنین تفاوت بین تیمار $L_{10}D_{0.8}$ با تیمارهای $L_{15}D_{0.8}$، $L_{10}D_1$ و $L_{15}D_1$ در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار است.

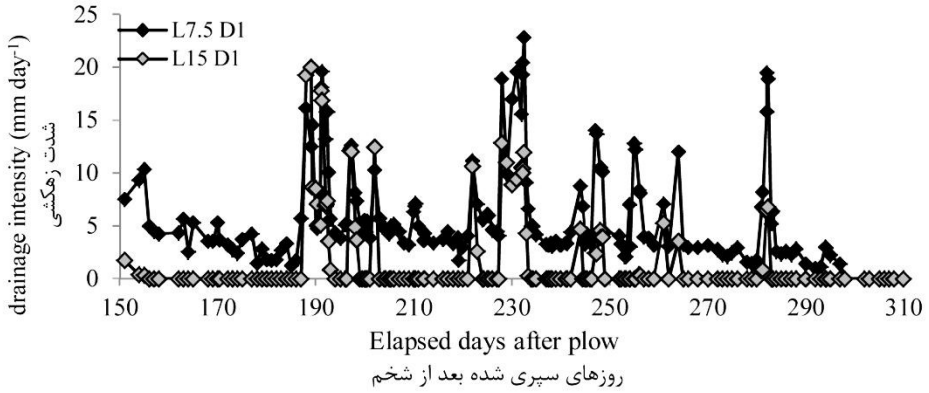
جدول ٤- اختلاف میانگین شدت زهکشی بعد از شخم بین تیمارهای مورد مطالعه توسط آزمون t test.

Table 4. The mean difference intensity drainage after plow into a second cropping between studied treatments tested by t test.

تیمار Treatment	میانگین Mean	تفاوت‌های زوج‌ها Pairs Differences		P Value
		انحراف معیار Standard deviation	میانگین خطای استاندارد Mean standard error	
$L_{7.5}D_{0.8}$- $L_{10}D_{0.8}$	0.566*	3.136	0.233	0.016
$L_{7.5}D_{0.8}$- $L_{15}D_{0.8}$	3.693**	4.153	0.309	0.0001
$L_{7.5}D_{0.8}$- $L_{7.5}D_1$	0.076^{ns}	3.626	0.270	0.778
$L_{7.5}D_{0.8}$- $L_{10}D_1$	2.754**	4.293	0.320	0.0001
$L_{7.5}D_{0.8}$- $L_{15}D_1$	4.180**	5.467	0.407	0.0001
$L_{10}D_{0.8}$- $L_{15}D_{0.8}$	3.126**	3.200	0.238	0.0001
$L_{10}D_{0.8}$- $L_{7.5}D_1$	-0.490^{ns}	3.478	0.259	0.06
$L_{10}D_{0.8}$- $L_{10}D_1$	2.187**	3.479	0.259	0.0001
$L_{10}D_{0.8}$- $L_{15}D_1$	3.613**	4.674	0.348	0.0001
$L_{15}D_{0.8}$- $L_{7.5}D_1$	-3.617**	3.084	0.229	0.0001
$L_{15}D_{0.8}$- $L_{10}D_1$	-0.939**	1.768	0.131	0.0001
$L_{15}D_{0.8}$- $L_{15}D_1$	0.486*	3.110	0.231	0.037
$L_{7.5}D_1$- $L_{10}D_1$	2.678**	2.555	0.190	0.0001
$L_{7.5}D_1$- $L_{15}D_1$	4.104**	2.982	0.222	0.0001
$L_{10}D_1$- $L_{15}D_1$	1.425**	2.823	0.210	0.0001

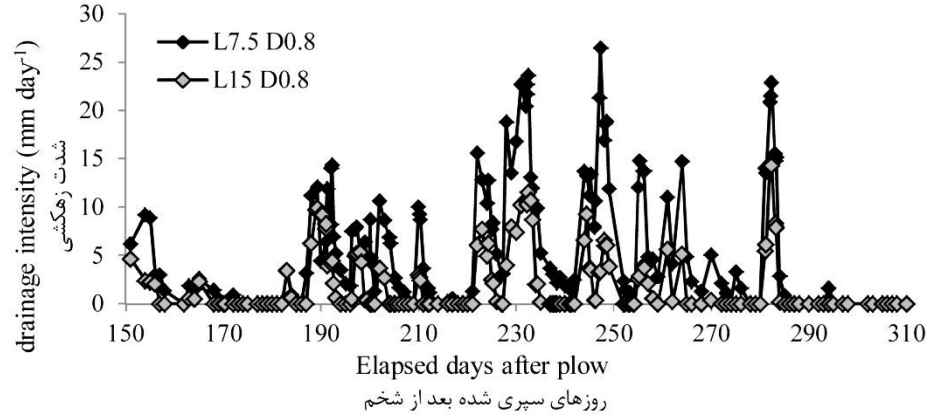
**، * و ^{ns} به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱ و ۵ درصد و غیرمعنی‌دار.

شکل ۷ نشان می‌دهد که ماکزیمم شدت زهکشی در تیمار $L_{7.5}D_1$ و $L_{15}D_1$ به‌ترتیب برابر ۲۲/۸۱۲ و ۲۰ میلی‌متر بر روز می‌باشد. روند تغییرات شدت زهکشی بعد از شخم در دو تیمار $L_{7.5}D_{0.8}$ و $L_{15}D_{0.8}$ در شکل ۸ نشان داده شده است. مطهری و همکاران (۲۰۱٤) نشان دادند که هیدروگراف دبی خروجی در روز اول ۳۳ میلی‌متر بر روز و بعد از گذشت ۳ روز به ۳ میلی‌متر در روز رسید که نتایج مطالعات آن‌ها با تغییرات شدت زهکشی بعد از شخم در این پژوهش مطابقت دارد (١٦).



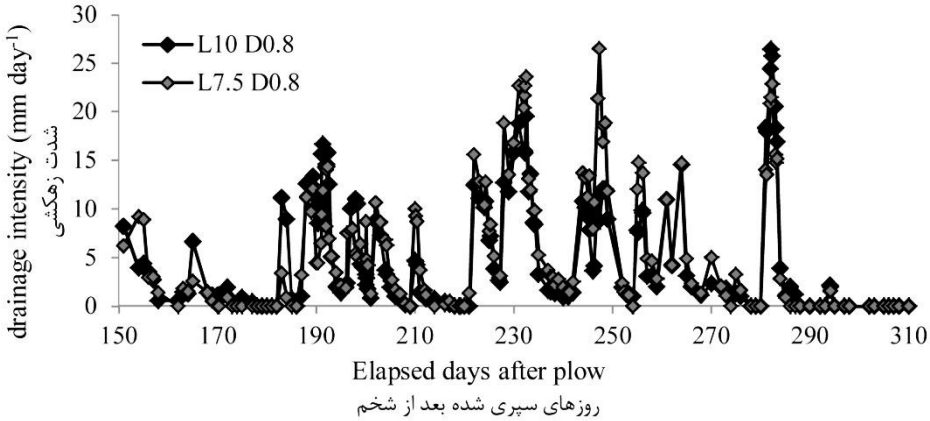
شکل ۷- مقایسه روند تغییرات شدت زهکشی بعد از شخم در دو تیمار $L_{7.5}D_1$ و $L_{15}D_1$ از تاریخ ۱۳۹۳/۹/۱۱.

Figure 7. Compare Drainage intensity changes after plow in $L_{7.5}D_1$ and $L_{15}D_1$ (1393/9/11).



شکل ۸- مقایسه روند تغییرات شدت زهکشی بعد از شخم در دو تیمار $L_{7.5}D_{0.8}$ و $L_{15}D_{0.8}$ از تاریخ ۱۳۹۳/۹/۱۱.

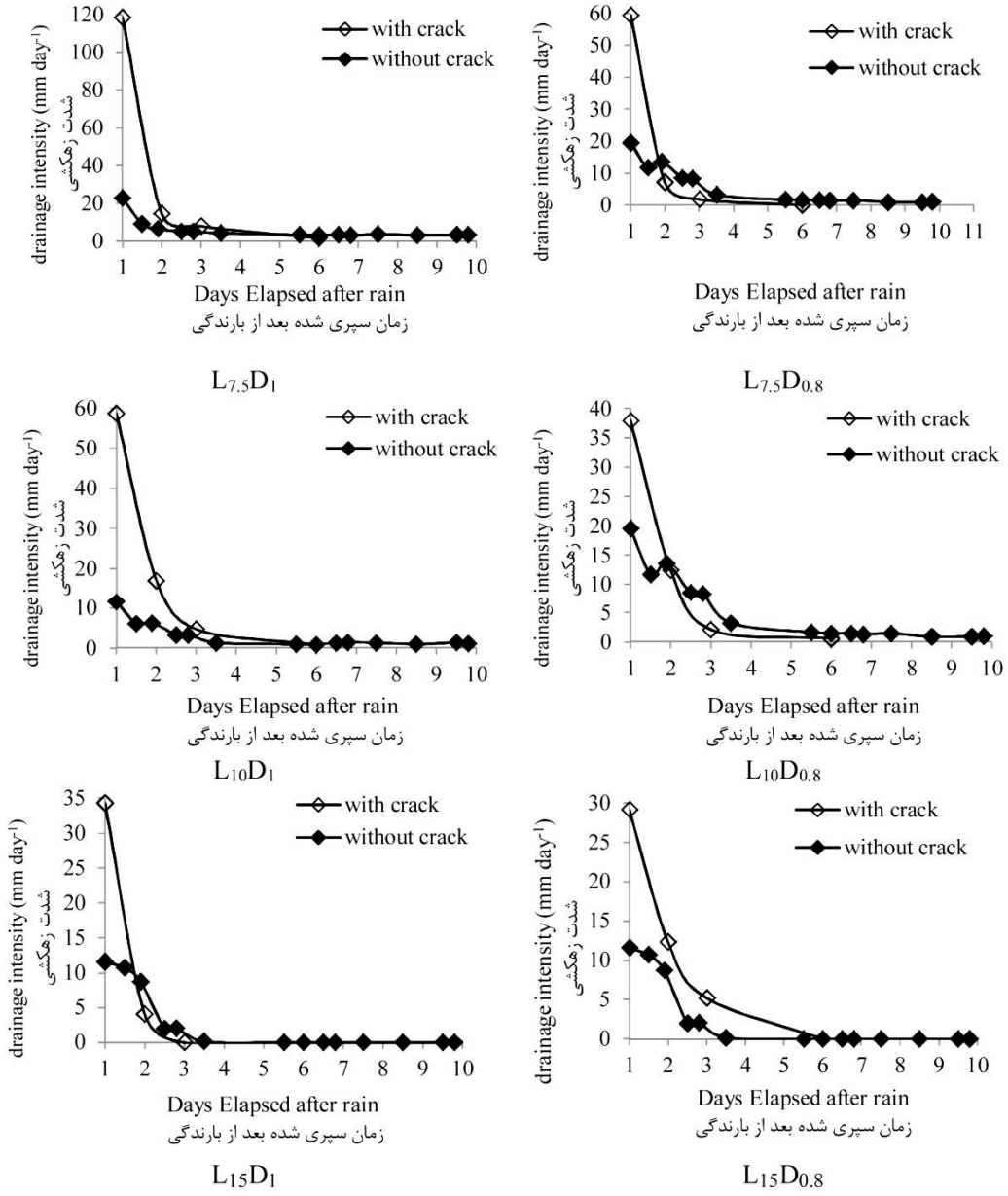
Figure 8. Compare Drainage intensity changes after plow in $L_{7.5}D_{0.8}$ and $L_{15}D_{0.8}$ (1393/9/11).



شکل ۹- مقایسه روند تغییرات شدت زهکشی بعد از شخم در دو تیمار $L_{10}D_{0.8}$ و $L_{7.5}D_{0.8}$ از تاریخ ۱۳۹۳/۹/۱۱.

Figure 9. Compare Drainage intensity changes after plow in $L_{10}D_{0.8}$ and $L_{7.5}D_{0.8}$ (1393/9/11).

شکل ۱۰ تغییرات شدت زهکشی را در دو حالت وجود و عدم وجود ترک مقایسه نموده است. همان‌گونه که شکل ۱۰ نشان می‌دهد بیش‌ترین تفاوت در شدت زهکشی بین تیمارهای مورد مطالعه در نقاط اوج هیدروگراف خروجی می‌باشد. همچنین در حالت وجود ترک شدت زهکشی در عرض ٦ روز به صفر می‌رسد در حالی‌که در حالت عدم وجود ترک حتی بعد گذشت ۱۰ روز تیمارها دارای دبی پایه می‌باشد. بیش‌تر مدل‌های شبیه سازی قادر به بررسی تأثیر ترک را در خاک سطحی نیستند در حالی‌که، ترک‌ها نقش مهمی در زهکشی زیرزمینی دارد (۲۳)، که نتایج به‌دست آمده بیانگر مطالعات قبلی است.



شکل ۱۰- مقایسه تغییرات شدت زهکشی بین تیمارهای مورد مطالعه در دو حالت وجود و عدم وجود ترک.

Figure 10. Compare drainage intensity change between treatments in two states with crack and without crack.

نتیجه‌گیری کلی

طول دوره زهکشی میان‌فصل ۷ روز بود اما شدت زهکشی در تمامی لوله‌های زهکش بعد از گذشت ۲٤ ساعت تقریباً به صفر میلی‌متر بر روز رسید. همچنین تفاوت شدت زهکشی قبل از شخم به‌منظور کشت دوم بین تیمارها، اکثراً در نقطه اوج هیدروگراف می‌باشد و تفاوت بین بیش‌تر تیمارها بعد از گذشت یک روز کاهش می‌یابد و آب مازاد به‌دلیل وجود ترک‌های شدید در دو روز اول پس از بارندگی خارج گردید. در زمان وجود ترک بیش‌ترین تفاوت شدت زهکشی در بین تیمارها در نقطه اوج هیدروگراف دبی می‌باشد. شدت زهکشی در تمامی تیمارها در حالت وجود و عدم وجود درز و ترک با هم تفاوت چشمگیری دارد به‌طوری‌که در حالت وجود ترک شدت زهکشی در عرض ٦ روز به صفر می‌رسد در حالی‌که در حالت عدم وجود ترک حتی بعد گذشت ۱۰ روز تیمارها دارای دبی پایه می‌باشد و از آن‌جا که ترک‌ها آب مازاد باران را به سرعت خارج کرده و مانع ایجاد حالت غرقابی می‌شود، وجود ترک‌ها از این لحاظ تأثیر مثبت داشته، به‌عبارتی ترک‌های به جا مانده از اعمال تیمارهای میان‌فصل و پایان‌فصل نقش کلیدی و حساسی در زهکشی زیرزمینی و پارامترهایی نظیر شدت زهکشی در زمان کشت دوم دارد.

منابع

1.Alizadeh, A. 1995. Land drainage planning in agricultural drainage systems. Ferdowsi University of Mashhad. 96. 448p. (In Persian)

2.Arnold, L.A. 2004. Effect of drain depth on nitrogen losses in drainage in shallow water table soils. M.Sc. thesis, North Carolina State University.

3.Aslani, F., Nazemi, A.H., Ashrafsadrodini, S.A., Fakherifard, A., and Ghorbani, M.A. 2010. Depth and space estimation based on quality effluent suitable for subsurface drainage. J. Res. Soil Water Iran. 41: 139-141. (In Persian)

4.Christen, E., and Skehan, D. 2001. Design and management of subsurface horizontal drainage to reduce salt loads. J. Irrig. Drain. Engin. 127: 3. 148-155.

5.Cooke, R., Nehmelman, J., and Kalita, P. 2002. Effect of tile depth on nitrate transport from tile drainage systems. ASAE Paper, No. 022017.

6.Darzi-Naftchali, A., Mirlatifi, S.M., Shahnazari, A., Ejlali, F., and Mahdian, M.H. 2013. Effect of subsurface drainage on water balance and water table in poorly drained paddy fields. Agricultural Water Management. 130: 61-68.

7.Darzi, A., Mirlatifi, S.M., Shahnazari, A., Ejlali, F., and Mahdian, H. 2012. The effect of surface and subsurface drainage on yield and yield components of rice in paddy fields. Research of water in agriculture. 26: 1. 61-70. (In Persian)

8.Deverel, S.J., and Fio, J.L. 1990. Ground-water flow and solute movement to drain laterals, Western San Joaquin Valley, California. Water Resources Research. 27: 233-246.

9.Ebrahimian, H., and Noory, H. 2014. Modeling paddy field subsurface drainage using HYDRUS-2D. Paddy water environ. 13: 477-485.

10.Ebrahimian, H., Liaghat, A., Parsinejad, M., and Akram, M. 2008. Evaluation of subsurface drainage performance with rice husk envelope (Case study: Ran drainage network, Behshahr). J. Soil Water Sci. 22: 2. 371-381. (In Persian)

11.Furukawa, Y., Shiratori, Y., and Inubushi, K. 2008. Depression of methane production potential in paddy soils by subsurface drainage systems. Soil Science and Plant Nutrition. 54: 950-959.

12.Gordon, R., Manani, A., Caldwell, K., Welling, S., Harvard, P., and Cochrane, L.,1998. Leaching characteristics of nitrate-N in a subsurface drained soil in Atlantic Canada. In: Drainage in the 21st Century: Food Production and the Environment Proceedings of the Seventh International Drainage Symposium. ASAE, St. Joseph. MI, Pp: 567-573.

13.Irwin, R.W., and Bryant, G.J. 1987. Evalution of drainage coefficient for Brookston clay soil. ASAE transaction. 30: 5. 1343-1346.
14.Karimi, V., Yousefian, H., and Salmani, M. 2009. Study of subsurface drainage in paddy fields. Articles Collections the Third National Conference on Water and Irrigation and Drainage Network Construction experience. Irrigation and Reclamation Department of Tehran University. (In Persian)
15.Masanneh-Ceesay, M. 2004. Management of rice production systems to increase productivity in the Gambia, West Africa. In: A Dissertation Presented to the Faculty of the Graduate School of Cornell University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy, 159p.
16.Motahari, M., Ejlali, F., Alizadeh, M.J., and Kouchakzadeh, M. 2014. Application of unsteady approach in determination of design parameters of underground drainage system (case study: experimental farm of human resources and agricultural development center, Mazandaran, Iran). Inter. J. Hydr. Engin. 3: 2. 61-67.
17.Murashima, K., and Ogino, Y. 1992. Comparative Study on Study on Steady and Non-Steady State Formulae of Subsurface Drain Spacing – Design on Subsurface Drainage in Paddies (I)-. Bull. Univ. Osaka Pref. 44: 41-48.
18.Nangia, V., Gowda, P.H., Mulla, D.J., and Sands, G.R. 2010. Modeling impacts of tile drain spacing and depth on nitrate-nitrogen losses. Vadose Zone J. 9: 61-72.
19.Poole, C.A. 2006. The effect of shallow subsurface drains on nitrate-n and orthophosphorus losses from drained agricultural lands. In: A thesis submitted to the Graduate Faculty of North Carolina State University in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Science, 238p.
20.Samipour, F., Mohammadi, K., Mahdian, M.H., and Naseri, A. 2010. Evaluating DRAINMOD and SWAP drainage Models in Determining Optimal Depth and Spacing Using Crop Yield Performance and Drainage Effluent. J. Irrig. Drain. Iran. 3: 4. 375-386. (In Persian)
21.Schwab, G.O., Fausey, N.R., and Kopcak, D.E. 1980. Sediment and chemical content of agricultural drainage water. Transactions on ASAE. 23: 1446-1449.
22.Skaggs, R.W., and Chescheir, G.M. 2003. Effects of subsurface drain depth on nitrogen losses from drained lands. Transactions on ASAE. 46: 2. 237-244.
23.Tabuchi, T. 2004. Improvement of paddy field drainage for mechanization. Paddy Water Environ. 2: 1. 5-10.
24.The Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (MAFF), Bureau of Agricultural Structure Improvement (BASI). 1979. Planning and Design Standards of Subsurface Drainage Project. 66p. (In Japanese)

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 23(4), 2016
http://jwsc.gau.ac.ir

The effect of depth and space subsurface drainage on paddy field drainage intensity (Case study: Fields of Rice Research Institute of Iran)

M. Alizadeh[1], *P. Afrasiab[2], M.R. Yazdani[3], A.M. Liaghat[4] and M. Delbari[2]

[1]Ph.D. Student, Dept. of Water Engineering, University of Zabol, [2]Associate Prof., Dept. of Water Engineering, University of Zabol, [3]Assistant Prof., Rice Research Institute of Iran, [4]Professor, Dept. of Irrigation and Reclamation Engineering, Agriculture and Natural Resources Campus, University of Tehran (Karaj)

Received: 07/13/2015; Accepted: 03/09/2016

Abstract

Background and Objectives: Due to limited resources, soil and fertile land, the need for maximum use of the potential of climate, create favorable conditions for a variety of land use in the annual crop and most important of all completed equipping and modernization plans and land and scoring costs out, we can create a subsurface drainage, provides the possibility of planting crops other than rice in the wet season, in addition to creating more favorable conditions for planting and harvesting rice. In this research, the effect of depth and space subsurface drainage systems on drainage intensity was investigated in three stages (mid-season drainage, drainage in time rice harvest and drainage during second planting season).

Materials and Methods: Data needed for the study was obtained from paddy fields Rice Research Institute in the city of Rasht in an area of one hectare in crop year. Drainage treatments included: six conventional subsurface drainage systems with rice husk envelope including drainage system with drain depth of 0.8 m and drain spacing of 7.5 m ($L_{7.5}$ $D_{0.8}$), drain depth of 0.8 m and drain spacing of 10 m (L_{10} $D_{0.8}$) and drain depth of 0.8 m and drain spacing of 15 m (L_{15} $D_{0.8}$), drain depth of 1 m and drain spacing of 7.5 m ($L_{7.5}$ D_1), drain depth of 1 m and drain spacing of 10 m (L_{10} D_1) and drain depth of 1 m and drain spacing of 15 m (L_{15} D_1). All lines are 40 meters long and made of PVC corrugated pipes with a diameter of 125 mm. Rice husk was used as a covering around the pipe drain.

Results: The difference between treatments $L_{7.5}D_{0.8}$ and $L_{10}D_{0.8}$ before tillage (there are more leaks and cracks) was not statistically significant, The difference between treatments was significant $L_{7.5}D_{0.8}$ and $L_{15}D_{0.8}$ at 5%. The difference between treatments $L_{7.5}D_{0.8}$ and $L_{7.5}D_1$ by 1% and the difference between treatments in the $L_{10}D_{0.8}$ and $L_{15}D_{0.8}$ by 1% level has been significant. In other words, the drain-distance 7.5 meters and a depth of 1 meter increased discharge rate compared to 0.8 meters depth. The results showed that the difference between the treatment $L_{7.5}D_{0.8}$ with $L_{15}D_{0.8}$, $L_{10}D_{0.8}$ and $L_{7.5}D_1$ was significant 1% statistical level. Also in mid season drainage, spacing 7.5 m and a depth of 1 meter subsurface drainage almost 4 times the intensity of drainage compared to spacing 7.5 m and a depth of 0.8 m subsurface drainage. Most of the time difference between treatments in the drainage in order crop second in the state of cracks is in the peak of the hydrograph.

Conclusion: Cracks created at the time mid season and end season drainage at the time of rice cultivation a critical role has subsurface drainage and drainage parameters such as intensity during the second crop.

Keywords: Subsurface drainage, Paddy field, Drainage intensity, Mid-Season drainage, Crack

* Corresponding Author; Email: peyman.afrasiab@uoz.ac.ir