نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۳۰ / شماره ۲ / ۱۳۹۵
DOI: http://dx.doi.org/10.22092/jwra.2016.106641

ارزیابی اثر فاصله و عمق زهکش‌های زیرزمینی در اراضی شالیزاری، به‌منظور توسعه کشت دوم در یک مزرعه نمونه در گیلان

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

دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، ایران.
Malizadeh87@gmail.com
دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، ایران.
peyman.afrasiab@uoz.ac.ir
استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران.
smryazdany@yahoo.ca
استاد گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (کرج)، ایران.
aliaghat@ut.ac.ir
دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، ایران.
masoomeh.delbari@uoz.ac.ir

چکیده

کشت دوم در اراضی شالیزاری دارای مزیت‌های اقتصادی ناشی از تولید محصولات کشاورزی (کلزا، باقلا، سیر، تریتیکاله، سویا و...)، آماده‌سازی بستر شالیزار برای برداشت مکانیزه محصول، تقویت اقتصاد خانوار کشاورزان برنج‌کار، افزایش انگیزه کشاورزان به ماندن در روستا است. به دلیل عدم قابلیت زهکش‌های سطحی در تخلیه سریع آب از منطقه ریشه، شرایط مناسب برای کشت دوم در اراضی شالیزاری فراهم نشده که می‌توان با ایجاد سامانه‌های زهکشی زیرزمینی، علاوه بر ایجاد شرایط مناسب برای کاشت، داشت و برداشت برنج، امکان کشت محصولاتی غیر از برنج را در فصول مرطوب فراهم نمود. این پژوهش برای تعیین فاصله و عمق مناسب زهکش‌های زیرزمینی در اراضی شالیزاری به‌منظور فراهم کردن شرایط مناسب برای کشت دوم، در ۱/۵ هکتار از اراضی شالیزاری مؤسسه تحقیقات برنج کشور در استان گیلان در سال زراعی ۱۳۹۳ به انجام رسید. تیمارهای مورد آزمایش شامل $L_{7.5}D_{0.8}$، $L_{10}D_{0.8}$، $L_{15}D_{0.8}$، $L_{7.5}D_1$، $L_{10}D_1$ و $L_{15}D_1$، زهکش سطحی، و شاهد (بدون زهکشی) بود. طول کلیه خطوط ۴۰ متر و جنس لوله‌ها پی‌وی‌سی موج‌دار با قطر ۱۲۵ میلی‌متر است. از پوسته برنج به‌عنوان پوشش اطراف لوله‌های زهکش استفاده شد. نتایج نشان داد که زهکش‌های زیرزمینی با فاصله ۱۵ متر نتوانسته‌اند عمق سطح ایستابی را به حد قابل قبولی پایین بیاورند و فقط قادر بودند شرایط را برای کشت گیاهانی نظیر شوید، جعفری، شاهی، تره (که عمق توسعه ریشه کمی دارند) فراهم کنند. همچنین، زهکش‌های سطحی باعث کاهش ۲۲ درصد در میزان آب مازاد خاک نسبت به شاهد شد. در نهایت نتایج نشان داد که برای فراهم کردن شرایط مناسب برای کشت گیاهانی نظیر کلزا و باقلا، زهکش‌های زیرزمینی با فواصل ۷/۵ و ۱۰ متر مناسب است که با توجه به زهکشی بیش از حد در فاصله زهکش ۷/۵ متر، زهکش‌های زیرزمینی با فاصله ۱۰ متر به‌عنوان فاصله مناسب در مرحله زهکشی به‌منظور کشت دوم انتخاب شد و با توجه به عدم معنی‌داری تفاوت سطح ایستابی بین تیمارهای $L_{10}D_1$ و $L_{10}D_{0.8}$، زهکش‌های زیرزمینی با عمق ۰/۸ متر مناسب تشخیص داده شد.

واژه‌های کلیدی: سطح ایستابی، زهکش سطحی، پوسته برنج.

۱- آدرس نویسنده مسئول: زابل، گروه مهندسی آب، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل.
* - وصول : دی ۱۳۹٤ و پذیرش : اردیبهشت ۱۳۹۵.

مقدمه

برنج غذای اصلی نیمی از مردم جهان را تشکیل می‌دهد. محصول برنج پس از گندم بیشترین سطح اراضی کشاورزی را در جهان به خود اختصاص داده است، به‌طوری‌که استان‌های شمال کشور یعنی گیلان و مازندران جمعاً ٦۵/۲ درصد از سطح برداشت انواع شلتوک کشور را دارا هستند (بی‌نام، ۱۳۹٤)؛ اما متأسفانه عدم سرمایه‌گذاری کافی در گذشته و فراهم نکردن زیرساخت‌های مناسب سبب شد که نه‌تنها بهره‌وری این اراضی افزایش نیابد، بلکه به دلایل مختلف بخشی از شالیزارها از حیز انتفاع خارج شده و دچار تغییر کاربری شوند. نتیجه این وضعیت، فراهم نشدن فرصت‌های مناسب برای تنوع درآمد و در سطح کلان تضعیف رشد اقتصادی است.

به‌طور اصولی، کشت دوم در اراضی شالیزاری دارای مزیت‌های اقتصادی ناشی از تولید محصولات کشاورزی (کلزا، باقلا، سیر، تریتیکاله، سویا و...)، آماده‌سازی بستر شالیزار برای برداشت مکانیزه محصول، تقویت اقتصاد خانوار کشاورزان برنج‌کار (که به دلیل افزایش شدید هزینه‌های تولید، کشت برنج را اقتصادی نمی‌دانند)، افزایش انگیزه کشاورزان به ماندن در روستا است. با این وجود، به دلیل عدم قابلیت زهکش‌های سطحی در تخلیه سریع آب از منطقه ریشه (مریدنژاد، ۱۳۸۳)، شرایط مناسب برای کشت دوم در اراضی شالیزاری فراهم نشده که می‌توان با ایجاد سامانه‌های 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.

بارندگی زیاد در نیمه دوم سال در مناطق شالی‌کاری، سنگینی بافت خاک، هدایت هیدرولیکی پایین خاک، فقدان ساختمان و چسبندگی خاک‌ها، ایجاد لایه غیر قابل نفوذ در عمق ناچیز، شیب کم و نامناسب بودن زهکشی طبیعی از مشخصات اراضی شالیزاری شمال کشور است. بدیهی است از دیدگاه اصول زهکشی این خصوصیات خاک، موجب کم شدن فاصله زهکش‌ها و افزایش هزینه خواهد شد (کریمی و همکاران، ۱۳۸٦). به‌طور کلی، در تجهیز و نوسازی اراضی شالیزاری، ابعاد استاندارد کرت‌ها با طول ۱۰۰ متر و عرض ۳۰ متر در نظر گرفته می‌شود (عادلی نوری، ۱۳۸۳). ازآنجاکه هر کرت شالیزاری طبق تعریف باید دارای مدیریت مستقل آبیاری و زهکشی باشد، بنابراین فاصله زهکش‌ها باید مقسوم علیه‌ای از عدد ۳۰ (عرض کرت شالیزاری استاندارد) باشد. به همین دلیل، در طراحی زهکش‌های زیرزمینی در اراضی شالیزاری فاصله قرارگیری زهکش‌ها در محدوده هفت تا ۱۵ متر است (موراشیما و اگینو، ۱۹۹۲؛ MAFF، ۱۹۷۹).

طبق مطالعات انجام شده عوامل مختلفی بر میزان خیز و نحوه شکل‌گیری سطح ایستابی بین زهکش‌ها مؤثرند که در نظر گرفتن این عوامل در طراحی زهکش‌ها می‌تواند حالت مطلوب را برای رشد گیاه ایجاد کند (فرامرزی، ۱۳۸۰). به‌طوری که شکل‌گیری و میزان خیز سطح ایستابی بین زهکش‌ها، تابعی از فاصله بین زهکش‌ها، شدت تغذیه و تخلیه و ارتفاع آب داخل لوله‌های زهکش گزارش شده است (سالیهو و رافیندادی، ۱۹۸۹). تأثیر جمع‌کننده‌ها بر افت سطح ایستابی از مسائل غیر قابل اغماض است، طبق پژوهش‌های که در دشت مغان صورت گرفته جمع‌کننده‌ها سطح ایستابی را در فاصله‌ای به طول حداقل ۱۰۰ متر و حداکثر ۱٤۰ متر از طرفین تحت تأثیر قرار می‌دهند (آذری، ۱۳۷۹).

فاصله زهکش‌های زیرزمینی در اراضی شالیزاری شرق شهرستان ساری با استفاده از معادله ماندگار هوخهات ۳۸ متر و از رابطه غیرماندگار گلوردام ۳۰ متر به‌دست آمد، در تحقیق مزبور ضریب زهکشی سه میلی‌متر در روز، هدایت هیدرولیکی ۰/٦۳ متر در روز، عمق لایه غیرقابل نفوذ ۲/۷۵ متر و عمق نصب زهکش‌ها یک متر در نظر گرفته شده است (میرزایی و همکاران، ۱۳۷۷)، در حالی‌که فاصله زهکش‌های زیرزمینی در اراضی شالیزاری مرکز توسعه منابع کشاورزی هزار در

استان مازندران با استفاده از فرمول گلوردام ۲۶ متر و با استفاده از فرمول ارنست ۶۳ متر به دست آمد (درزی و همکاران، ۲۰۱٤).

نتایج مطالعات مزرعه‌ای تأثیر عمق و فاصله زهکش بر میزان زهاب خروجی و سطح ایستابی برای اراضی غیر شالیزاری (کوک و همکاران، ۲۰۰۲؛ گوردان و همکاران، ۱۹۹۸؛ شواب و همکاران، ۱۹۸۰) نشان داد که با افزایش عمق و کاهش فاصله زهکش میزان زهاب خروجی افزایش یافته، در نتیجه تأثیر مثبت در کنترل سطح ایستابی دارد. درحالی‌که بررسی تأثیر عمق و فاصله زهکش‌های زیرزمینی (اعماق ٦٥ و ۹۰ سانتی‌متر و فواصل ۱۵ و ۳۰ متر) بر کنترل عمق سطح ایستابی در اراضی شالیزاری استان مازندران نشان داد که زهکش‌های کم‌عمق در کنترل سطح ایستابی در مقایسه با زهکش‌های عمیق مؤثرتر بوده که دلیل این امر می‌تواند وجود خاک-هایی با نفوذپذیری پایین باشد (درزی و همکاران، ۲۰۱۳).

مطالعه و ارزیابی سیستم زهکشی زیرزمینی با پوشش پوسته برنج در اراضی شالیزاری واقع در مرکز ترویج و توسعه فنّاوری هراز در شهرستان آمل نشان داد که سیستم زهکشی دارای عکس‌العمل سریع بوده، به-طوری که افت سریع سطح ایستابی در چاهک‌های مشاهده‌ای حاکی از کارکرد بسیار خوب سیستم زهکشی زیرزمینی است. در تحقیق مزبور فاصله لاترال‌ها از یکدیگر ۱۰ متر و عمق کارگذاری آنها در نقطه شروع ۷۰ سانتی‌متر بوده است (کریمی و همکاران، ۱۳۸٦). در حالی‌که ارزیابی سیستم زهکشی زیرزمینی با پوسته برنج در اراضی بهشهر نشان داد عملکرد سیستم در کنترل سطح ایستابی، شدت تخلیه و کاهش شوری خاک ضعیف بوده است (ابراهیمیان، ۱۳۸٦).

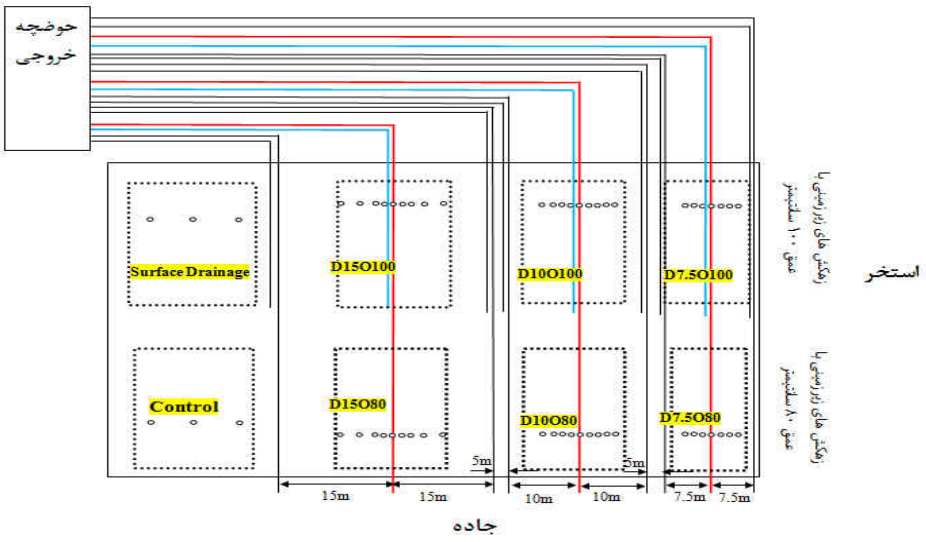
در پژوهشی در جنوب لویزیانا در طول سال-های ۱۹۸۰ تا ۱۹۹۰، اثر سه سیستم زهکشی با فاصله ١٤، ۲۸ و ٤۲ متر و عمق یک متر بر عمق سطح ایستابی در خاک لوم رسی سیلتی در فصل کشت نیشکر بررسی شد. نتایج نشان داد که فواصل زهکش ١٤ و ۲۸ متر عملکرد بهتری در کنترل سطح ایستابی داشتند، به طوری‌که متوسط مجموع آب اضافی سالانه لایه ۳۰ سانتی‌متری، برای فواصل ١٤، ۲۸ و ٤۲ متر به ترتیب ٤٦، ۱۲۲ و ۲٤۲ سانتی‌متر در روز بود (کارتر و کمپ، ۱۹۹٤).

مطالعات نشان داده که عملکرد برنج در مناطق زهکشی شده نسبت به مناطق بدون زهکشی تقریباً ۱/٦٦ – ۱/۲۲ برابر بهتر است و همچنین زهکشی زیرزمینی شرایط بهتری را برای کشت کلزا فراهم می‌کند (درزی و شاهنظری، ۲۰۱٤). سایر مطالعات نشان می‌دهد که بعد از یک یا دو فصل بعد از نصب سیستم زهکش‌های زیرزمینی به‌طور متوسط عملکرد نیشکر ٥٤، پنبه ٦٤، برنج ٦۹ و گندم ۱۳٦ درصد افزایش یافته که این افزایش عملکرد به دلیل کنترل سطح ایستابی و میزان شوری خاک بوده که به ترتیب مقادیر آن‌ها ۲۵ و ۵۰ درصد کمتر از حالت بدون زهکشی است. همچنین، سطح ایستابی می‌تواند در عمق ۱/۵–۰/۵ متر (بسته به گیاه) و یا حتی عمق کمتر برای مزارع برنج کنترل شود (ریتزما و همکاران، ۲۰۰۸). نتایج بررسی تأثیر شدت زهکشی در دوره‌های مختلف رشد کلزا به‌عنوان کشت دوم بعد از برنج نشان داد که افزایش مدت غرقابی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد، اجزای عملکرد و صفات گیاهی (به‌جز وزن هزاردانه) شد (فرزام‌صفت و همکاران، ۱۳۸۹). جهت مقایسه نوع و فاصله زهکش‌های سطحی در کشت کلزا، زهکش‌های طولی با فواصل مختلف و عمق ۲۰ سانتی‌متر به عنوان تیمار اصلی، در دو حالت با زهکش‌های عرضی (عمود بر زهکش‌های طولی) با فاصله یک متر و عمق ۱۰ سانتی‌متر و بدون زهکش‌های عرضی مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد که تیمارهایی با زهکش سطحی با فواصل چهار متر و زهکش عرضی با فواصل یک متر، بیشترین عملکرد را داشته و تیمارهای بدون زهکش کمترین عملکرد را داشته است (سلحشور دلیوند، ۱۳۸٤).از آنجایی که عمق و فاصله زهکش‌ها، دو مؤلفه اساسی سامانه‌های زهکشی زیرزمینی است، تعیین بهینه آن‌ها نقش مهمی در کارایی این نوع زهکش‌ها دارد.

بنابراین، در این پژوهش، کارایی فاصله و عمق‌های مختلف زهکش‌های زیرزمینی در کنترل سطح ایستابی، به‌منظور توسعه کشت دوم در اراضی شالیزاری گیلان مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

داده‌های مورد نیاز این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۳ از اراضی شالیزاری مؤسسه تحقیقات برنج کشور (سیستم زهکشی زیرزمینی در سال ۱۳۹۰ احداث شد) واقع در پنج کیلومتری شهرستان رشت در استان گیلان (N ۱۶′ ۳۷° و E ۳۶′ ۴۹° و ارتفاع هفت متر پایین‌تر از سطح آب‌های آزاد) در زمینی به مساحت ۱/۵ هکتار با ابعاد ۱۰۰×۱۵۰ متر به دست آمد، کشت محصولات در این منطقه (کشت دوم) به‌صورت دیم است، بنابراین، زهکش‌ها فقط در اثر بارندگی فعال خواهند شد. تیمارهای مورد مطالعه در آزمایش شامل شش 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 ($L_{10}D_1$)، عمق یک متر با فاصله ۱۵ متر ($L_{15}D_1$)، زهکش سطحی و شاهد (بدون سیستم زهکشی) بود. شماتیک مزرعه مورد مطالعه و سامانه‌های مختلف زهکشی در شکل (۱) ارائه شده است. عمق زهکش سطحی ۱۵ سانتی‌متر و عرض کف و دهنه آن ۲۰- ۲۵ سانتی‌متر بود. طول کلیه زهکش‌های زیرزمینی ۴۰ متر و جنس لوله‌ها پی‌وی‌سی موج‌دار با قطر ۱۲۵ میلی‌متر است. از پوسته برنج به‌عنوان پوشش اطراف لوله-های زهکش با قطر متوسط ۱۵ سانتی‌متر در بالا و پایین لوله زهکش استفاده شد. 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 کرت‌های تحت پوشش لوله‌های اصلی انجام شد. خطوط اصلی زهکش با رنگ آبی و قرمز نشان داده شده است (شکل ۱). در نیمه دوم سال زمین پوشیده از پوشش گیاهی متراکم معمول اراضی شالیزاری است.



شکل ۱- آرایش سامانه‌های زهکشی در مزرعه آزمایشی

در طول مدت داده‌برداری (ابتدای آذر ۱۳۹۳ تا انتهای اردیبهشت ۱۳۹٤) درمجموع ۲۳ بارندگی با ۵۸٤ میلی‌متر بارش اتفاق افتاد. همچنین، مقادیر حداقل و حداکثر دمای ثبت‌شده در مدت مطالعه، ۲- و ۳۲ درجه سانتی‌گراد بود. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه تا عمق ۸۰ سانتی‌متر در جدول (۱ و ۲) ارائه

شده است. جدول (۳) مقدار پارامترهای برآورد شده از مدل ونگنوختن را برای سه لایه خاک موردمطالعه نشان می‌دهد (یزدانی، ۱۳۹۲).

جدول ۱- خواص فیزیکی خاک موردمطالعه در عمق‌های مختلف

عمق نمونه‌برداری (cm)	ماده آلی (%)	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	بافت
۰-۱۶	۱/۶۸	۷	۴۲	۵۱	رس سیلتی
۱۶-۴۶	۰/۲۵	۱۱	۴۴	۴۵	رس سیلتی
۴۶-۸۰	۰/۳۵	۱۳	۳۲	۵۵	رسی
۸۰-۱۲۰	۰/۲۲	۵	۴۴	۵۱	رسی سیلتی

جدول ۲- خواص شیمیایی خاک مورد مطالعه در عمق های مختلف

عمق نمونه برداری	EC $dS.m^{-1}$	pH	CEC (m.e.q/100 g)	O.C* (%)	K p.p.m	P p.p.m	N (%)
۰-۱۶	۰/۴۸	۶/۱	۱۸	۱/۶۸	۱۹۶	۷	۰/۱۳۷
۱۶-۴۶	۰/۳۶	۵/۱	۳۰	۰/۲۵	–	–	–
۴۶-۸۰	۰/۳۰	۵/۲	۴۱	۰/۳۵	–	–	–
۸۰-۱۲۰	۰/۶۶	۵/۶	۳۶	۰/۳۹	–	–	–

جدول۳- پارامترهای منحنی مشخصه رطوبتی خاک موردمطالعه (یزدانی، ۱۳۹۲)

عمق (cm)	افق خاک	θ_s (cm^3cm^{-3})	θ_r (cm^3cm^{-3})	α	m	n	θ_{Fc} (cm^3cm^{-3})	θ_{PWP} (cm^3cm^{-3})
۰-۱۶	سطحی گلخراب	۰/۶۴۹	۰/۰۱	۰/ ۰۰۹	۰/۱۷۷	۱/۲۱۵	۰/۴۹۰	۰/۲۲۰
۱۶-۴۶	سخت لایه شخم	۰/۶۸۹	۰/۰۱	۰/۰۱۱	۰/۱۷۱	۱/۲۰۶	۰/۵۰۹	۰/۲۳۹
۴۶-۸۰	غیراشباع زیرین	۰/۶۵۳	۰/۰۱	۰/۰۱۲	۰/۱۶۸	۱/۲۰۲	۰/۴۸۲	۰/۲۳۰

برای تعیین عمق سطح ایستابی در وسط بین دو لوله زهکش و همچنین به دست آوردن پروفیل سطح ایستابی در هر تیمار از لوله‌های پولیکا سه اینچی به طول ۱/۵ متر که ۸۰ سانتی‌متر آن به فواصل یک سانتی‌متر در یک سانتی‌متر به‌صورت زیگزاگ سوراخ شده بود، استفاده شد (حسن پور و همکاران، ۱۳۸۹). برای جایگذاری لوله-ها در خاک، ابتدا در نقاط مورد نظر، با کمک آگر چاهکی به عمق ۱۱۰ سانتی‌متر ایجاد شده و سپس لوله‌ها در آن قرار داده شدند، به‌طوری‌که ٤۰ سانتی‌متر از لوله بیرون از سطح زمین قرار گرفت و در نهایت به‌منظور جلوگیری از ورود آب سطحی به داخل چاهک اطراف لوله‌ها به‌دقت با خاک پر شد، همچنین انتهای لوله چاهک در خاک باز بود. قرائت سطح ایستابی در فصل کشت دوم از تاریخ ۹۳/۹/۱۰ تا ۹٤/۲/۲۰ در ۵۸ عدد چاهک با استفاده از خط‌کش چوبی نازک ۱/۵ متری به‌صورت روزانه انجام شد. در هر تیمار یک چاهک در وسط بین دو لوله زهکش و یک چاهک روی لوله زهکش، چهار چاهک به فاصله دو و سه متری در سمت چپ و راست چاهک وسطی نصب شد، همچنین دو چاهک دیگر نیز به فاصله یک متری از لوله زهکش نصب گردید.

با توجه به جدول (٤) برای اراضی شالیزاری که در آن پس از برداشت زراعت برنج، کشت سایر گیاهان زراعی مورد نظر است، کنترل سطح ایستابی در محدوده ۰/۵ – ۰/٤ متر برای رشد و نمو مناسب سایر گیاهان زراعی در تناوب با زراعت برنج مورد نیاز خواهد بود که با توجه به وجود سخت لایه در عمق ۳۰ سانتی‌متری در اراضی شالیزاری مورد مطالعه، عمق توسعه ریشه گیاهان نمی‌تواند بیش از ۳۰-۲۵ سانتی‌متر باشد. بنابراین، عمق

مطلوب سطح ایستابی در مزرعه موردمطالعه ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. با فرض عمق سطح ایستابی اولیه (حداقل عمق سطح ایستابی از لحاظ تهویه منطقه ریشه) ۲۵ سانتی‌متر، مجموع آب اضافی موجود در لایه ۲۵ سانتی‌متری سطح خاک (SEW_{25} یا مقدار تجمعی انحراف عمق سطح ایستابی از سطح ایستابی مبنای ۲۵ سانتی-متری) برای فصل کشت دوم به‌صورت زیر محاسبه شد:

$$SEW_{25} = \sum_{i=1}^{n}(25 - x_i) \quad (۱)$$

که در آن:

x_i عمق سطح ایستابی (سانتی‌متر) در روز i و n تعداد روزهایی است که عمق سطح ایستابی کمتر از ۲۵ سانتی-متر است.

جدول۴- عمق توسعه ریشه گیاهان مناسب برای کشت دوم

نوع گیاهان	گیاهان انتخابی و عمق توسعه ریشه (متر)		
	خیلی کم عمق ۰/۲>	کم عمق ۰/۳>	تقریباً کم عمق ۰/۵ >
برگی یا علوفه‌ای	شوید، جعفری، گشنیز، شاهی، تره	کاهو، اسفناج، کلم معمولی، گل کلم	علوفه مرتعی، شبدر برسیم
ریشه‌ای یا غده‌ای	–	ترب سفید	پیاز، سیر، هویج فرنگی، شلغم
میوه‌ای یا دانه‌ای	–	توت فرنگی	لوبیا سبز، باقلا، کدو، کلزا

همچنین، برای ارزیابی عملکرد زهکش‌ها در کنترل سطح ایستابی از شاخص Relative Ground Water Depth (RGWD) (عمق نسبی آب زیرزمینی) استفاده شد (رابطه ۲):

$$RGWD = \frac{\text{متوسط عمق سطح ایستابی در طول دوره بر حسب متر}}{\text{عمق مطلوب سطح ایستابی در طول دوره بر حسب متر}} \quad (۲)$$

مقدار بهینه و مطلوب این شاخص برابر با یک است و این شاخص می‌تواند در محدوده ۰/۸ تا ۱/۲ قرار گیرد؛ که مقادیر زیاد آن نشان‌دهنده زهکشی بیش از حد (Over drainage) و مقادیر کمتر به معنی کمبود زهکشی (Under drainage) است. درنهایت مقادیر عمق سطح ایستابی اندازه‌گیری شده با آزمون آماری t test به کمک نرم‌افزار SPSS مقایسه شد تا در سطوح یک و پنج درصد تحلیل شود.

نتایج و بحث

اختلاف میانگین عمق سطح ایستابی در فصل کشت دوم بین تیمارهای مورد مطالعه در جدول (۵) نشان می‌دهد که به غیر از تیمار $L_{10}D_{0.8}$ و$L_{10}D_1$ تفاوت اکثر تیمارها در سطح یک درصد معنی‌دار است. همچنین، اختلاف بین تیمارهای $L_{15}D_1$ و زهکش سطحی در سطح پنج درصد معنی‌دار است. تغییرات عمق سطح ایستابی در چاهک‌های مشاهده‌ای واقع در نقطه میانی فاصله دو زهکش در تیمارهای مورد مطالعه در طول فصل کشت دوم در شکل۲ ارائه شده است.شکل (۲) نشان می‌دهد که در بارندگی‌های شدید سه‌روزه به میزان ۱۱۳/٤ میلی‌متر در تاریخ ۱۳۹۳/۱۰/۱۷، سطح ایستابی در تیمار $L_{15}D_{0.8}$ تا سطح زمین بالا آمد. عدم وجود زهکش‌های زیرزمینی و سطحی باعث ایجاد حالت باتلاقی در اکثر بارندگی‌ها در کرت شاهد شد. همچنین، نتایج نشان می‌دهد که سیستم زهکشی با فواصل ۷/۵ و ۱۰ متر موفق شده‌اند مانع از ایجاد حالت ماندابی در بارندگی‌های شدید چند روزه شود.

متوسط مقادیر عمق سطح ایستابی اندازه‌گیری شده در چاهک‌های مورد نظر در تیمارهای شاهد، $L_{7.5}D_{0.8}$، $L_{10}D_{0.8}$، $L_{15}D_{0.8}$، $L_{7.5}D_1$، $L_{10}D_1$، $L_{15}D_1$ و زهکش‌های سطحی به ترتیب ٦، ۳٤، ۲۷، ۱٦، ۳۱، ۲٦، ۱۳ و ۱۱ سانتی‌متر بود. نتایج نشان می‌دهد که تیمارهای $L_{15}D_{0.8}$ و $L_{15}D_1$ نتوانسته‌اند عمق سطح ایستابی را به حد قابل قبولی پایین بیاورند و فقط قادرند شرایط را برای کشت گیاهانی نظیر شوید، جعفری، شاهی، تره (که عمق توسعه ریشه کمی دارند) فراهم کنند (شکل۲)، به عبارتی می‌توان مطرح نمود زهکش‌های با فاصله ۱۵ متر قادر نیستند شرایط را برای کشت گیاهانی نظیر کلزا و باقلا فراهم کنند، در حالی‌که شاهنظری و همکاران (۱۳۹۲) نشان دادند که فاصله زهکش‌های ۱۵ متر در پایین آوردن

سطح ایستابی اراضی شالیزاری مازندران موفق بوده‌اند، که مغایرت نتایج پژوهش حاضر با تحقیقات شاهنظری و همکاران (۱۳۹۲) می‌تواند به دلیل بالاتر بودن دبی تغذیه در استان گیلان نسبت به مازندران باشد. همچنین، نتایج شکل (۲) نشان می‌دهد که زهکش‌های سطحی قادرند شرایط را برای کشت گیاهانی با ریشه‌های خیلی کم‌عمق فراهم کنند.

مجموع SEW_{25} در تیمارهای شاهد، $L_{7.5}D_{0.8}$، $L_{10}D_{0.8}$، $L_{15}D_{0.8}$، $L_{7.5}D_1$، $L_{10}D_1$، $L_{15}D_1$ و زهکش سطحی به ترتیب ۲۰۴۰، ۱۱۶، ۴۳۰، ۱۲۶۴، ۲۱۵، ۴۲۴، ۱۳۷۷ و ۱۶۷۳ سانتی‌متر بود. مقایسه مقادیر SEW_{25} تیمار زهکش سطحی با شاهد نشان داد که وجود زهکش‌های سطحی باعث کاهش آب اضافی خاک به میزان ۲۲ درصد شد. همچنین، تیمار $L_{10}D_{0.8}$ نسبت به شاهد و $L_{15}D_{0.8}$ آب اضافی خاک را به ترتیب ۳۷۴ و ۱۹۴ درصد کاهش داد. نتایج این پژوهش نشان داد که کاهش فاصله از ۱۵ به ۷/۵ متر باعث کاهش آب اضافی خاک به میزان ۹۹۰ درصد شده است. شاهنظری و همکاران (۱۳۹۲) نشان دادند که در زهکش‌هایی با عمق ۰/۶۵ متر، با کاهش فاصله زهکش از ۳۰ به ۱۵ متر، آب اضافی خاک به میزان ۱۳۱ درصد کاهش یافته است. همچنین، نتایج محققان دیگر نشان داد که در زهکش‌هایی با عمق نصب یک متر، کاهش فاصله از ۲۸ به ۱۴ متر باعث کاهش آب اضافی از ۱۲۲ به ۴۶ سانتی‌متر در روز می‌شود (کارتر و کمپ، ۱۹۹۹). نتایج این پژوهش نیز مؤید نتایج پژوهشگران دیگر است.

جدول (۶) نشان می‌دهد که با کاهش فاصله زهکش‌ها از ۱۵ به ۷/۵ متر، مقدار شاخص RGWD روند صعودی دارد به‌طوری‌که مقدار زیاد شاخص RGWD در تیمار $L_{7.5}D_{0.8}$ نشان‌دهنده زهکشی بیش‌ازحد است. همچنین، مقادیر پایین شاخص RGWD در شاهد، تیمارهای $L_{15}D_{0.8}$، $L_{15}D_1$ و زهکش سطحی نشان‌دهنده کمبود زهکشی است. با توجه به مقادیر جدول (۶)، بهترین تیمار از نظر کنترل سطح ایستابی $L_{10}D_{0.8}$ و $L_{10}D_1$ است و از آنجایی‌که این دو تیمار از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری ندارند؛ بنابراین، زهکش زیرزمینی با فاصله ۱۰ متر و عمق ۰/۸ متر به‌عنوان بهترین تیمار زهکشی زیرزمینی در فصل کشت دوم انتخاب می‌شود. نتایج پژوهش ابراهیمیان و نوری (۲۰۱۴) نشان داد که فاصله زهکش تأثیر بیشتری در کنترل سطح ایستابی نسبت به عمق زهکش دارد که نتایج این پژوهش مؤید پژوهشات آن‌ها است. نتایج در شکل (۳) نشان می‌دهد که میزان افت سطح ایستابی در وسط بین دو زهکش بعد از گذشت شش روز از بارندگی (به میزان ۱۵/۴ میلی‌متر) ۱۰ سانتی‌متر است در حالی‌که افت سطح ایستابی در فاصله یک متری از لوله زهکش، ۲۲ سانتی‌متر است.

از آنجایی‌که معادلات پروفیل سطح ایستابی در طراحی کاربرد دارد لذا بهترین معادله قابل برازش به پروفیل سطح ایستابی بین دو زهکش طی دوره اندازه-گیری در اراضی شالیزاری در فصل کشت دوم جدول (۷) ارائه گردید. همان‌گونه که در جدول (۷) مشاهده می‌شود، معادلات درجه چهار در تمامی فواصل زمانی بعد از بارندگی از همبستگی بالایی برخوردار هستند. این در حالی است که ضریب همبستگی معادله درجه سه، بلافاصله بعد از بارندگی ۰/۷۷۸۲ و شش روز بعد از بارندگی به ۰/۹۸۶۷ می‌رسد. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد با گذشت زمان (شش روز) پس از بارندگی معادله درجه سه، برازش خوبی به پروفیل سطح ایستابی پیدا می‌کند.

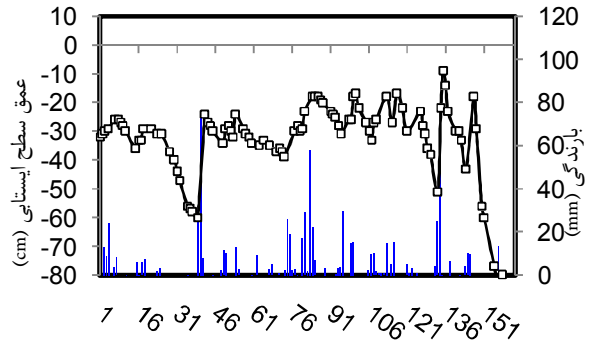
معادله مناسب برازش داده‌شده به پروفیل سطح آب زیرزمینی بین دو زهکش طی دوره اندازه‌گیری در سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ سهمی درجه چهارم به‌دست آمد، اما در اکثر تیمارها در اردیبهشت‌ماه، پروفیل سطح آب از معادله درجه سه با ضریب همبستگی بالا تبعیت می‌کند، به‌طوری که ضریب همبستگی پروفیل سطح ایستابی در تیمارهای مورد مطالعه در میانگین شش ماه در محدوده ۰/۹۵۳ – ۰/۹۹۶ بود. این در حالی است که مقادیر ضریب همبستگی پروفیل سطح ایستابی در اردیبهشت‌ماه (به‌عنوان

بیشترین عمق سطح ایستابی) در محدوده ۰/۷٦ – ۰/۹۸ تغییر کرد.

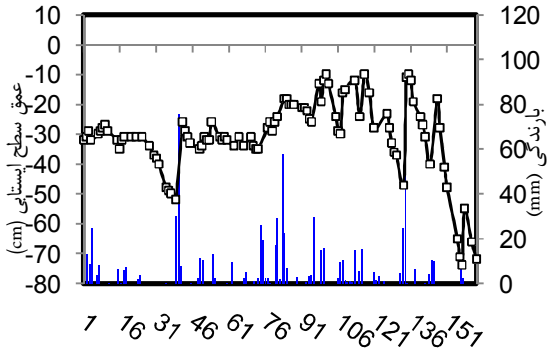
جدول ۵- اختلاف میانگین عمق سطح ایستابی در طول فصل کشت دوم بین تیمارهای موردمطالعه توسط آزمون t test

تیمار	تفاوت‌های زوج‌ها			
	میانگین	انحراف معیار	میانگین خطای استاندارد	P Value
$L_{7.5}D_{0.8}$- شاهد	-۲۷/۶۰**	۶/۹۰	۰/۶۹۳	۰/۰۰۰۱
$L_{10}D_{0.8}$- شاهد	-۲۱/۰۰**	۷/۷۸	۰/۷۸۲	۰/۰۰۰۱
$L_{15}D_{0.8}$- شاهد	-۹/۲۸**	۴/۸۸	۰/۴۹۰	۰/۰۰۰۱
$L_{7.5}D_{1}$- شاهد	-۲۴/۴۳**	۷/۶۷	۰/۷۷۱	۰/۰۰۰۱
$L_{10}D_{1}$- شاهد	-۱۹/۲۷**	۷/۴۱	۰/۷۴۴	۰/۰۰۰۱
$L_{15}D_{1}$- شاهد	-۶/۸۴**	۷/۳۰	۰/۷۳۴	۰/۰۰۰۱
زهکش سطحی – شاهد	-۴/۳۵**	۸/۶۶	۰/۸۷۱	۰/۰۰۰۱
$L_{7.5}D_{0.8}$- $L_{10}D_{0.8}$	۶/۵۹**	۵/۰۲	۰/۵۰۴	۰/۰۰۰۱
$L_{7.5}D_{0.8}$- $L_{15}D_{0.8}$	۱۸/۳۵**	۶/۴۴	۰/۶۴۷	۰/۰۰۰۱
$L_{7.5}D_{0.8}$- $L_{7.5}D_{1}$	۳/۲۱**	۵/۵۶	۰/۵۵۹	۰/۰۰۰۱
$L_{7.5}D_{0.8}$- $L_{10}D_{1}$	۸/۳۷**	۹/۶۱	۰/۹۶۵	۰/۰۰۰۱
$L_{7.5}D_{0.8}$- $L_{15}D_{1}$	۲۰/۸۰**	۷/۸۴	۰/۷۸۸	۰/۰۰۰۱
زهکش سطحی–$L_{7.5}D_{0.8}$	۲۳/۲۹**	۹/۳۷	۰/۹۴۱	۰/۰۰۰۱
$L_{10}D_{0.8}$- $L_{15}D_{0.8}$	۱۱/۷۶**	۵/۹۵	۰/۵۹۸	۰/۰۰۰۱
$L_{10}D_{0.8}$- $L_{7.5}D_{1}$	-۳/۳۸**	۸/۷۶	۰/۸۸۱	۰/۰۰۰۱
$L_{10}D_{0.8}$- $L_{10}D_{1}$	۱/۷۷ns	۱۰/۲۶	۱/۰۳۴	۰/۰۸۸
$L_{10}D_{0.8}$- $L_{15}D_{1}$	۱۴/۲۱**	۸/۴۱	۰/۸۴۵	۰/۰۰۰۱
زهکش سطحی- $L_{10}D_{0.8}$	۱۶/۶۹**	۱۰/۹۵	۱/۱۰۱	۰/۰۰۰۱
$L_{15}D_{0.8}$- $L_{7.5}D_{1}$	-۱۵/۱۴**	۸/۶۶	۰/۸۷۰	۰/۰۰۰۱
$L_{15}D_{0.8}$- $L_{10}D_{1}$	-۹/۹۸**	۷/۴۹	۰/۷۵۳	۰/۰۰۰۱
$L_{15}D_{0.8}$- $L_{15}D_{1}$	۲/۴۴**	۶/۳۹	۰/۶۴۳	۰/۰۰۰۱
زهکش سطحی- $L_{15}D_{0.8}$	۴/۹۳**	۸/۶۴	۰/۸۶۹	۰/۰۰۰۱
$L_{7.5}D_{1}$- $L_{10}D_{1}$	۵/۱۶**	۹/۶۰	۰/۹۶۵	۰/۰۰۰۱
$L_{7.5}D_{1}$- $L_{15}D_{1}$	۱۷/۵۹**	۹/۱۰	۰/۹۱۴	۰/۰۰۰۱
زهکش سطحی- $L_{7.5}D_{1}$	۲۰/۰۷**	۱۰/۵۱	۱/۰۵۶	۰/۰۰۰۱
$L_{10}D_{1}$- $L_{15}D_{1}$	۱۲/۴۳**	۵/۸۶	۰/۵۸۹	۰/۰۰۰۱
زهکش سطحی- $L_{10}D_{1}$	۱۴/۹۱**	۹/۵۳	۰/۹۵۸	۰/۰۰۰۱
زهکش سطحی- $L_{15}D_{1}$	۲/۴۸*	۹/۶۱	۰/۹۶۵	۰/۰۱۲

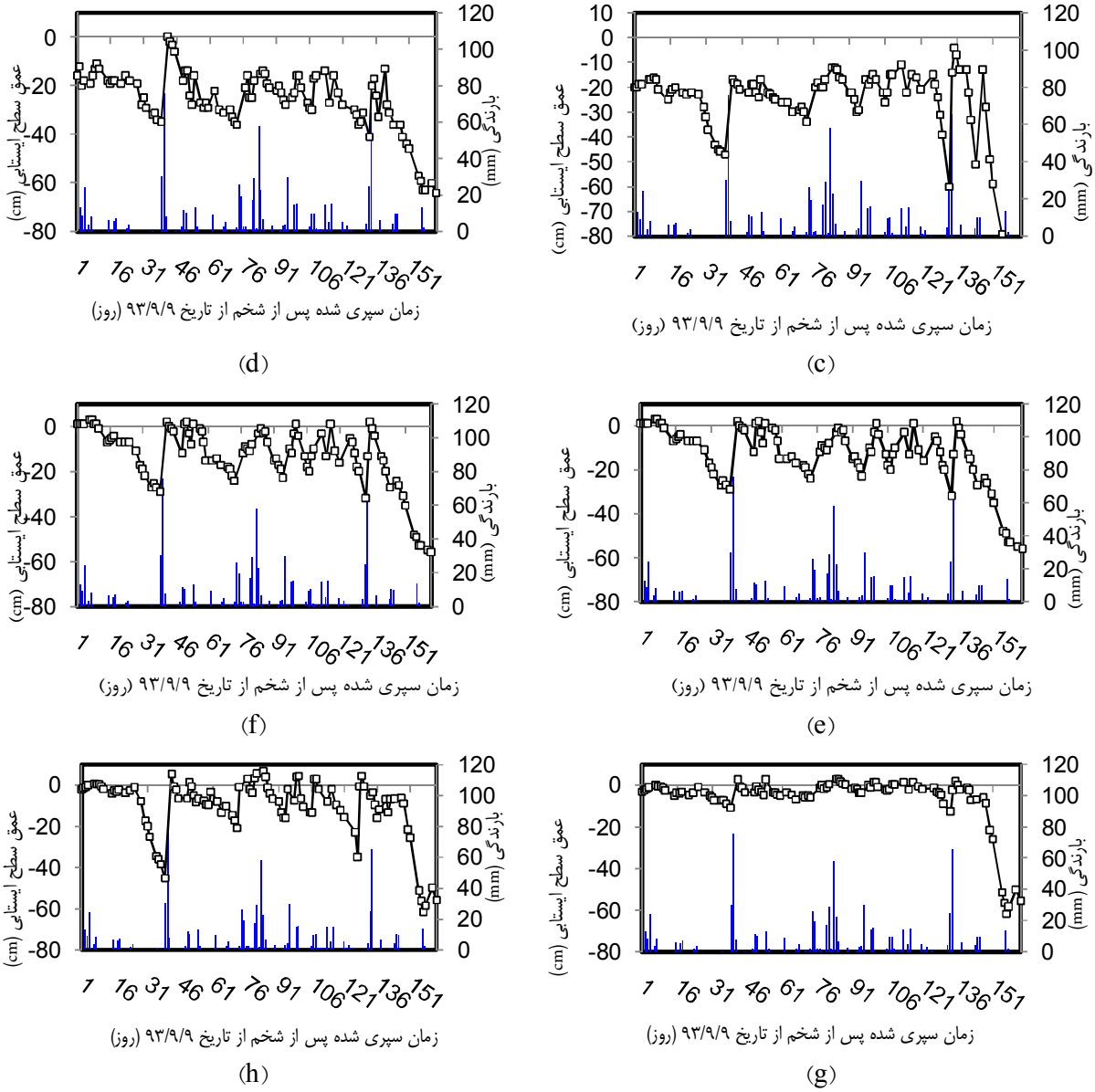
**، *، ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح یک و پنج درصد و غیرمعنی‌دار.



(a)



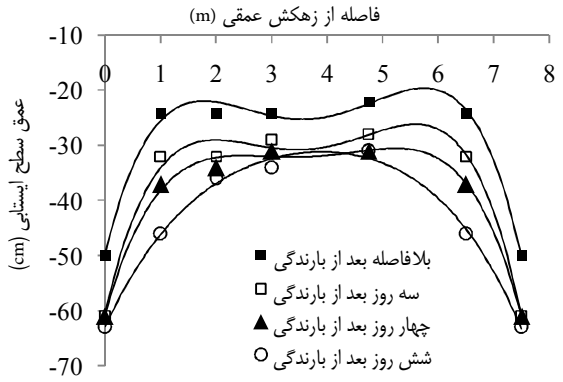
(b)



شکل۲- روند تغییر سطح ایستابی در نقطه میانی دو زهکش در تیمارهای مورد مطالعه به همراه مقادیر مختلف بارندگی ((a) $L_{7.5}D_{0.8}$، (b) $L_{7.5}D_1$، (c) $L_{10}D_{0.8}$، (d) $L_{10}D_1$، (e) $L_{15}D_{0.8}$، (f) $L_{15}D_1$، (g) شاهد و (h) زهکش سطحی)

جدول ۶- مقادیر محاسبه‌شده شاخص RGWD در تیمارهای موردمطالعه

	شاهد	$L_{7.5}D_{0.8}$	$L_{10}D_{0.8}$	$L_{7.5}D_1$	$L_{15}D_{0.8}$	$L_{10}D_1$	$L_{15}D_1$	زهکش سطحی
متوسط عمق سطح ایستابی در طول دوره رشد برحسب سانتی‌متر	۶	۳۴	۲۷	۳۱	۱۶	۲۶	۱۳	۱۲
RGWD	۰/۲۵	۱/۳۶	۱/۰۹	۱/۲۳	۰/۶۲	۱/۰۲	۰/۵۲	۰/۴۲
عملکرد سیستم در کنترل سطح ایستابی	ضعیف	زهکشی بیش از حد	خوب	خوب	ضعیف	خوب	ضعیف	ضعیف

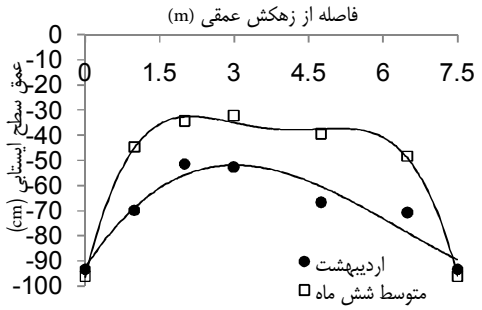


شکل ۳- پروفیل سطح ایستابی مشاهده‌شده بین دو زهکش با فاصله ۷/۵ متر در فواصل زمانی مختلف بعد از بارندگی ۱۵/۴ میلی‌متر

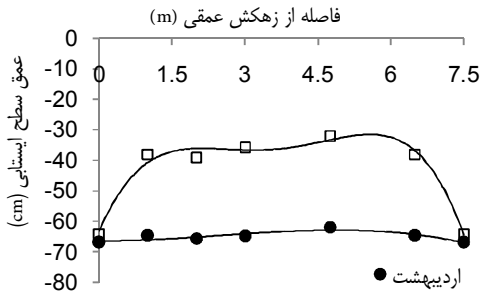
جدول ۷- معادلات برازش داده‌شده به پروفیل سطح ایستابی بین دو زهکش با فاصله ۷/۵ متر در فواصل زمانی مختلف بعد از بارندگی (متغیر مستقل و وابسته به ترتیب عبارتند از فاصله از زهکش عمقی و عمق سطح ایستابی)

بلافاصله بعد از بارندگی	$y = -0.2831x4 + 4.1794x3 - 20.913x2 + 41.099x - 49.597$	$R^2 = 0.9933$
	$y = -0.0297x3 - 1.6786x2 + 14.217x - 45.456$	$R^2 = 0.7782$
سه روز بعد از بارندگی	$y = -0.2845x4 + 4.1858x3 - 21.231x2 + 43.709x - 60.479$	$R^2 = 0.9883$
	$y = -0.0444x3 - 1.8998x2 + 16.691x - 56.317$	$R^2 = 0.8258$
چهار روز بعد از بارندگی	$y = -0.2033x^4 + 3.0064x^3 - 15.865x^2 + 35.588x - 60.717$	$R^2 = 0.9946$
	$y = -0.0162x^3 - 2.0528x^2 + 16.283x - 57.743$	$R^2 = 0.8918$
شش روز بعد از بارندگی	$y = -0.0544x^4 + 0.7802x^3 - 5.6924x^2 + 21.695x - 62.863$	$R^2 = 0.9942$
	$y = -0.0286x^3 - 1.9966x^2 + 16.53x - 62.067$	$R^2 = 0.9867$

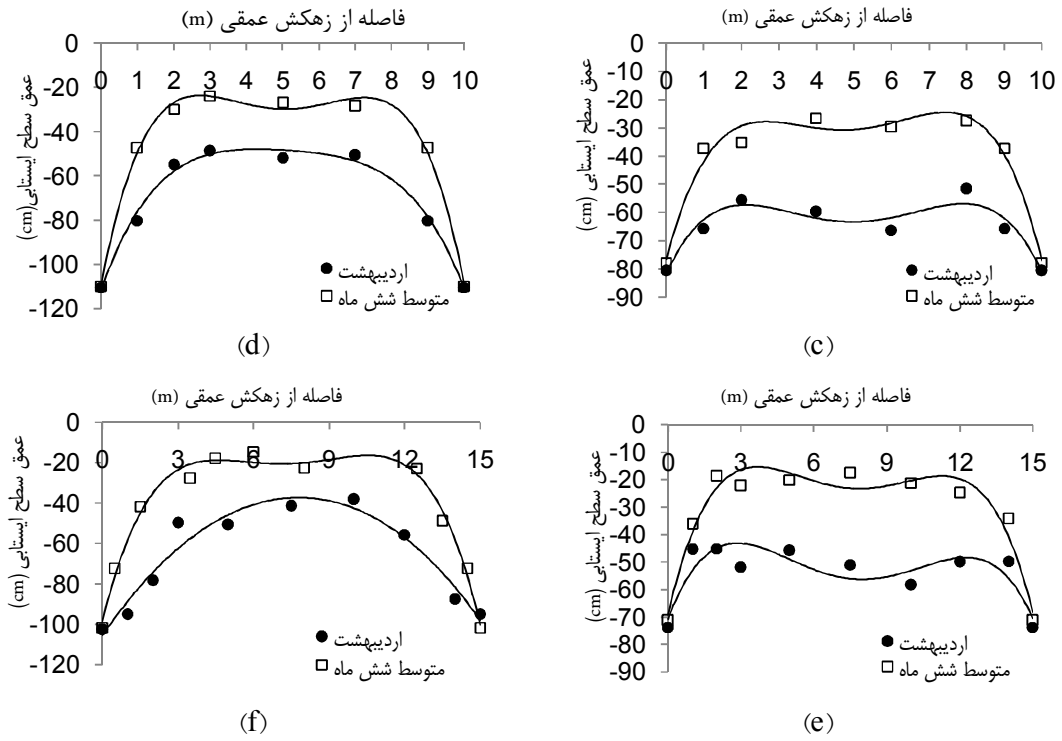
همچنین، شکل (٤) نشان می‌دهد که تغییرات بین میانگین پروفیل سطح ایستابی در تیمارهای مورد مطالعه در ماه اردیبهشت (به‌عنوان بیشترین عمق سطح ایستابی) و متوسط پروفیل سطح ایستابی اندازه‌گیری شده در طول شش ماه، متفاوت است. ابراهیمیان و همکاران (۱۳۸۷) عملکرد سیستم زهکشی با پوشش پوسته برنج را در ران بهشهر مورد ارزیابی قرار دادند، به‌طوری‌که عمق کارگذاری لوله‌های زهکش ۱/۵ متر، فاصله نصب زهکش ۷۵ متر بود. نتایج تحقیقات ایشان نشان داد که معادله برازش داده‌شده مناسب به پروفیل سطح آب زیرزمینی بین دو زهکش طی دوره اندازه‌گیری در سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۸۵ به ترتیب سهمی درجه چهارم و درجه ششم است که نتایج این پژوهش با نتایج ایشان همخوانی دارد.



(b)



(a)



شکل ۴- میانگین پروفیل سطح آب زیرزمینی بین دو زهکش در تیمارهای مختلف در ماه اردیبهشت (به‌عنوان بیشترین عمق) و متوسط شش ماه سال ۹۴-۱۳۹۳ ((a) $L_{7.5}D_{0.8}$ (b) $L_{7.5}D_1$ (c) $L_{10}D_{0.8}$ (d) $L_{10}D_1$ (e) $L_{15}D_{0.8}$ (f) $L_{15}D_1$)

نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف بررسی کارایی فاصله و عمق‌های مختلف زهکش‌های زیرزمینی در کنترل سطح ایستابی، به‌منظور توسعه کشت دوم در اراضی شالیزاری گیلان صورت پذیرفت. در مجموع با توجه به تجزیه و تحلیل نتایج بدست آمده از این پژوهش نتیجه‌گیری گردید که زهکش‌های زیرزمینی با فاصله ۱۵ متر و عمق ۸۰ سانتی‌متر و همچنین زهکش‌ها با فاصله ۱۵ متر و ۱۰۰ سانتی‌متر نتوانسته‌اند عمق سطح ایستابی را به حد قابل قبولی پایین بیاورند و فقط قادر بودند شرایط را برای کشت گیاهانی نظیر شوید، جعفری، شاهی، تره (که عمق توسعه ریشه کمی دارند) فراهم کنند. همچنین زهکش‌های سطحی قادرند شرایط را برای کشت گیاهانی با ریشه‌های خیلی کم‌عمق فراهم کنند. برای فراهم کردن شرایط مناسب کشت گیاهانی نظیر کلزا، شبدر برسیم و باقلا، زهکش‌های زیرزمینی با فواصل ۷/۵ و ۱۰ متر مناسب است که با توجه به مقادیر بالای شاخص RGWD در زهکش‌های زیرزمینی با فاصله ۷/۵ و زهکشی بیش از حد در این فاصله زهکش، زهکش‌های زیرزمینی با فاصله ۱۰ متر به‌عنوان بهترین فاصله زهکش‌های زیرزمینی در مرحله زهکشی به‌منظور کشت دوم انتخاب می‌شود و با توجه به عدم معنی‌داری تفاوت سطح ایستابی بین تیمارهای $L_{10}D_1$ و $L_{10}D_{0.8}$ زهکش‌های زیرزمینی با عمق ۰/۸ متر مناسب تشخیص داده شد.

تشکر و قدردانی

از موسسه تحقیقات برنج کشور به دلیل فراهم آوردن امکانات لازم برای اجرای این پژوهش تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

فهرست منابع

۱. ابراهیمیان، ح. ۱۳۸٦. ارزیابی عملکرد سیستم زهکشی زیرزمینی با پوسته برنج (مطالعه موردی: بهشهر). پایان-نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده آب و خاک، دانشگاه تهران، ۱٤۰ صفحه.

۲. ابراهیمیان، ح.، لیاقت، ع.، پارسی نژاد، م و م. اکرم. ۱۳۸۷. ارزیابی عملکرد سیستم زهکشی زیرزمینی با پوشش پوسته برنج (مطالعه موردی: شبکه زهکشی شرکت ران بهشهر). مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ج ۲۲. ش ۲. ص ۳۷۱-۳۸۱.

۳. آذری، ا.، ۱۳۷۹. تأثیر زهکش‌های جمع‌کننده جاذب بر ضریب زهکشی در شبکه زهکشی دشت مغان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱٤۲ صفحه.

٤. بی‌نام.۱۳۹٤. آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲. دفتر آمار و فن‌آوری اطلاعات، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصاد جهاد کشاورزی. نشر آموزش کشاورزی.

۵. حسن پور، ب.، پارسی نژاد، م.، سلحشور دلیوند، ف و ه. کوثری. ۱۳۸۹. برآورد نوسانات سطح ایستابی در اراضی شالیزاری با استفاده از مدل DRAINMOD (مطالعه موردی رشت). نشریه آبیاری و زهکشی ایران . ش ۲ . ص ۱٦۷- ۱۷٤.

٦. سلحشور دلیوند. ۱۳۸٤. بررسی اثر زهکشی و مقادیر مختلف کود نیتروژنه در کشت کلزا پس از برداشت برنج. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز. ۱۹۱ صفحه.

۷. شاهنظری، ع.، علی بخشی، ح.، جعفری، م.، درزی، ع و م. چراغی زاده. ۱۳۹۲. بررسی تأثیر عمق و فاصله زهکش‌ها بر کنترل سطح ایستابی در اراضی شالیزاری. دومین همایش ملی توسعه پایدار کشاورزی و محیط زیست سالم.

۸. عادلی نوری، ش. ۱۳۸۳. طرح مسائل زیربنائی شالیزارها تجهیز و نوسازی اراضی (تجمیع و یکپارچه سازی – عملیات زیربنائی)، مجموعه مقالات اولین کارگاه آموزشی مبانی طراحی در تجهیز و نوسازی اراضی شالیزاری

۹. فرزام صفت، آ، م.پارسی نژاد، م. ر. یزدانی، ج. شریعت احمدی، ح. نوری، ف. موسوی و ف. اجلالی. ۱۳۸۹. اثر شدت زهکشی در دورهای مختلف رشد کلزا به‌عنوان کشت دوم بعد از برنج (مطالعه موردی: استان گیلان). مجله تحقیقات آب و خاک ایران، شماره ٤۱، ص ۱۱۹-۱۱۱.

۱۰. فرامرزی، م. ۱۳۸۰. تأثیر ضریب زهکشی بر نیمرخ سطح ایستابی زهکش‌های زیرزمینی تحت شرایط ماندگار. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۳٤ صفحه.

۱۱. کریمی، و.، یوسفیان، ح. و م. سلمانی.۱۳۸٦. ارزیابی سیستم زهکشی زیرزمینی با پوشش پوسته برنج در اراضی شالیزاری، مجموعه مقالات دومین کنفرانس ملی تجربه‌های ساخت تاسیسات آبی و شبکه آبیاری و زهکشی گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران. ص ۲٤۷ تا ۲۵۱.

۱۲. مریدنژاد، ع. ۱۳۸۳. نیاز زهکشی اراضی شالیزاری و مبانی طراحی شبکه های زهکشی در این اراضی. مجموعه مقالات اولین کارگاه آموزشی مبانی طراحی در تجهیز و نوسازی اراضی شالیزاری.

۱۳. میرزایی، غ، ر. و ا، پذیرا. ۱۳۷۷. مطالعات خاکشناسی تکمیلی در اراضی منطقه پاشکلا -حاجیکلا مازندران برای محاسبه و تعیین فاصله زهکش‌های زیرزمینی در ترکیب چندکشتی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد واحد علوم تحقیقات. ۱٤۹ صفحه.

۱٤. یزدانی، م. ر. ۱۳۹۲. تعیین روند ترک برداری و اثرمدیریت آبیاری و افزودن مواد معلق بر کاهش نفوذ آب در اراضی شالیزاری. رساله دکترای آبیاری و زهکشی. دانشگاه تهران. ۱۹۳ صفحه.

15. Carter, C.E. and C.R. Camp, 1994. Drain Spacing Effects on Water Table Control and Sugarcane Yields. Transactions of the ASAE, 37(5): 1509-1513.
16. Cooke, R., Nehmelman, J and Kalita, P., 2002. Effect of Tile Depth on Nitrate Transport from Tile Drainage Systems. ASAE Paper No. 022017.
17. Darzi, A and A. Shahnazari., 2014. Influence of Subsurface Drainage on the Productivity of Poorly Drained Paddy Fields. *European Journal of Agronomy*. 56: 1-8.
18. Darzi, A. Mirlatifi, S. M and A, Asgari., 2014. Comparison of Steady and Unsteady State Drainage Equations for Determination of Subsurface Drain Spacing in Paddy Fields: A Case Study in Northern Iran. *Paddy and Water Environment*.
19. Darzi-Naftchali, A., Mirlatifi, S. M., Shahnazari, A., Ejlali, F and M.H. Mahdian., 2013. Effect of Subsurface Drainage on Water Balance and Water Table in Poorly Drained Paddy Fields. Agricultural Water Management, 130: 61-68.
20. Ebrahimian, H and H, Noory. 2014. Modeling Paddy Field Subsurface Drainage Using HYDRUS-2D. Paddy Water Environ. 13: 477-485.
21. 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.
22. 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.
23. 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).Abstract*.
24. Ritzema, H. P., Satyanarayana, T. V., Raman, S and J. Boonstra. Subsurface Drainage to Combat Waterlogging and Salinity in Irrigated Lands in India: Lessons Learned in Farmers' Fields. 2008. Agricultural Water Management. 95. 179- 189.
25. Salihu, M. & N. A. Rafindadi. 1989. Nonlinear Steady State Seepage into Drains. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE, 115(3): 358-376.
26. Schwab, G.O., Fausey, N.R and Kopcak, D.E., 1980. Sediment and Chemical Content of Agricultural Drainage Water. Transactions on ASAE 23, 1446–144.

Evaluation the Effect of Space and Depth Subsurface Drainage in the Paddy Field in Order to Develop Second Crop in a Sample farm of Guilan

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

PhD Student of Irrigation and Drainage, Faculty of Water and Soil, University of Zabol.
malizadeh87@gmail.com
Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Water and Soil, University of Zabol.
peyman.afrasiab@uoz.ac.ir
Assistant Professor in Rice Research Institute of Iran.
smryazdany@yahoo.ca
Professor, Department of Irrigation, Natural Resources and Agriculture College, University of Tehran (Karaj).
aliaghat@ut.ac.ir
Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Water and Soil, University of Zabol.
masoomeh.delbari@uoz.ac.ir

Abstract

A second crop in paddy fields has economic advantages resulting from the production of crops (canola, beans, garlic, triticale, soybean, etc.), dry rice bed for mechanized harvesting, strengthening the economy of farmers' families, increase the incentive for farmers to stay in the village, etc. Due to the inability of the existing surface drainage systems in rapid depletion of water from the root zone, conditions for planting a second crop in paddy fields is not suitable. This can be provided by installing subsurface drainage systems, which, in addition to creating more favorable conditions for planting and harvesting rice, allows cultivation of other crops in the wet season. This research was conducted to determine the appropriate space and depth of subsurface drainage in paddy fields in order to provide favorable conditions for planting a second crop. The experiment was laid out in one and a half hectares of paddy fields at Rice Research Institute of Iran in Guilan province, in 2014. Drainage treatments included: six conventional subsurface drainage systems with rice husk envelope including drainage system with different drain depth and spacing $L_{7.5}$ $D_{0.8}$, L_{10} $D_{0.8}$, and L_{15} $D_{0.8}$, $L_{7.5}$ D_1, L_{10} D_1, and L_{15} D_1, surface drainage, and the control (without drainage). All lines were 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. The results showed that subsurface drainage spacing of 15 m had failed to lower the water table depth to an acceptable level and provided the conditions only for the cultivation of shallow-rooted plants such as dill, parsley, and leeks. Also, surface drainage could reduce the excess water in the soil by 22% compared to control. To provide suitable conditions for the cultivation of second crops such as canola and beans, subsurface drainage spacing of 7.5 and 10 m seemed effective. However, to avoid excessive drainages by 7.5 m spacing, subsurface drainage spacing of 10 m was selected as the best space at drainages stage, for a second crop. Furthermore, due to the lack of significant differences in water table depth between treatments $L_{10}D_1$ and $L_{10}D_{0.8}$, they were identified as suitable drainage systems at 0.8 m depth.

Keywords: Water table, Surface drainage, Rice husk drain envelope.

[1] - Corresponding Author: Department of Water Engineering, Faculty of Water and Soil, University of Zabol.
* - Received: January 2016 , and Accepted: May 2016.