نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۵، جلد ۱۸، آذر - دی ۱۴۰۳، ص. ۷۸۱-۷۶۹

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.5, Vol. 18, Dec.-Jan. 2024, p. 769-781

مقاله علمی-پژوهشی

ارزیابی عملکرد و شاخص‌های طراحی سامانه زهکش زیرزمینی اجراشده در شبکه آبیاری و زهکشی گمبوعه استان خوزستان

محمد شکیبانیا[۱]، سعید برومند نسب[۲]، محمد الباجی*[۳]، عبد علی ناصری[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۲۶

چکیده

ارزیابی سامانه‌های زهکشی به محققان و برنامه‌ریزان کمک می‌کند تا نقاط قوت و ضعف در این سامانه‌ها را بررسی کرده و در طرح‌های آینده اصلاح کنند. این موضوع با توجه به پیچیدگی‌های حاکم بر طراحی سامانه‌های زهکشی و تعیین شاخص‌های آن از اهمیت زیادی برخوردار است. به همین دلیل، در پژوهش حاضر، به ارزیابی عملکرد سامانه زهکشی اجراشده در شبکه آبیاری و زهکشی گمبوعه، واقع در اراضی کشاورزی شهرستان حمیدیه پرداخته شد. مساحت این شبکه بالغبر ۶۰۰۰ هکتار است و آزمایش‌های میدانی در سال ۱۴۰۲ طی سه مرحله آبیاری درکشت گندم و برای سه مزرعه هر یک به مساحت حدود ۸ هکتار، با تعداد خطوط زهکش در هر مزرعه ۳ زهکش و با فواصل زهکش‌های زیرزمینی ۵۰، ۷۵ و ۸۰ متری، انجام شد. در این پژوهش به بررسی تغییرات سطح ایستابی و خروج شوری از پروفیل خاک و اندازه‌گیری شاخص‌های طراحی زهکش‌های زیرزمینی پرداخته است. جهت قرائت نوسانات سطح آب ایستابی، چاهک‌های مشاهده‌ای در فواصل ۰/۳، ۰/۸، ۱/۵، ۲/۵ و ۱۵ متری و وسط زهکش‌های زیرزمینی نصب شدند. فواصل نصب چاهک‌های مشاهده‌ای بین دو خط زهکش در فواصل 1/4L، 2/4L، 3/4L و ۲۵ متری از خروجی زهکش بود. نتایج نشان داد که شاخص‌های حاکم بر طراحی زهکش‌ها، شامل هدایت هیدرولیکی و ضریب زهکشی، کمتر از مقدار واقعی در مزرعه در نظر گرفته‌شده بودند. مقدار هدایت هیدرولیکی به‌طور متوسط در مزارع به‌طور واقعی ۰/۹۵ و در شرایط طراحی ۰/۸۹ متر بر روز و مقدار ضریب زهکشی به‌طور واقعی ۲/۳۶ و در شرایط طراحی ۲/۶ میلی‌متر بر روز در نظر گرفته‌شده بود. این مهم دلیلی بر انتخاب کم فاصله زهکش‌ها بوده که منجر به افزایش هزینه‌ها شده است. همچنین، بررسی روابط پیشنهادی برای طراحی سامانه زهکشی نشان داد که رابطه‌ی دام بالاترین دقت و رابطه‌ی وان شیلفگارد بیشترین خطا را در تعیین سطح ایستابی داشت. مقایسه‌ی سه مزرعه موردمطالعه نشان داد که عملکرد هر سه مزرعه ازنظر شاخص کنترل عمق سطح ایستابی بین ۰/۸۲ تا ۱/۱۱ و شاخص کنترل خروج شوری از خاک بین ۰/۳- تا ۰/۹- قابل‌قبول بود. شاخص عملکرد محصول، که عملکرد سامانه زهکشی در تولید دوره رشد محصول را نشان می‌دهد، در محدوده‌ی نزدیک به یک (۰/۸۶-۰/۷۸) به دست آمد. درنتیجه، این سامانه عملکرد قابل قبولی داشت. نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش نشان داد که گرچه تعیین حدود مطلوب شاخص‌های زهکشی می‌تواند در تعیین فاصله زهکش‌ها و کاهش هزینه‌های اقتصادی کمک شایانی کند؛ لیکن اجرای این سامانه زهکشی سبب بهبود شرایط ناحیه ریشه شده است. درمجموع، پس از چهار سال از اجرای این سامانه زهکشی، بهره‌وری تولید گندم نسبت به شرایط فاقد زهکشی، به‌طور متوسط از ۲/۵۵ تن در هکتار به ۴/۱ تن در هکتار، حدود ۶۲ درصد افزایش یافت که این سهم عمدتاً ناشی از احداث زهکش‌های زیرزمینی در مزارع موردتحقیق بود و سیستم اصلاحی شبکه آبیاری اجرانشده بود.

واژه‌های کلیدی: زهکش زیرزمینی، شوری، هدایت هیدرولیکی، ضریب زهکشی

۱- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیطزیست ، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۲- استاد، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیطزیست ، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۳- دانشیار، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیطزیست ، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۴- استاد، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیطزیست ، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
(*- نویسنده مسئول: m_albaji@scu.ac.ir)

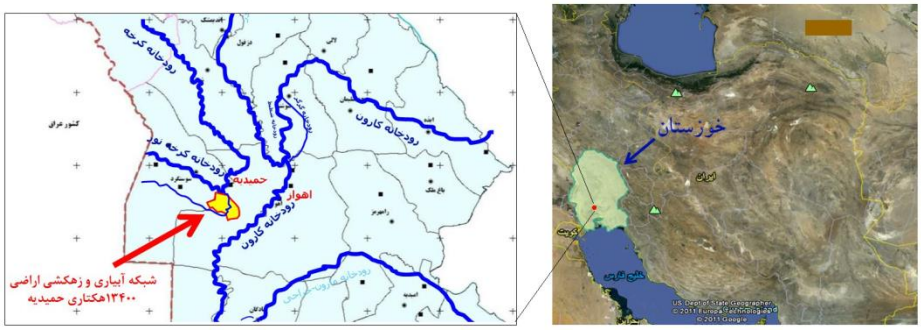
مقدمه

شوری و ماندابی شدن خاک یکی از مشکلات اساسی در اغلب زمین‌های کشاورزی در استان خوزستان، به‌خصوص اراضی جنوبی، جنوب غربی و قسمت‌هایی از غرب آن است. با در نظر گرفتن سطح ایستابی کم‌عمق در اکثر مناطق این استان و عدم وجود زهکشی طبیعی، اجرای سامانه‌های زهکشی برای کنترل سطح ایستابی و تجمع نمک در ناحیه ریشه ضروری است (نوذری و همکاران، ۲۰۱۷). این موضوع به‌قدری اهمیت دارد که در برخی موارد، حتی با اعمال مدیریت مناسب در مزرعه، عملکرد محصولات زراعی به‌شدت پایین است. اکثر محققان به این موضوع اشاره‌کرده‌اند که در صورت طراحی صحیح سامانه زهکشی، می‌توان عملکرد محصولات در مزرعه را افزایش داد (Shao et al., 2012; Ghumman et al., 2012). بر اساس این موضوع، توسعه اجرای سامانه‌های زهکشی در بیش از پنج دهه اخیر در این استان مدنظر بوده است. لیکن، با توجه به پیچیدگی خصوصیات خاک و عوامل بسیار زیاد مؤثر بر زهکشی، طراحی یک سامانه زهکشی با مشکلات متعددی روبرو است (ابراهیمیان و همکاران، ۱۳۸۷) که در برخی موارد مزایای حاصل از آن را کاهش می‌دهد. برخی محققان، بهترین راهکار فائق آمدن بر تعارض کنترل شوری و آسیب کمتر به محیط‌زیست، زهکشی کنترل‌شده می‌دانند (شریفی پور و همکاران، ۱۳۹۹). در تحقیقی پژوهشگران دیگر، پارامترهای طراحی زهکش‌های زیرزمینی به‌گونه‌ای انتخاب شدند که منجر به کمترین هزینه اجرایی سامانه زهکشی زیرزمینی شد. (محمدرضا پور و همکاران، ۱۴۰۲). عمق و فاصله کارگذاری لوله‌های زهکشی، هدایت هیدرولیکی خاک و موقعیت لایه نفوذپذیر ناپذیر، تأثیر قابل‌توجهی بر خروج شوری از خاک دارد. (Chenyao Guo,2024). ازاین‌رو، تجربیات به‌دست‌آمده از پروژه‌های اجراشده می‌تواند کمک شایانی به توسعه دانش طراحی در مناطق مشابه کند. این مسئله در کلیه کشورها گزارش‌شده است و به همین دلیل، ارزیابی سامانه‌های زهکشی به‌عنوان یکی از راهکارهای اساسی برای توسعه این پروژه‌ها به شمار می‌رود (نوذری و همکاران، ۱۳۹۷). مطالعاتی که توسط صفوت در سال ۱۹۹۸ در کشور مصر انجام شد نشان داد که هدایت هیدرولیکی و ضریب زهکشی در نظر گرفته‌شده برای سامانه-های زهکشی شرق دلتای نیل حدود پنجاه‌درصد کمتر از مقادیر واقعی این پارامترها بودند (منصوری سرنجیانه، ۱۳۸۴). مطالعات انجام‌شده در کشور لیتوانی نشان داد که شاخص‌های طراحی سامانه‌های زهکشی در منطقه موردمطالعه قابل‌قبول نبود و علت آن فاصله زیاد زهکش‌ها در مرحله‌ی طراحی گزارش شد (Rimidis and Dierickx, 2003). در مطالعه‌ای دیگر در کشور هندوستان، مشخص شد که سامانه زهکشی اجراشده قابلیت تنظیم سطح ایستابی و کنترل نمک در منطقه توسعه ریشه را داشت. همین عوامل سبب افزایش عملکرد محصول نسبت به شرایط فاقد زهکشی بود (Manjunatha et al., 2004). منصوری سرنجیانه (۱۳۸۴) به ارزیابی سامانه‌های زهکشی اجراشده در طرح توسعه نیشکر پرداخت و نشان داد که عملکرد آن‌ها در کنترل سطح ایستابی و خروج نمک از نیمرخ خاک موفقیت‌آمیز بود. ابراهیمیان و همکاران (۱۳۸۷) به ارزیابی سامانه‌های زهکشی اجراشده در اراضی شرکت ران بهشهر که لوله‌های زهکش با پوشش پوسته برنج اجراشده بود، پرداختند و نشان دادند که این سامانه عملکرد ضعیفی در تخلیه رطوبت و کنترل سطح ایستابی داشت. این محققان همچنین گزارش کردند که معادله هوخهات، که برای طراحی سامانه زهکشی به کار گرفته‌شده بود، در شرایط حاکم بر این مزرعه قابلیت مطلوبی نداشت. از طرف دیگر، ضریب زهکشی در نظر گرفته‌شده در این طرح، بیشتر از مقدار واقعی آن در مزرعه بود. الغنام و همکاران به ارزیابی سامانه‌های زهکشی در مصر پرداختند. این محققان نشان دادند که در اغلب موارد، شاخص کنترل عمق سطح ایستابی (RGWD) که برای ارزیابی زهکش‌ها در کنترل سطح ایستابی استفاده می‌شود، مقادیر کمتر از یک داشت. بنابراین، میزان تخلیه زهاب کمتر از مقدار طراحی بود. همچنین این محققان بیان کردند که مقدار این شاخص نسبت معکوسی بافاصله زهکش‌ها داشت (El-Ghannam et al., 2020). در مطالعه‌ای برای ارزیابی یک سامانه زهکشی درکشت و صنعت نیشکر اهواز، مشاهده شد که سرعت تخلیه زهاب در سه آبیاری تا ساعت ۵۲ ام پس از قطع آبیاری در لوله زهکش و زهکش جمع کننده (زهکش درجه سه روباز) بیشتر از زمان پس از شروع آبیاری بود. شاخص کنترل عمق سطح ایستابی(RGWD) در محدوده ۱/۱-۰/۹ قرار گرفت که نشان‌دهنده کارایی مطلوب زهکش‌ها در کنترل سطح ایستابی بود . همچنین شاخص کنترل خروج شوری از خاک(SEI)، که برای بررسی تخلیه نمک از خاک استفاده می‌شود، در حد مطلوبی قرار داشت و مقادیر آن منفی بود (Mehrabian et al., 2021).

بر اساس مرور منابع، ارزیابی سامانه‌های زهکشی روشی قابل‌قبول برای توسعه آتی سامانه‌های زهکشی در مناطق مشابه در استان خوزستان است. همان‌طور که اشاره شد، مشکلات ناشی از ماندابی و شوری خاک سبب کاهش عملکرد گیاهان در این استان شده است. لیکن، افزایش زهکشی از خاک نیز علاوه بر کاهش منابع غذایی خاک، سبب اتلاف آب و کاهش بهره‌وری مصرف آب نیز می‌شود (Javani et al., 2018). به همین دلیل، کاهش خطاهای مربوط به طراحی و اجرای سامانه‌های زهکشی، می‌تواند اهداف مدنظر را محقق کند. بر اساس بیان مسئله، در پژوهش حاضر، به ارزیابی عملکرد سامانه زهکشی اجراشده در منطقه گمبوعه در استان خوزستان پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۴۰۲ در شبکه آبیاری و زهکشی گمبوعه واقع در طول جغرافیایی ‘۱۷ °۴۸ تا ‘۲۵ °۴۸ شرقی و عرض جغرافیایی ‘۲۰ °۳۱ تا ‘۲۸ °۳۱ شمالی انجام شد. این منطقه بالغبر ۶۰۰۰ هکتار از اراضی کشاورزی شهرستان حمیدیه، در ۳۰ کیلومتری غرب شهرستان اهواز و در طرفین رودخانه کرخه نور، را شامل می‌شود (شکل ۱). این منطقه دارای اقلیم نیمه‌خشک با تابستان‌های گرم است که بر اساس طبقه‌بندی دومارتن جزء اقلیم‌های نیمه‌خشک طبقه‌بندی می‌شود. بر اساس آمار ۳۴ سال اخیر ایستگاه هواشناسی اهواز، میانگین بارندگی سالانه در این منطقه ۲۱۷/۴ میلی‌متر است که از آبان شروع و تا اواخر فروردین ادامه دارد.



شکل ۱- منطقه موردمطالعه

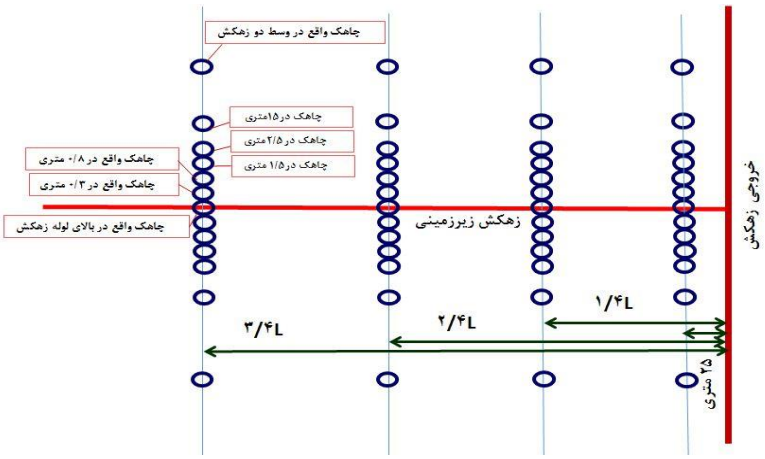
در این پژوهش، سه مزرعه در شبکه آبیاری و زهکشی گمبوعه انتخاب شد. مشخصات این مزارع در جدول (۱) نشان داده‌شده است. کارگذاری زهکش‌های زیرزمینی در مزارع مذکور در سال ۱۳۹۹ و تحقیق حاضر پس از ۳ سال بهره‌برداری از مزارع در سال ۱۴۰۲ صورت پذیرفت. منبع تأمین آب منطقه گمبوعه، رودخانه کرخه نور است که این رودخانه از پشت سد انحرافی کرخه با دبی ۲۳ مترمکعب در ثانیه به‌وسیله کانال وصیله تا محل آب پخش حمیدیه به سمت اراضی طرح، جریان دارد. سپس آب موردنیاز منطقه گمبوعه توسط دو رشته کانال اصلی سمت چپ و سمت راست تأمین می‌گردد. در شبکه آبیاری و زهکشی گمبوعه، عمدتاً گیاه گندم رقم چمران، در طی ماه‌های آبان تا اردیبهشت کشت می‌شود و آبیاری آن به روش نواری انجام می‌گردد. مزارع موردپژوهش طی سال‌های متمادی زیر کشت گندم می‌باشند و در تابستان کشت دیگری ندارند. هر مزرعه به سه نوار طولی تقسیم‌بندی شده و در کل فصل زراعی در سه نوبت آبیاری شد. در مزارع موردتحقیق زهکش‌های زیرزمینی اجراشده و سیستم اصلاحی شبکه آبیاری اجرانشده است.در طراحی زهکش‌ها، عمق تثبیت سطح ایستابی ۱۰۰ سانتی‌متر در نظر گرفته‌شده است. عمق لایه غیرقابل نفوذ در این منطقه ۶۰۰ سانتی‌متر در نظر گرفته‌شده بود که اندازه‌گیری‌های این تحقیق هم به عمق مذکور رسید .(گزارش فنی شرکت مهندسین مشاور طراح) عمق نصب زهکش‌ها نیز به‌طور متوسط ۱۵۰ سانتی‌متر از سطح زمین است. عمق کارگذاری نصب لوله‌های زهکش در ابتدا ۱/۲ متر با شیب کارگذاری ۰/۰۰۰۷ متر بر متر و قطر لوله‌های زهکشی نیز ۱۰۰ میلی‌متر اجراشده است. هر مزرعه دارای ۳ لوله زهکش زیرزمینی است که به زهکش جمع کننده روباز تخلیه می‌شوند. در این پژوهش، در سه مزرعه، لوله‌های زهکش زیرزمینی با فیلتر مصنوعی PP450 اجرا گردیده است.

جدول ۱- مشخصات مزارع موردتحقیق

شماره مزرعه	مساحت (هکتار)	موقعیت آبگیر مزرعه		تعداد زهکش	طول زهکش (متر)	فواصل زهکش (متر)	متوسط عمق کارگذاری زهکش (متر)
		Y	X				
اول	۶/۴	۳۴۷۳۳۵۲	۲۵۴۸۲۶	۳	۴۱۷	۵۰	۱/۵
دوم	۹/۶	۳۴۷۳۱۹۷	۲۵۶۲۲۱	۳	۴۰۴	۷۰	۱/۵
سوم	۹/۸	۳۴۷۲۷۲۷	۲۵۵۲۱۴	۳	۳۷۲	۸۰	۱/۵

جهت قرائت نوسانات سطح آب ایستابی، چاهک‌های مشاهده‌ای در فواصل ۰/۳، ۰/۸، ۱/۵، ۲/۵ و ۱۵ متری و در وسط تمام سه لوله زهکش زیرزمینی سه مزرعه نصب شدند. فواصل نصب چاهک‌های مشاهده‌ای بین دو خط زهکش در فواصل 1/4L، 2/4L، 3/4L و ۲۵

متری از خروجی زهکش بود. (ضوابط و معیارهای طراحی زهکش‌های زیرزمینی، نشریه شماره ۵۷۶). عمق کارگذاری هرکدام از لوله‌های زهکش به‌طور متوسط در فواصل نصب چاهک‌های مشاهده‌ای به ترتیب۱/۲، ۱/۲۷، ۱/۳۴، ۱/۴۲ و ۱/۵۰ متری به سمت خروجی و جمع کننده سطحی زهکش هست. شماتیک اجرای چاهک‌های مشاهده‌ای در شکل (۲) نشان داده‌شده است. در هر ردیف بین دو خط زهکش، ۱۳ چاهک نصب و به‌طورکلی ۵۲ عدد چاهک حفر، جهت ارزیابی هر زهکش احداث شد. در سه مزرعه درمجموع ۴۴۴ عدد چاهک مشاهده‌ای نصب گردید. پس از احداث چاهک‌های مشاهده‌ای، عملیات نقشه‌برداری از مزارع مطالعاتی انجام‌گرفته و مختصات (X, Y, Z) بالای هر چاهک مشاهده‌ای، جهت ثبت موقعیت آن‌ها، انجام شد. سپس اندازه‌گیری سطح ایستابی در چاهک‌های مشاهده‌ای، در برگه‌هایی به‌صورت روزانه از یک روز پس از آبیاری، از زمان شروع اولین خروجی آب از زهکش‌های زیرزمینی تا شش روز پس‌ازآن ثبت گردید. اندازه‌گیری سطح آب در چاهک‌ها با استفاده از عمق‌یاب الکتریکی انجام شد. در هر نوبت آبیاری، نمونه‌برداری از آب آبیاری توسط ظرف‌های نمونه‌برداری صورت گرفت و میزان هدایت الکتریکی (EC) ثبت شد. همچنین دبی ورودی به مزرعه در سه نوبت آبیاری تعیین و حجم آب ورودی به مزرعه از طریق پارشال فلوم اندازه‌گیری شد. کشاورزان در هر سه مزرعه، در سه نوبت آبیاری، آب موردنیاز گندم را تأمین نموده بودند. جهت بررسی و محاسبه ضریب زهکشی مزرعه، اندازه‌گیری دبی خروجی از زهکش‌های زیرزمینی به‌صورت روزانه با استفاده از روش حجمی(با سطل اندازه‌گیری) در محل خروجی لوله زهکش به جمع کننده زهکش روباز در محل زهکش فرعی به زهکش جمع کننده(زهکش درجه سه روباز) صورت پذیرفت. پس از اندازه‌گیری دبی زهاب، مقداری از آن برای تعیین هدایت الکتریکی(EC) و کیفیت شیمیایی زهاب به آزمایشگاه منتقل شد. به‌منظور بررسی تغییرات شوری ناحیه ریشه، تغییرات هدایت الکتریکی آب خروجی زهکش‌ها اندازه‌گیری شد. در مزارع موردتحقیق، در هر مزرعه در دو محل، پروفیل‌هایی برای لایه‌بندی خاک و انجام آزمایش‌های مربوط به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تا عمق کارگذاری زهکش‌های زیرزمینی حفر گردید. مشخصات آب‌وخاک این مزارع به ترتیب در جداول (۲) و (۳) نشان داده‌شده است. جهت محاسبه هدایت هیدرولیکی خاک (K) در هر مزرعه، در دونقطه، آزمایش اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی با روش چاهک انجام شد.(دستورالعمل تعیین هدایت هیدرولیک خاک، نشریه ۳۲۲).



شکل ۲- نقشه موقعیت چاهک‌های مشاهده‌ای در مزارع موردمطالعه برای هر لوله زهکش

جدول ۲- برخی خصوصیات شیمیایی آب آبیاری

SAR	K^+(mg/lit)	Na^+(mg/lit)	Mg^{2+}(mg/lit)	Ca^{2+}(mg/lit)	SO_4^{2-} (mg/lit)	Cl^- (mg/lit)	HCO_3^- (mg/lit)	CO_3^{2-} (mg/lit)	pH	EC (ds/m)
۳/۱۴	۰/۱	۸/۲۵	۳/۹۵	۵/۹	۴/۶	۱۰	۱/۷	۱/۲	۷/۹	۱/۵۶

پس از تعیین داده‌های موردنیاز(پس از ۳ سال احداث زهکش‌های زیرزمینی)، ابتدا نمودار تغییرات سطح ایستابی در مزارع محاسبه شد. با استفاده از نتایج تغییرات سطح ایستابی، روابط ارائه‌شده در این خصوص شامل گلوور-دام، حماد، دام و وان شیلفگارد در شرایط جریان غیر ماندگار مورد ارزیابی قرار گرفتند (Rimidis and Dierickx, 2003). همچنین، مقدار ضریب زهکشی با توجه به دبی

خروجی زهکش‌ها و هدایت هیدرولیکی با استفاده از داده‌های برداشت‌شده از روش چاهک اندازه‌گیری شد. با استفاده از این محاسبات، طراحی زهکش‌ها ازنظر فاصله لوله زهکش‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. محاسبه فاصله زهکش‌ها بر اساس معادله همگام هوخهات در شرایط جریان ماندگار صورت پذیرفت.

جدول ۳- برخی خصوصیات خاک مزارع موردمطالعه

	مزرعه اول					مزرعه دوم					مزرعه سوم				
عمق	شوری (دسی زیمنس بر متر)	درصد شن	درصد سیلت	درصد رس	بافت خاک	شوری (دسی زیمنس بر متر)	درصد شن	درصد سیلت	درصد رس	بافت خاک	شوری (دسی زیمنس بر متر)	درصد شن	درصد سیلت	درصد رس	بافت خاک
۲۵- ۰	۳/۰۴	۱۷	۵۷	۲۶	سیلتی لومی	۴/۰۵	۲۲	۴۹	۲۹	رسی لومی	۳/۵۷	۷	۵۵	۳۸	رسی لومی
۵۰ - ۲۵	۵/۰۴	۳	۵۵	۴۲	سیلتی رس	۶/۲۵	۱۴	۵۷	۲۹	رسی لومی	۵/۵۰	۵	۶۱	۳۴	سیلتی رسی لومی
۷۰- ۵۰	۸/۵۰	۹	۴۹	۴۲	سیلتی رس	۹/۷۲	۱۲	۵۵	۳۳	رسی لومی	۸/۹۳	۱	۵۹	۴۰	سیلتی رس
۱۰۰ ۷۰-	۱۲/۳۲	۹	۶۳	۲۸	سیلتی لومی	۱۱/۵۱	۱۲	۵۵	۳۳	رسی لومی	۱۱/۴۸	۷	۵۷	۳۶	رسی لومی
۱۵۰- ۱۰۰	۱۲/۴۸	۱۳	۶۷	۲۰	سیلتی لومی	۱۲/۷۰	۲۴	۵۵	۲۱	سیلتی لومی	۱۲/۲۰	۵۷	۷	۳۶	رسی لومی

در ادامه، برای ارزیابی عملکرد زهکش‌ها در کنترل سطح ایستابی، از شاخص کنترل عمق سطح ایستابی (RGWD) مطابق رابطه (۱) استفاده شد (Mehrabian et al., 2021):

$$RGWD = \frac{\text{متوسط عمق سطح ایستابی درطول فصل}}{\text{عمق مطلوب سطح ایستابی در طول فصل}} \quad (۱)$$

مقدار مطلوب این شاخص یک است ولی می‌توان مقادیر در محدوده ۰/۸ تا ۱/۲ را نیز به‌عنوان حدود قابل‌قبول در نظر گرفت. مقادیر بیشتر از یک نشان‌دهنده زهکشی زیاد و مقادیر کمتر از یک به معنی زهکشی ضعیف است. جهت ارزیابی عملکرد سامانه زهکشی در کنترل نمک از شاخص کنترل خروج شوری از خاک(SEI)، مطابق رابطه (۲) استفاده گردید (Mehrabian et al., 2021):

$$SEI = \frac{\text{نمک خروجی} - \text{نمک ورودی}}{\text{نمک ورودی}} \quad (۲)$$

این شاخص بایستی در زمان خروج شوری از طریق سامانه زهکشی، دارای مقادیر کمتر یا مساوی صفر باشد. در تعیین این شاخص حاصل‌ضرب متوسط شوری آب آبیاری در میزان حجم آب ورودی به مزرعه درطول دوره به‌عنوان نمک ورودی و متوسط شوری زهاب خروجی در حجم زهاب خروجی درطول دوره نیز به‌عنوان نمک خروجی در نظر گرفته شد. هدف از اجرای سامانه زهکشی، بهبود محیط ریشه به‌منظور نیل به حداکثر عملکرد است. بنابراین، عملکرد محصول می‌تواند شاخص خوبی برای ارزیابی یک سامانه زهکشی باشد. برای ارزیابی عملکرد محصول، از شاخص عملکرد محصول (RY) استفاده گردید (رابطه ۳). مقدار شاخص عملکرد محصول (RY) باید درطول دو الی پنج سال بعد از احداث یک سامانه زهکشی به یک نزدیک شود (Mehrabian et al., 2021). در این تحقیق شاخص عملکرد محصول، طی ۳ سال احداث زهکش‌های زیرزمینی بررسی شد. عملکرد مورد انتظار تولید محصول گندم، بر اساس میزان متوسط عملکرد اراضی کشاورزی در محصول گندم در کل ۶۰۰۰ هکتار شبکه آبیاری و زهکشی گمبوعه مدنظر قرار گرفت که اطلاعات و آمار عملکرد محصول از سال ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۲ از سازمان‌های مورد ارتباط اخذ و مورد تحلیل قرار گرفت.

$$RY = \frac{\text{عملکرد به دست آمده}}{\text{عملکرد مورد انتظار}} \quad (۳)$$

نتایج و بحث

فواصل زهکش‌ها در سه مزرعه‌ی موردمطالعه در زمان طراحی بین ۸۰-۵۰ متر تعیین شد. این فواصل بر اساس تعیین برخی شاخص‌های زهکشی مانند هدایت هیدرولیکی که به روش گلف در زمان طراحی توسط مهندسین مشاور طرح، اندازه‌گیری شده بود، تعیین گردیده‌اند. لیکن، ارزیابی مزارع تحت مطالعه نشان داد که

هدایت هیدرولیکی در مزارع بیشتر از تخمین‌هایی است که در زمان طراحی انجام‌شده است (جدول ۴). نتایج گلف را بدون تعدیل نمی‌توان مورداستفاده قرارداد. در بسیاری از نقاطی که این روش در خوزستان انجام‌شده، نتایج منفی به دست می‌آید. مقدار هدایت هیدرولیکی به روش چاهک در مزارع اندازه‌گیری شد که به‌طور متوسط در مزارع به‌طور واقعی ۰/۹۵ و در شرایط طراحی ۰/۸۹ متر بر روز و مقدار ضریب زهکشی به‌طور واقعی ۲/۳۶ و در شرایط طراحی ۲/۶ میلی‌متر بر روز در نظر گرفته‌شده بود. این موضوع در اکثر مطالعات انجام‌شده در استان خوزستان گزارش‌شده (Mehrabian et al., 2021) و به همین دلیل فواصل زهکش‌ها در زمان طراحی عموماً کمتر از مقدار اقتصادی در نظر گرفته‌شده است. در این پژوهش، اختلاف بین ۱۰-۵ متر بین فاصله زهکش‌ها در زمان طراحی و ارزیابی مشاهده شد که در مزارع اول تا سوم به ترتیب ۱۰، ۱۴ و ۶ درصد کل فاصله بین زهکش‌ها بود. ضریب زهکشی نیز در زمان طراحی برای همه مزارع یکسان و برابر با ۲/۶ میلی‌متر بر روز در نظر گرفته شد. لیکن در ارزیابی مزارع، مقدار این پارامتر بین ۲/۷۴- ۲/۰۸ میلی‌متر بر روز به دست آمد. این نتایج در مطالعات سایر محققان ازجمله منصوری سرنجیانه (۱۳۸۴) در استان خوزستان نیز گزارش‌شده است. امروزه در جنوب و جنوب غربی خوزستان، ضریب زهکشی کمتر از ۲ میلی‌متر در روز (و حتی کمتر از ۱/۵ میلی‌متر در روز) در طراحی زهکشی لحاظ می‌شود و کارهای متعددی روی این قضیه انجام‌شده و این مقدار مورد تأیید کارشناسان و طراحان قرارگرفته است. ضریب زهکشی پارامتری مربوط به جریان ماندگار است که در این تحقیق در کل فصل زراعی که در ۳ نوبت آبیاری صورت پذیرفته اندازه‌گیری شد.

جدول ٤- مقایسه برخی پارامترهای زهکشی در مراحل طراحی و ارزیابی

مزرعه	طراحی			ارزیابی		
	ضریب هدایت هیدرولیکی (متر بر روز)-به روش گلف	فواصل زهکش‌های زیرزمینی (متر)	ضریب زهکشی (میلی‌متر بر روز)	ضریب هدایت هیدرولیکی (متر بر روز)- به روش چاهک	فواصل زهکش‌های زیرزمینی (متر)	ضریب زهکشی (میلی‌متر بر روز)
یک	۰/۴۷	۵۰	۱/۲۳	۰/۶۹	۵۵	۲/۰۸
دو	۰/۹۷	۷۰	۱/۲۳	۱/۰۴	۸۰	۲/۲۷
سه	۱/۲۳	۸۰	۱/۲۳	۱/۱۳	۸۵	۲/۷۴

نتایج تغییرات متوسط سطح ایستابی بالای لوله‌های زهکش در مزارع موردمطالعه در جدول (۵) نشان داده‌شده است. گرچه تغییرات سطح ایستابی در هر سه مزرعه نزدیک به یکدیگر بود ولی در برخی موارد تفاوت‌هایی نیز مشاهده شد. در فاصله یک‌چهارم طول لوله زهکش ، متوسط سطح ایستابی در مزارع اول تا سوم پس از شش روز پس از شروع آبیاری به ترتیب از عمق ۲۸، ۴۵ و ۴۵ سانتی‌متری به عمق ۸۰ سانتی‌متری رسید. در فاصله دوچهارم طول لوله زهکش ، متوسط سطح ایستابی برای سه مزرعه مذکور به ترتیب از اعماق ۳۵، ۵۰ و ۵۵ به عمق ۹۰ سانتی‌متری رسید. در فاصله سه‌چهارم طول لوله زهکش ، تغییرات سطح ایستابی پس از شش روز برای این سه مزرعه به ترتیب از اعماق ۴۵، ۶۰ و ۶۰ در عمق ۱۰۰ سانتی‌متری تثبیت شد. درحالی‌که در فاصله ۲۵ متری از جمع کننده زهکش(زهکش درجه سه روباز) سطح ایستابی این مزارع به ترتیب از ۴۵، ۶۵ و ۶۵ به عمق ۱۰۰ سانتیمتری رسید. علت انتخاب ۶ روز برای اندازه‌گیری تغییرات متوسط سطح ایستابی، بسیار کم شدن خروجی زهاب از لوله‌های زهکش و قطع جریان زهکشی زیرزمینی بود. به دلیل نزدیک بودن فواصل زهکش‌ها و کمتر بودن ضریب هدایت هیدرولیکی در مزرعه اول (جدول ۱)، سطح ایستابی در این مزرعه بالاتر از دو مزرعه دیگر بود. متوسط خطا در رابطه‌های غیرهمگام دام، گلوور- دام، حماد و وان شیلفگارد به ترتیب ۲۷/۱، ۱۷۵/۹-، ۱۸۰/۷- و ۲۳۵/۸- به دست آمد. مقایسه‌ی تغییرات سطح ایستابی در مزارع تحت مطالعه با روابط ارائه‌شده توسط سایر محققان نشان داد که متوسط خطا در رابطه‌ی دام، نسبت به سایر روابط کمتر بود. همچنین بیشترین خطا در رابطه‌ی وان شیلفگارد به دست آمد. این نتایج توسط برومند نسب (۱۳۶۷) در اراضی کشاورزی کشت گندم در منطقه نظامیه اهواز در استان خوزستان و درزی‌نفتچالی و شاهنظری (۱۳۹۴) نیز در منطقه شمال ایران در اراضی شالیزاری گزارش‌شده است. این محققان نیز بیش برآوردی رابطه‌ی وان شیلفگارد را بیان کردند و علت آن را نامناسب بودن شرایط حاکم در این رابطه برای تعیین سطح ایستابی دانستند. در رابطه‌ی وان شیلفگارد، فرض بر این است زمانی که تغذیه صورت نمی‌گیرد، مقدار دبی خروجی از زهکش‌ها به‌سرعت افت سطح ایستابی بستگی دارد (Rimidis and Dierickx, 2003). نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش حاکی است که این رابطه دارای خطای بیش برآوردی در

تعیین فاصله زهکش است و فرض حاکم بر آن در منطقه موردمطالعه جوابگو نیست.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از شاخص کنترل عمق سطح ایستابی (RGWD) در جدول (۶)، لوله‌های زهکش زیرزمینی موردنظر در هر سه مزرعه، در کنترل سطح ایستابی به‌خوبی عمل نموده‌اند. مقادیر به‌دست‌آمده از این شاخص در محدوده‌ی ۱/۱۱-۰/۸۲ به‌دست‌آمده که در مطالعات سایر محققان نیز به این محدوده اشاره‌شده است (El-Ghannam et al., 2020). با توجه به اینکه شاخص‌های طراحی، با توجه به نتایج حاصل این تحقیق، باید بزرگ‌تر انتخاب می‌شد، بر اساس این محاسبات که عملکرد شاخص کنترل عمق سطح ایستابی (RGWD) مناسب است، در پروژه‌های اجرائی و طرح‌های زهکشی در دست مطالعه و اجرا، پیشنهاد می‌شود، قبل از مطالعه و طراحی نهایی، شاخص‌های مهم طراحی زهکش زیرزمینی در مزارع نمونه در سطح پروژه اندازه‌گیری گردد تا تخمین مناسب‌تری از شاخص‌های طراحی استفاده گردد. همچنین بر اساس نتایج، مشاهده شد که عمق سطح ایستابی به سمت جمع کننده زهکش(زهکش درجه سه روباز) یا محل تخلیه لوله زهکش ، بیشتر می‌شود که دلیل اصلی این امر نقش جمع کننده زهکش در کنترل سطح ایستابی است. با در نظر گرفتن نقش جمع کننده‌ها در کنترل سطح ایستابی می‌توان عمق کنترل سطح ایستابی را در طراحی کمتر در نظر گرفت که باعث افزایش فاصله زهکش‌ها و به دنبال آن کاهش هزینه‌های اجرایی می‌گردد. بنابراین در طرح‌ها می‌بایست ضریب زهکشی را تعدیل کرد. این موضوع عموماً در طراحی‌های زهکشی در نظر گرفته نمی‌شود و به همین دلیل زهکشی بیش از میزان طراحی در این نواحی مشاهده می‌گردد. این نتایج توسط سایر محققان در استان خوزستان نیز گزارش‌شده است (Merabian et al., 2021).

جدول ۵- تغییرات متوسط سطح ایستابی بالای لوله‌های زهکش در مزارع موردمطالعه

روز صفر(بلافاصله پس از اتمام آبیاری)	۱	۲	۳	٤	٥	٦
مزرعه اول						
مشاهده‌ای	۰/۷۸	۰/۶۸	۰/۵۴	۰/۳۷	۰/۳۱	۰/۲۶
دام	۰/۳۲	۰/۲۷	۰/۲۳	۰/۱۹	۰/۱۶	۰/۱۴
حماد	۱/۰۲	۰/۸۶	۰/۷۳	۰/۶۲	۰/۵۲	۰/۴۴
گلوور-دام	۰/۹۳	۰/۸۴	۰/۷۵	۰/۶۸	۰/۶۱	۰/۵۵
وان شیلفگارد	۱/۱۹	۱/۱۵	۱/۱۴	۱/۱۳	۱/۱۱	۱/۱۰
مزرعه دوم						
مشاهده‌ای	۰/۴۸	۰/۴۱	۰/۳۶	۰/۳۱	۰/۲۷	۰/۲۳
دام	۰/۳۳	۰/۲۹	۰/۲۵	۰/۲۲	۰/۱۹	۰/۱۶
حماد	۱/۱۰	۱/۰۱	۰/۹۲	۰/۸۵	۰/۷۸	۰/۷۱
گلوور-دام	۱/۰۰	۰/۹۳	۰/۸۷	۰/۸۱	۰/۷۵	۰/۷۰
وان شیلفگارد	۱/۲۰	۱/۱۹	۱/۱۸	۱/۱۷	۱/۱۶	۱/۱۵
مزرعه سوم						
مشاهده‌ای	۰/۵۲	۰/۴۲	۰/۳۴	۰/۲۹	۰/۲۴	۰/۲۰
دام	۰/۳۳	۰/۲۹	۰/۲۶	۰/۲۲	۰/۲۰	۰/۱۷
حماد	۱/۱۲	۱/۰۴	۰/۹۷	۰/۹۱	۰/۸۴	۰/۷۹
گلوور-دام	۱/۰۴	۰/۹۸	۰/۹۳	۰/۸۷	۰/۸۲	۰/۷۸
وان شیلفگارد	۱/۲۱	۱/۲۰	۱/۱۹	۱/۱۸	۱/۱۷	۱/۱۶

نتایج اندازه‌گیری‌ها در سه مزرعه تحت مطالعه نشان داد که سامانه زهکشی در هر سه مزرعه، سطح ایستابی را کنترل نمود. با توجه به جدول (۴)، ضریب هدایت هیدرولیکی در مزارع اول تا سوم به ترتیب ۰/۴۷، ۰/۹۷ و ۱/۲۳ متر بر روز و با توجه به نتایج جدول (۶) شاخص کنترل عمق سطح ایستابی(RGWD) در مزارع اول تا سوم به ترتیب به‌طور متوسط ۰/۹۴، ۱/۰۱ و ۱ به دست آمد که نشان‌دهنده عملکرد خوب سامانه زهکشی زیرزمینی بود. نتایج ارزیابی شوری زهاب نشان داد که به‌طورکلی، دبی خروجی از لوله زهکش‌ها در روزهای اول پس از آبیاری زیاد و به‌تدریج کم شد (شکل ۳). همچنین شوری زهاب خروجی از سامانه زهکشی در روزهای اول آبیاری بالابود و به‌تدریج از مقدار آن کاسته شد. با توجه مشاهدات مزرعه‌ای، به نظر می‌رسد. در مزرعه اول دبی خروجی از لوله زهکش‌ها از ۰/۶۳ تا ۰/۰۳ لیتر بر ثانیه در طی ۸ روز پس از آبیاری متغیر بود. شوری زهاب نیز از ۱۹/۷ تا ۱۲/۶ دسی زیمنس بر متر در طی ۸ روز تغییر کرد. در مزرعه دوم، تغییرات دبی خروجی از لوله زهکش‌ها از ۰/۹۱ تا ۰/۳۶ لیتر بر ثانیه و تغییرات شوری زهاب از ۲۱/۷ تا ۱۳/۰ دسی زیمنس بر متر در طی ۸ روز مشاهده شد.

جدول ٦- مقادیر شاخص کنترل عمق سطح ایستابی(RGWD) به‌دست‌آمده برای مزارع موردمطالعه

نام مزرعه	پارامتر	شماره آبیاری	فاصله از زهکش تخلیه (جمع کننده زهکش روباز)			
			یک‌چهارم طول لوله زهکش	دوچهارم طول لوله زهکش	سه‌چهارم طول لوله زهکش	۲۵ متری از خروجی
اول	متوسط عمق سطح ایستابی درطول دوره - سانتیمتر	اول	-۸۶	-93	-103	-106
		دوم	-77	-84	-96	-100
		سوم	-83	-81	-107	-108
	مقدار شاخص RGWD در هر شماره آبیاری	اول	۰/۸۶	۰/۹۳	۱/۰۳	۱/۰۶
		دوم	۰/۷۷	۰/۸۴	۰/۹۶	۱/۰۰
		سوم	۰/۸۳	۰/۸۱	۱/۰۷	۱/۰۸
	مقدار شاخصRGWD متوسط مزرعه		۰/۸۲	۰/۸۶	۱/۰۲	۱/۰۴
	عملکرد سامانه زهکشی زیرزمینی		خوب	خوب	خوب	خوب
دوم	متوسط عمق سطح ایستابی درطول دوره - سانتیمتر	اول	-98	-103	-111	-113
		دوم	-96	-105	-109	-109
		سوم	-88	-91	-94	-98
	مقدار شاخص RGWD در هر شماره آبیاری	اول	۰/۹۸	۱/۰۳	۱/۱۱	۱/۱۳
		دوم	۰/۹۶	۱/۰۵	۱/۰۹	۱/۰۹
		سوم	۰/۸۸	۰/۹۱	۰/۹۴	۰/۹۸
	مقدار شاخصRGWD متوسط مزرعه		۰/۹۴	۱/۰۰	۱/۰۴	۱/۰۷
	عملکرد سامانه زهکشی زیرزمینی		خوب	خوب	خوب	خوب
سوم	متوسط عمق	اول	-96	-106	-111	-115
		دوم	-100	-101	-106	-111

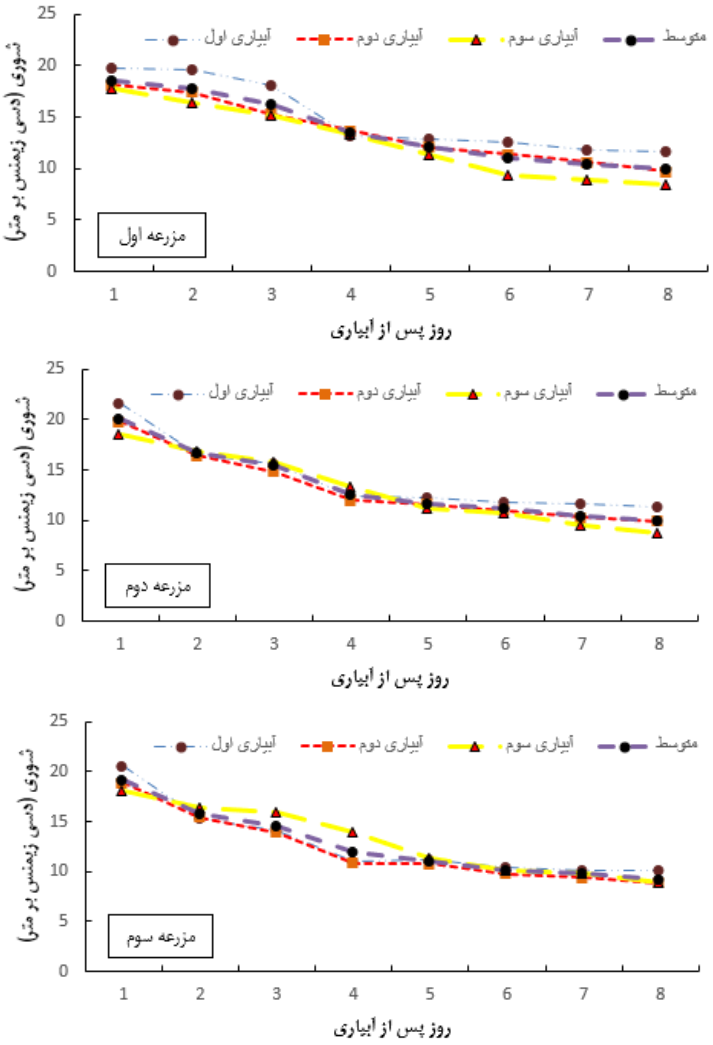
سطح ایستابی درطول دوره – سانتیمتر	سوم	-87	-92	-100	-107
مقدار شاخص RGWD در هر شماره آبیاری	اول	۰/۹۶	۱/۰۶	۱/۱۱	۱/۱۵
	دوم	۱/۰۰	۱/۰۱	۱/۰۶	۱/۱۱
	سوم	۰/۸۷	۰/۹۲	۱/۰۰	۱/۰۷
مقدار شاخص RGWD متوسط مزرعه		۰/۹۴	۱/۰۰	۱/۰۶	۱/۱۱
عملکرد سامانه زهکشی زیرزمینی		خوب	خوب	خوب	خوب

در مزرعه سوم، دبی خروجی از لوله زهکش‌ها از ۱/۰۸ تا ۰/۴۶ لیتر بر ثانیه و شوری زهاب از ۲۰/۵ تا ۱۱/۱ دسی زیمنس بر متر در طی ۸ روز متغیر بود. بررسی نمک ورودی و خروجی از مزارع نشان داد که در هر سه نوبت آبیاری در فصل زراعی برای مزارع موردمطالعه، شاخص کنترل خروج شوری از خاک (SEI)، در هر سه مزرعه منفی بود (جدول ۷). این نتایج نشان داد که سامانه زهکشی در خروج نمک از ناحیه ریشه عملکرد قابل قبولی داشت. مقدار متوسط شاخص کنترل خروج شوری از خاک (SEI)، برای مزارع اول تا سوم به ترتیب ۱/۲–، ۲/۵– و ۲/۷– بود. بنابراین زهکش‌ها در مزرعه سوم نسبت به دو مزرعه دیگر عملکرد بهتری در کنترل نمک‌ها در ناحیه ریشه داشت. همچنین عملکرد مزرعه دوم نسبت به مزرعه اول بهتر بود. مقایسه‌ی این نتایج با شاخص کنترل عمق سطح ایستابی (RGWD) ، نشان داد که عملکرد بهتر مزرعه سوم در کنترل سطح ایستابی، سبب خروج بیشتر نمک از این مزرعه شده است. به همین دلیل شاخص کنترل خروج شوری از خاک (SEI)، در این مزرعه نیز بالاتر بود. قابل‌ذکر است درطول انجام برداشت‌های این تحقیق، بارندگی اتفاق نیفتاد.

نتایج شاخص عملکرد محصول(RY) برای سه مزرعه موردمطالعه در جدول (۸) نشان داده‌شده است. عملکرد محصول از زمان اجرای سامانه زهکشی ثبت‌شده بود و به همین دلیل مقادیر شاخص عملکرد محصول(RY) برای پنج سال محاسبه شد. مقدار این شاخص پس از چهار سال فعالیت سامانه زهکشی افزایش یافت و به عدد یک نزدیک شد. این نتایج نشان‌دهنده‌ی عملکرد مطلوب سامانه زهکشی بوده است.

جدول ۷- مقادیر شاخص کنترل خروج شوری از خاک(SEI)، به‌دست‌آمده برای مزارع موردمطالعه

شماره مزرعه	شماره آبیاری	میزان نمک ورودی (کیلوگرم)	میزان نمک خروجی (کیلوگرم)	شاخص SEI
	اول	۲۱۲۶/۸	۴۸۸۷/۲	–۱/۳
اول	دوم	۲۲۲۲/۱	۵۱۰۸/۴	–۱/۳
	سوم	۲۲۵۸/۴	۴۲۱۳/۴	–۰/۹
	اول	۲۴۸۴/۹	۹۸۶۰/۵	–۳/۰
دوم	دوم	۲۴۲۲/۴	۷۸۸۸/۳	–۲/۳
	سوم	۲۶۹۹/۱	۹۰۱۲/۸	–۲/۳
	اول	۲۵۴۲/۲	۹۷۴۲/۸	–۲/۸
سوم	دوم	۲۳۴۸/۷	۸۵۸۲/۵	–۲/۷
	سوم	۲۶۵۸/۵	۹۹۴۹/۴	–۲/۷



شکل ۳- تغییرات شوری آب خروجی از لوله‌های زهکش در مزارع موردمطالعه

عملکرد گندم در سال ۱۳۹۸، به‌طور متوسط ۲/۵۵ تن در هکتار بود درحالی‌که در سال ۱۴۰۲ عملکرد گندم به حدود ۴/۱ تن در هکتار رسید که رشد ۶۲ درصدی داشت. علت آن، خروج نمک از ناحیه ریشه درطول چهار سال فعالیت سامانه زهکشی و کنترل سطح ایستابی در مزارع بود. در سال نخست اندازه‌گیری، که سامانه زهکشی وجود نداشت، مقدار شاخص عملکرد محصول(RY) در مزرعه اول تا سوم به ترتیب ۰/۵۶، ۰/۴۸ و ۰/۵۰ بود. درحالی‌که در سال چهارم، مقدار شاخص عملکرد محصول(RY) در مزرعه اول تا سوم به ترتیب ۰/۸۴، ۰/۷۸ و ۰/۸۶شد. عملکرد سامانه زهکشی در سه مزرعه موردتحقیق، ازنظر شاخص‌های کنترل عمق سطح ایستابی(RGWD) و شاخص کنترل خروج شوری از خاک(SEI)، سبب بهبود شرایط در ناحیه ریشه شده و به همین دلیل شاخص عملکرد محصول(RY) نیز افزایش یافت. در این پژوهش، به ارزیابی عملکرد سامانه زهکشی اجراشده در منطقه گمبوعه، در استان خوزستان، باهدف بررسی کنترل سطح ایستابی و خروج شوری از خاک پرداخته شد. بدین منظور ابتدا شاخص‌های طراحی شامل فاصله زهکش‌ها، هدایت هیدرولیکی و ضریب زهکشی در دو مرحله‌ی طراحی و ارزیابی مقایسه شدند. سپس با استفاده از شاخص‌های کنترل عمق سطح ایستابی(RGWD) ، شاخص کنترل خروج شوری از خاک(SEI)، و شاخص عملکرد محصول(RY) به ارزیابی عملکرد سامانه زهکشی پرداخته شد. نتایج نشان داد که هدایت هیدرولیکی و ضریب زهکشی در مرحله‌ی طراحی کمتر از مقدار واقعی در نظر گرفته‌شده بود و به همین دلیل فواصل زهکش‌ها کمتر از نتایج واقعی حاصل از این پژوهش شد. بنابراین با کاهش مقدار ضریب زهکشی در این پژوهش، مقدار فاصله بین دو زهکش‌ها بیشتر به دست آمد.

جدول ۸- مقادیر شاخص عملکرد محصول (RY) به‌دست‌آمده برای مزارع موردمطالعه

سال کارگذاری لوله زهکش در مزرعه	عملکرد به‌دست‌آمده محصول گندم در مزرعه (تن در هکتار)			عملکرد مورد انتظار (تن در هکتار)	عملکرد نسبی محصول - شاخص RY		
	مزرعه اول	مزرعه دوم	مزرعه سوم		مزرعه اول	مزرعه دوم	مزرعه سوم
بدون لوله زهکش -۱۳۹۸	۲/۸	۲/۴	۲/۵	۵	۰/۵۶	۰/۴۸	۰/۵۰
سال اول کارگذاری لوله زهکش - ۱۳۹۹	۳/۱	۲/۹	۲/۷	۵	۰/۶۲	۰/۵۸	۰/۵۴
سال دوم کارگذاری لوله زهکش - ۱۴۰۰	۳/۷	۳/۱	۳/۴	۵	۰/۷۴	۰/۶۲	۰/۶۸
سال سوم کارگذاری لوله زهکش - ۱۴۰۱	۳/۹	۳/۴	۳/۸	۵	۰/۷۸	۰/۶۸	۰/۷۶
سال چهارم کارگذاری لوله زهکش - ۱۴۰۲	۴/۲	۳/۹	۴/۳	۵	۰/۸۴	۰/۷۸	۰/۸۶

همچنین، مقایسه‌ی روابط ارائه‌شده برای طراحی سامانه‌های زهکشی، نشان داد که رابطه‌ی دام بیشترین همخوانی و رابطه‌ی وان شیلفگارد کمترین مطابقت را با شرایط مزرعه داشت. مقایسه‌ی سه مزرعه موردمطالعه نشان داد که عملکرد هر سه مزرعه ازنظر کنترل سطح ایستابی (0.82< RGWD<1.11) و شوری (-3.0<SEI<-0.9) قابل‌قبول بود. همچنین، نتایج شاخص عملکرد محصول(RY) نشان داد که درطول چهار سال فعالیت سامانه زهکشی، مقدار این شاخص از ۰/۵۶-۰/۴۸ به ۰/۸۶-۰/۷۸ رسید. مقایسه‌ی سه مزرعه ازنظر عملکرد سامانه زهکشی نشان داد که مزرعه سوم، به دلیل هدایت هیدرولیکی بالاتر، نتایج بهتری نسبت به دو مزرعه دیگر داشت. نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش نشان داد که تعیین حدود مطلوب پارامترهای زهکشی می‌تواند در تعیین فاصله زهکش‌ها و کاهش هزینه‌های اقتصادی کمک شایانی کند. همچنین، اجرای سامانه زهکشی، با کنترل سطح ایستابی و میزان تجمع نمک در ناحیه ریشه، سبب افزایش عملکرد گندم (تا ۶۲ درصد) شد. لذا، علاوه بر توسعه سامانه زهکشی در مناطق مختلف استان خوزستان، توجه به تجربیات به‌دست‌آمده از چنین پژوهش‌هایی برای طراحی سامانه‌های زهکشی پیشنهاد می‌شود.

سپاسگزاری

این مقاله از رساله دوره دکترای تخصصی در دانشکده مهندسی آب و محیط‌زیست دانشگاه شهید چمران اهواز استخراج‌شده است. بدین‌وسیله از حمایت‌های مالی معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز در قالب پژوهانه (۹۸.۲۸۰GN: SCU. WI) تشکر و قدردانی می‌گردد.

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

منابع

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

برومند نسب،س.، ۱۳۶۷، ارزیابی فاصله زهکش‌ها در حالت غیر همگام در منطقه نظامیه اهواز. نشریه فنی مهندسی، شماره ۱۹، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی و کشاورزی، صفحه ۱۸

درزی نفتچالی، ع. و شاهنظری، ع. ۱۳۹۴. ارزیابی معادله‌های غیر ماندگار زهکشی برای تعیین فاصله زهکش‌های زیرزمینی در اراضی شالیزاری، آبیاری و زهکشی. ۳ (۹): ۴۲۸-۴۱۸.

شریفی پور، م.، حسن اقلی، ع.، لیاقت، ع.، ناصری، ع. ۱۳۹۹. عمق نصب زهکش‌های زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه‌خشک؛ چالش‌ها و راهکارها، تحقیقات آب‌وخاک ایران، ۵۱(۳): ۷۵۲-۷۳۷

محمدرضا پور، ا. و سالاری، م. ۱۴۰۲، بهینه‌سازی پارامترهای طراحی سامانه زهکش زیرزمینی با استفاده از الگوریتم چند جهانی در شرایط ماندگار. فصلنامه تحقیقات مهندسی سازه های آبیاری و زهکشی. ۲۴(۹۲): ۱-۲۲.

منصوری سرنجیانه؛ ف. ۱۳۸۴. بررسی پارامترهای طراحی سامانه زهکشی زیرزمینی در پروژه آبیاری و زهکشی طرح توسعه نیشکر، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران. ۱۱۱ صفحه.

نوذری، ح.، پور صمدی، آ.، آزادی، س. و لیاقت، ع. ۱۳۹۷. ارزیابی نرم‌افزار DRAINMOD-S در شبیه‌سازی شوری زهاب زهکش-های زیرزمینی، پژوهش آب در کشاورزی. ۳۲ (۳): ۴۷۱-۴۵۹.

نشریه ضوابط و معیارهای طراحی زهکش‌های زیرزمینی، دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب، ۱۳۹۱، وزارت نیرو، نشریه شماره ۵۷۶.

نشریه دستورالعمل تعیین هدایت هیدرولیک خاک به روش‌های مختلف، ۱۳۸۴، دفتر استانداردها و معیارهای فنی، سازمان مدیریت منابع آب ایران، نشریه ۳۲۲

El-Ghannam, M.Kh., Khalifa, R. M. and Mikhael, B. B., 2020. Effect of laterals drain spacing and groundwater depth on soil water relations and rice productivity in the north Nile delta, Menoufia J. Soil Sci, 5: 217-234.

Guo, C., Yao, C., Wu, J., Qin, S., Yang, H., Li, H. and Mao, J., 2024. Field and numerical experiments of subsurface drainage systems in saline and low-permeability interlayered fields in arid regions. Agricultural Water Management. 300: 108898.

Ghumman, A.R., Y.M. Ghazaw. and H.N. Hashmi. 2012. Environmental and socio - economic impacts of pipe drainage in Pakistan. Environmental Monitoring and Assessment. 184:1671 –1681.

Jouni, H.J., Liaghat, A., Hassanoghli, A. and Henk, R. 2018. Managing controlled drainage in irrigated farmers' fields: A case study in the Moghan plain, Iran. Agricultural Water Management. 208: 393–405.

Manjunatha, M. V., R. J. Oosterbaan, S. K. Gupta, H. Rajkumar and H. Jansen. 2004. Performance of subsurface drains for reclaiming waterlogged saline lands under rolling topography in Tungabhadra irrigation project in India. Agricultural Water Management. 69: 69-82

Mehrabian, S., Naseri, A. A., Hooshmand, A. and Ahmadee, M. 2021. Evaluation of Subsurface Drainage System in Unsteady FlowConditions (Case Study: Research Farm of Shahid ChamranUniversity of Ahvaz, Iran), The second national conference on deficit irrigation and the use of non-conventional water for agriculture in dry regions, Fasa, https://civilica.com/doc/1514293.

Nozari, H., Azadi, S. and Zali, A. 2017. Experimental study of the temporal variation of drain water salinity at different drain depths and spacing in the presence of saline groundwater. Sustainable Water Resources Management. 10.1007/s40899 -017 -0182 -8.

Rimidis, A., W. Dierickx, 2003. Evaluation of subsurface drainage performance in Lithuania, Agriculture Water Management 59, pp: 15-31

Shao, X.H., M.M. Hou, L.H. Chen, T.T. Chang. and W.N. Wang. 2012. Evaluation of subsurface drainage design based on projection pursuit. Energy Procedia. 16:747 –752.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.5, Vol. 18, Dec.-Jan. 2024, p. 769-781

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۵، جلد ۱۸، آذر - دی ۱۴۰۳، ص. ۷۸۱-۷۶۹

Evaluation of the performance and design indicators of the underground drainage system implemented in Gamboa irrigation and drainage network of Khuzestan province.

M.Shakiba Nia[1], S.Broomand Nasab[2], M.Albaji[3]*, A.A. Naseri[4]
Recived: May.02, 2023 Accepted: Oct.17, 2023

Abstract

Evaluation of drainage systems helps researchers and planners to examine the strengths and weaknesses of these systems and improve them in future plans.This issue is very important due to the complexities governing the design of drainage systems and determining its indicators. For this reason, in the present study, the performance of the drainage system implemented in the Gamboa irrigation and drainage network, located in the agricultural lands of Hamidieh city, was evaluated. The area of this network is over 6000 hectares, and field tests were conducted in 1402 during three stages of irrigation in wheat cultivation and for three fields each with an area of about 8 hectares, with the number of drainage lines in each field, 3 drains and with the intervals of underground drains 50, 75 and 80 meters, it was done. In this research, she investigated the changes in water table level and salinity exit from the soil profile and measured the design indicators of underground drains. In order to read the water level fluctuations of the reservoir, observation wells were installed at intervals of 0.3, 0.8, 1.5, 2.5 and 15 meters and in the middle of the underground drains. The installation intervals of the observation wells between two drainage lines were 1/4L, 2/4L, 3/4L and 25 meters from the drain outlet. The results showed that the indicators governing the design of drains, including hydraulic conductivity and drainage coefficient, were considered lower than the actual value in the field. The average hydraulic conductivity value in fields was 0.95 in reality and 0.89 m/day in design conditions, and the drainage coefficient value was 2.36 in reality and 2.6 mm/day in design conditions. This is the main reason for selecting the short distance of the drains, which has led to an increase in costs. Also, the examination of the proposed relationships for the design of the drainage system showed that Damm's relationship had the highest accuracy and Van Schilfgaard's relationship had the highest error in determining the water level. The comparison of the three studied farms showed that the performance of all three farms was acceptable in terms of the control index of the depth of the water table between 0.82 and 1.11 and the control index of salinity exit from the soil between -0.3 and -0.9. The product performance index, which shows the performance of the drainage system in the production of the product growth period, was obtained in the range of 0.78-0.86. As a result, this system had an acceptable performance. The results obtained from this research showed that although determining the optimal limits of drainage indicators can help in determining the distance of drains and reducing economic costs; but the implementation of this drainage system has improved the conditions of the root area. In total, after four years of the implementation of this drainage system, the productivity of wheat production increased by 62% from 2.55 tons per hectare to 4.1 tons per hectare, compared to the conditions without drainage, which is mainly due to The construction of underground drains in the fields was researched and the improvement system of the irrigation network had not been implemented.

Keywords: Drainage Coefficient, Hydraulic conductivity, Salinity, Underground drain

1- 1PHD student, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
2- Professor, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
3- Associate Professor, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
4- Professor, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
(*- Corresponding author Email: m_albaji@scu.ac.ir)