

ملاحظات کشاورزی، زیست‌محیطی و اقتصادی در تعیین عمق زهکش‌های زیرزمینی

در مناطق خشک و نیمه‌خشک - مطالعه موردی دشت آزادگان

مجید شریفی پور^۱، حمزه علی علیزاده^۲، عبد علی ناصری^۳، عبدالمجید لیاقت^۴ و علیرضا حسن اقلی^۵

چکیده

دیدگاه‌های گوناگونی در برآورد پارامترهای اساسی زهکشی به‌ویژه عمق نصب زهکش‌ها وجود دارد. هرکدام از این دیدگاه‌ها ملاحظات متفاوت کشاورزی (تهویه و کنترل شوری خاک)، زیست‌محیطی (حجم و کیفیت زهاب) و اقتصادی (تراکم زهکش‌ها در واحد سطح، راندمان ترنچر نسبت به عمق و هزینه‌های پمپاژ زهکشی) را مدنظر قرار می‌دهند و در نظر گرفتن هر یک از این ملاحظات ممکن است زهکش‌ها را به سمت عمیق یا کم‌عمق شدن سوق دهد. این مقاله به معرفی دیدگاه‌های مختلف تعیین عمق نصب زهکش‌ها و بررسی نتایج هر یک پرداخته است. سپس عمق نصب زهکش‌های طرح زهکشی زیرزمینی اراضی دشت آزادگان که هم‌اکنون در دست مطالعه و اجرا می‌باشد، با توجه به شرایط منطقه‌ای برای هر یک از دیدگاه‌ها تعیین می‌گردد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد عمق نصب زهکش‌ها در جهت رعایت مسائل زیست‌محیطی کمترین و برای کنترل شوری بیشترین خواهد بود. همچنین نتایج نشان می‌دهد که در منطقه مورد مطالعه استفاده از زهکشی کنترل‌شده برای بالا نگه‌داشتن تراز آب زیرزمینی در فصل آبیاری باهدف جلوگیری از زهکشی بیش‌ازاندازه و پایین آوردن آن در فصل غیر آبیاری برای پیشگیری از صعود نمک در اثر تبخیر از آب زیرزمینی شور بهترین راه‌حل می‌باشد.

کلمات کلیدی: آب زیرزمینی، زهکشی کنترل‌شده، زهاب، شوری، موئینگی

مقدمه

عمق نصب زهکش‌های زیرزمینی از پارامترهای مهم در طراحی شبکه‌های زهکشی بوده و انتخاب عمق نصب مناسب در عملکرد مطلوب سیستم‌های زهکشی نقش مهمی را ایفا می‌کند. تصمیم‌گیری در انتخاب عمق نصب زهکش‌ها به دلیل پیامدهای مثبت و منفی متعددی که در عملکرد و اثرات زیست‌محیطی سیستم‌های زهکشی دارد بررسی جامعی را می‌طلبد.

عمق بهینه نصب زهکش، عمقی است که ضمن برآوردن نیازهای تهویه و حفظ کیفیت خاک (به‌ویژه از نظر شوری) کمترین هزینه را در برداشته باشد و در مناطقی با آب زیرزمینی شور و کم‌عمق، دارای کمترین تداخل با آب زیرزمینی بوده و موجب تخلیه آن نگردد. تاکنون محققان و متخصصان بسیاری بر اثرات منفی افزایش عمق زهکش‌ها بر کاهش کیفیت و افزایش حجم زهاب تأکید کرده‌اند (به نقل از اسمیدما، ۲۰۰۷). با این وجود مراجع طراحی سیستم‌های زهکشی لوله‌ای در مناطق خشک و نیمه‌خشک همچنان زهکش‌های عمیق را توصیه می‌نمایند، از جمله راهنمای ASCE-PE 463-1 جامعه مهندسان کشاورزی آمریکا.

از جمله اثرات مثبت افزایش عمق نصب زهکش‌ها، تهویه و آبشویی بهتر در ناحیه ریشه و به دنبال آن افزایش عملکرد گیاه و همچنین افزایش میزان نفوذ عمقی و کاهش رواناب سطحی است که کاهش فرسایش خاک را به دنبال دارد. از طرف دیگر از اثرات منفی افزایش

^۱ نویسنده مسئول، استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه لرستان

(sharifipour.majid@gmail.com) - ۲ استادیار گروه مهندسی آب

دانشگاه ایلام - ۳ استاد گروه آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز

- ۴ استاد گروه آبیاری و زهکشی دانشگاه تهران - ۵ دانشیار موسسه

تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۴/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۸/۲۵

۴. مسائل زیست‌محیطی که در اثر عمیق شدن زهکش‌ها به وجود می‌آیند و افزایش مشارکت آب زیرزمینی شور را در زهاب در جهت کاهش کیفیت و افزایش حجم به دنبال دارند (متمایل به کم‌عمق کردن زهکش‌ها).

مواد و روش‌ها

دشت آزادگان به وسعت تقریبی ۵۹۰۰۰ هکتار در جنوب غربی استان خوزستان واقع شده و از شمال و جنوب و غرب به ترتیب به رودخانه‌های کرخه، کرخه نور و نیسان محدود می‌گردد. تأمین آب اراضی دشت آزادگان از رودخانه کرخه صورت می‌گیرد که حداکثر شوری آب آن در ایستگاه حمیدیه (قبل از ورود به دشت آزادگان) ۲/۹۶ دسی زیمنس بر متر و حداکثر قلیائیت (SAR) آن ۶/۹۰ می‌باشد که این امر بدترین کیفیت مشاهده‌شده در آب این رودخانه را در کلاس C4S2 طبقه‌بندی ویلکاکس قرار می‌دهد. درحالی‌که متوسط درازمدت شوری و قلیائیت آب رودخانه کرخه در مقطع حمیدیه عمدتاً در کلاس C3S1 قرار دارد.

اقلیم دشت آزادگان نیمه‌خشک و دارای زمستان‌های ملایم و تابستان‌های گرم می‌باشد. تغییرات متوسط درجه حرارت نسبتاً زیاد بوده و از حداقل ۵/۷ درجه سانتی‌گراد در دی‌ماه تا حداکثر ۴۳/۷ درجه سانتی‌گراد در مردادماه در نوسان است. متوسط بارندگی سالانه در منطقه طرح ۱۹۰/۸ میلی‌متر است که بیش از نیمی از آن در آذر، دی و بهمن‌ماه واقع می‌شود درحالی‌که از اواسط اردیبهشت تا اواخر مهرماه باران قابل توجهی در منطقه نمی‌بارد.

عمق آب زیرزمینی در سطح دشت از یک متر در مناطق پست میانی دشت تا سه متر در حواشی مرتفع‌تر آن متفاوت است. روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی در دشت آزادگان نشان می‌دهد که تقریباً در تمامی طول سال کیفیت آب در کلاس C4S4 قرار دارد. در اسفندماه که شوری آب به حداقل می‌رسد مقدار آن به‌طور متوسط از حدود ۱۳ تا ۱۴۰ دسی زیمنس بر متر در نوسان بوده درحالی‌که در آبان‌ماه و آذرماه که اواخر فصل خشک و مقارن با حداکثر شوری آب زیرزمینی است مقدار شوری از ۴۵ تا ۱۷۰ دسی زیمنس بر متر متغیر می‌باشد، جهت عمومی این تغییرات از غرب به شرق در جهت کاهش شوری است.

اراضی ناحیه شرقی دشت که عمدتاً دارای خاک‌های آبرفتی می‌باشند در سطح، بافت سنگین لوم سیلتی رسی و در عمق خاک بافت سنگین

عمق نصب زهکش‌ها می‌توان به افزایش حجم زهاب خروجی از زهکش‌های زیرزمینی و بدتر شدن کیفیت زهاب به‌خصوص در مناطق با آب‌های شور کم‌عمق (مانند شرایطی که در جنوب خوزستان وجود دارد) اشاره کرد. همچنین از دیگر اثرات منفی افزایش عمق نصب زهکش‌ها تخلیه بیش‌ازحد آب ناحیه ریشه گیاه و ایجاد تنش خشکی در برخی بازه‌های زمانی می‌باشد.

کاهش عمق نصب زهکش‌ها نیز پیامدهای مثبت و منفی مختلفی را به همراه خواهد داشت. از اثرات مثبت کاهش عمق نصب زهکش‌ها، کاهش سهم زهاب زیرزمینی و بهتر شدن کیفیت زهاب خروجی و از اثرات منفی آن افزایش تنش ماندابی و تجمع نمک در ناحیه ریشه، کاهش عملکرد گیاه و افزایش مقدار رواناب سطحی و فرسایش خاک می‌باشد. بدیهی است کاهش عمق نصب زهکش منجر به کاهش فواصل لوله‌گذاری شده که افزایش احتمالی هزینه طرح را در پی خواهد داشت.

با توجه به تعدد عوامل تأثیرگذار در انتخاب عمق نصب زهکش‌ها، ازجمله عوامل اقتصادی، هیدرولیکی، هیدرولوژیکی و زیست‌محیطی، ضروری است نگرشی همه‌جانبه در این زمینه وجود داشته باشد. در این مطالعه با بررسی ملاحظات مختلفی که در طراحی عمق نصب زهکش‌ها باید در نظر گرفته شود، سعی شده است مجموعه‌ای جامع از این ملاحظات گردآوری و با توجه به آن‌ها عمق نصب زهکش مناسب دشت آزادگان ارائه شود. این ملاحظات با توجه به عوامل مؤثر بر تعیین عمق نصب زهکش‌ها به چهار دسته کلی تقسیم‌بندی می‌شوند.

۱. تأمین تهویه مناسب برای گیاه و جلوگیری از اثرات ماندابی بر محصول (متمایل به عمیق کردن زهکش‌ها).
۲. جلوگیری از شور شدن خاک در اثر صعود نمک همراه با جریان مویینه به منطقه ریشه در اثر تبخیر از آب زیرزمینی شور (متمایل به عمیق کردن زهکش‌ها).

۳. مسائل اقتصادی که از سه جنبه مختلف قابل بررسی‌اند:

- راندمان کارکرد ترنچر که با افزایش عمق کاهش می‌یابد (متمایل به کم‌عمق کردن زهکش‌ها).
- کاهش تراکم زهکش‌ها با افزایش عمق آن‌ها (متمایل به عمیق کردن زهکش‌ها).
- افزایش هزینه‌های پمپاژ زهکشی، به‌ویژه در فصل غیر آبیاری، در اثر تعمیق زهکش‌ها (متمایل به کم‌عمق کردن زهکش‌ها).

عمق لایه غیرقابل نفوذ، پایداری خاک، لایه‌بندی خاک و نوع خاک از جمله ملاحظات فنی تعیین عمق نصب زهکش‌ها در این زمینه می‌باشد. در جدول (۱) عمق مورد نیاز و مطلوب کنترل سطح ایستابی برای طراحی با روش جریان یکنواخت و غیریکنواخت آورده شده است. در مواردی که از قطعه زمین معینی برای ترکیبی از کشت‌های مختلف استفاده می‌شود، بیشترین عمق را باید انتخاب کرد (FAO, 1980).

بدون توجه به سایر مسائل، عمق نصب زهکشی برای حفظ شرایط تخلیه خاک از بیشینه دو رابطه زیر به دست می‌آید (شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۸۴):

$$MinW_1 = C + \frac{Dp}{2S} + 0.1 \quad (1)$$

$$MinW_2 = C' + \frac{Dp}{S} + 0.1 \quad (2)$$

که در آن:

$Min W_1$: حداقل عمق نصب زهکش برای استفاده در فرمول‌های جریان ماندگار (متر)

رس سیلتی دارند. خاک‌های نواحی پست غربی دشت بافت متوسط تا سنگین دارند. میزان شوری و قلیائیت خاک‌ها از نسبتاً زیاد تا خیلی زیاد متفاوت است و در نواحی که عمق آب زیرزمینی کم است مشکل شوری و قلیائیت حادث می‌گردد.

نتایج

تعیین عمق نصب زهکش‌ها مبتنی بر تأمین نیازهای تهویه گیاه و جلوگیری از ماندابی شدن

عمق مطلوب سطح ایستابی تابعی از نوع خاک، آب‌وهوا، نوع و ترکیب کشت و روش آبیاری است. اغلب محصولات زراعی و باغی در شرایطی که سطح ایستابی پایین‌تر از منطقه فعالیت ریشه‌ها قرار دارد، به خوبی رشد و نمو می‌نمایند. هرچند که اگر سطح ایستابی برای مدت کوتاهی در حوزه گسترش ریشه‌ها نفوذ نماید، تأثیر سوء محسوسی بر عملکرد نخواهد داشت. در زراعت‌های آبی، سطح ایستابی با آب نفوذی ناشی از آبیاری یا بارندگی، افزایش یافته و با زهکشی و تبخیر و تعرق افت می‌کند. بنابراین در طراحی شبکه زهکشی، ارقامی باید انتخاب شوند که خیز سطح ایستابی، به مدت طولانی محدودیت قابل توجهی برای کشت ایجاد نکند. عمق مبنای زهکشی در محل،

جدول (۱) عمق تثبیت سطح ایستابی برای گیاهان و خاک‌های مختلف (FAO, 1980)

نوع گیاه	خاک سنگین قابل نفوذ (متر)		خاک سبک (متر)		خاک متوسط با تأمین آب نامطمئن توام با کم آبیاری (متر)	
	جریان غیرماندگار	جریان ماندگار	جریان غیرماندگار	جریان ماندگار	جریان غیرماندگار	جریان ماندگار
زراعی	۱/۲	۰/۹	۱/۰	۰/۹	۱/۲	۱/۴
سبزیجات	۱/۱	۰/۹	۱/۰	۰/۹	۱/۱	۱/۳
درختان	۱/۶	۱/۴	۱/۲	۱/۱	۱/۴	۱/۶

فراوانی آبدهی ویژه در این دشت ۹/۲ درصد با فراوانی ۸ ناحیه (از ۲۱) است و متوسط آبدهی ویژه ۱۱/۳۳ درصد می‌باشد. در این مطالعه آبدهی ویژه دشت به‌طور متوسط ۱۰ درصد در نظر گرفته شد. مقدار ضریب زهکشی در مطالعات زهکشی عمقی دشت آزادگان ۲/۵۷ میلی‌متر در روز در محاسبه شده است. با توجه به اینکه این ضریب از مقدار تلفات آبیاری محاسبه شده، با ضرب آن در دور آبیاری معمول ۱۴ روز در منطقه (که مبنای برآورد ضریب زهکشی بوده)، مقدار نفوذ عمقی در هر آبیاری (Dp) ۳۶ میلی‌متر در نظر گرفته می‌شود.

$Min W_2$: حداقل عمق نصب زهکش برای استفاده در معادلات جریان غیر ماندگار (متر)

C: عمق تثبیت سطح ایستابی برای جریان‌های ماندگار (از جدول ۱)

C': عمق تثبیت سطح ایستابی برای جریان‌های غیر ماندگار (از جدول ۱)

(۱)

Dp: میزان نفوذ عمقی در هر آبیاری (متر)

S: آبدهی ویژه

در دشت آزادگان ۲۱ منطقه تیپ زهکشی تعریف شده که مقدار آبدهی ویژه در آن‌ها بین ۴/۹ تا ۱۹/۶ درصد متفاوت بوده است. بیشترین

الف) نوع خاک: هرچه منافذ ریز خاک بیشتر باشد مقدار صعود کاپیلاری بیشتر خواهد بود. از نظر طراحی می‌توان مقادیر زیر را برای HC در خاک‌های مختلف در نظر گرفت (اسمیدما و همکاران، ۲۰۰۴):

خاک‌های شنی (از شن نرم تا شن درشت) HC=۵۰-۷۵ cm

خاک‌های لوم شنی نرم، سیلت لومی HC=۱۵۰-۲۰۰ cm

خاک‌های لومی، لوم رسی، رس HC=۱۰۰-۱۵۰ cm

خاک‌های شن لومی، لوم شنی HC=۱۰۰-۱۵۰ cm

ب) غلظت نمک در آب زیرزمینی: جرم نمکی که از آب زیرزمینی به بالا منتقل می‌شود حاصل ضرب دبی جریان در غلظت نمک است. بنابراین با افزایش غلظت نمک باید مقدار ارتفاع بحرانی افزایش داده شود. بر اساس تجارب به‌دست‌آمده در آسیا (Smedema et al., 2004) برای عمق زهکش‌ها می‌توان از روابط (۳)، (۴) و (۵) استفاده کرد.

با توجه به اینکه شوری آب زیرزمینی در دشت آزادگان، با کاهش کیفیت از شرق به غرب و نیز تغییرات فصلی، در بازه آخر (معادله شماره ۵) قرار می‌گیرد و با توجه به بافت خاک که بیشتر لوم رسی و رس می‌باشد، سانتی‌متر $HC = 150$ در نظر گرفته می‌شود که با توجه به معادله (۵) مقدار W (عمق زهکش در ابتدای لترال)، $1/8$ متر به دست می‌آید.

ج) میزان تبخیر: چنانچه میزان تبخیر از سطح خاک شدید باشد درصد رطوبت خاک کاهش یافته و خاک خشک نیروی مکش شدیدی پیدا می‌کند که در نتیجه نرخ جریان رو به بالا افزایش پیدا می‌یابد. بدین ترتیب فرض حداکثر بودن HC تقویت می‌شود. به همین علت در بند الف) حد بالای صعود کاپیلاری (۱۵۰ سانتی‌متر) در نظر گرفته شد.

د) کیفیت آب آبیاری: چنانچه کیفیت آب آبیاری پایین باشد، نیاز آبشویی افزایش پیدا می‌کند که باعث بالا آمدن سطح ایستابی خواهد شد و جریان رو به بالا از سطح ایستابی شور در فاصله بین دو آبیاری موجب افزایش شوری خاک و صدمه به محصول می‌شود. ضمناً هر چه غلظت آب آبیاری بیشتر باشد، اختلاف غلظت آن با محلول خاک کمتر خواهد بود و مطابق قانون فیک پخشیدگی املاح کاهش خواهد یافت؛ بنابراین توفیق نفوذ عمقی آبیاری بعدی در شستشوی املاح خاک کمتر خواهد بود.

با در نظر گرفتن گیاهان زراعی به‌عنوان گیاهان غالب الگوی کشت و خاک سنگین، مقدار C و C' به ترتیب $1/2$ و $0/9$ محاسبه می‌شود؛ بنابراین حداقل عمق مناسب نصب زهکش‌ها با هدف تهویه مناسب خاک $1/48$ متر می‌باشد که با در نظر گرفتن شیب $0/0008$ m/m برای زهکشی به طول ۵۰۰ متر، عمق بین $1/48$ و $1/88$ متر خواهد بود.

از طرف دیگر باید در نظر گرفت که زهکشی پروفیل خاک تا زمانی که سطح ایستابی به تراز زهکش‌ها نزول کند، تحت نیروی ثقل ادامه می‌یابد. به‌عبارت‌دیگر زهکش‌های عمیق پس از زهکشی ناحیه ریشه تا زمان آبیاری بعدی، همچنان پروفیل خاک را تخلیه می‌کنند، آبی که مورد استفاده گیاه است و به نیاز تهویه گیاه لطمه نمی‌زند. هر چه عمق نصب زهکش‌ها برای برآوردن نیازهای تهویه‌ای بیشتر در نظر گرفته شود، احتمال زهکشی بیش‌ازاندازه و وارد شدن تنش خشکی به گیاه بیشتر می‌شود.

تعیین عمق نصب زهکش‌ها مبتنی بر جلوگیری از شور شدن خاک

با کاهش رطوبت خاک در ناحیه توسعه ریشه در اثر تبخیر و تعرق گیاه و ایجاد اختلاف پتانسیل بین لایه‌های سطحی و لایه‌های پایین‌تر، آب می‌تواند از آب زیرزمینی کم‌عمق به سمت بالا (ناحیه ریشه) حرکت کند. نرخ جریان رو به بالا بستگی به بافت و ساختمان خاک (تعیین‌کننده مقدار صعود موئینگی)، عمق سطح ایستابی، مرحله رشد گیاه، شدت تبخیر و تعرق و مقدار تخلیه رطوبتی خاک دارد. در صورتی که آب زیرزمینی کم‌عمق شور باشد، املاح همراه آن به سمت بالا و ناحیه ریشه حرکت کرده و در خاک تجمع پیدا می‌کنند. بحرانی‌ترین دوره از این نظر فصل غیر آبیاری است که به‌جز مواقع بارندگی، جریان رو به بالا بوده و خشکی و بدون پوشش بودن خاک آن را تشدید می‌کند. ارتفاع موئینه‌ای بحرانی (HC) به عمقی گفته می‌شود که اگر سطح ایستابی در آن عمق قرار گیرد، مقدار جریان کاپیلاری به حدی تقلیل پیدا می‌کند که شور شدن خاک از این طریق قابل اغماض خواهد بود. این عمق به چهار عامل عمده بستگی دارد:

$$\frac{W}{HC} = 0.6 \quad \text{شوری آب زیرزمینی بیش از ۲۰۰۰-۳۰۰۰ میلی گرم بر لیتر} \quad (۳)$$

$$\frac{W}{HC} = 0.9 \quad \text{شوری آب زیرزمینی بیش از ۵۰۰۰-۷۰۰۰ میلی گرم بر لیتر} \quad (۴)$$

$$\frac{W}{HC} = 1.2 \quad \text{شوری آب زیرزمینی بیش از ۱۰۰۰۰-۱۵۰۰۰ میلی گرم بر لیتر} \quad (۵)$$

به‌عنوان بازه نرمال برای نصب زهکش‌ها توصیه نموده، ولی همین محقق در گزارش خود تأکید کرده که اعماق بین ۱/۲ تا ۱/۵ متر برای مواردی توصیه می‌شوند که هیچ‌گونه خطر شوری را به وجود نیاورند. وی مناطق دارای اقلیم شدیداً خشک، آب زیرزمینی شور و خاک‌های داری کاپیلاری بالا (که هر سه شرط در منطقه دشت آزادگان صادق است) را شدیداً مستعد شور شدن دانسته و برای این مناطق عمق بین ۱/۶ تا ۲/۰ را توصیه نموده است.

تعیین عمق نصب زهکش‌ها مبتنی بر مسائل اقتصادی

عمق نصب زهکش‌های زیرزمینی تأثیر بسزایی در هزینه اولیه و هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری سیستم‌های زهکشی دارد.

لازم به ذکر است معیارهای (الف) تا (ج) برای فصل غیر آبیاری و معیار (د) برای فصل آبیاری می‌باشند. با توجه به این که کشت تابستانه در منطقه جنوب خوزستان محدود است و اکثر کشت زمستانه و پاییزه می‌باشد، خطر صعود شوری در تابستان بسیار بالا می‌رود.

با توجه به عوامل فوق در مناطق مختلف جهان اعماقی در زهکشی مرسوم است (جدول ۲). ولی به‌طور کلی می‌توان گفت که در مناطق خشک و نیمه‌خشک اعماق زهکش‌ها برای کنترل شوری و ماندابی بیشتر از مناطق مرطوب که هدف زهکشی در آن حفظ امکان تردد ماشین‌آلات، جلوگیری از انداختن زمان کشت و تهویه مناسب خاک است، در نظر گرفته می‌شود.

اسمیدما (۲۰۰۷) با بررسی اعماق زهکشی عمقی برای کنترل شوری و ماندابی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، عمق ۱/۲ تا ۲/۰ متر را

جدول (۲) اعماق مرسوم زهکشی در کشورهای مختلف جهان (اسمیدما، ۲۰۰۷)

مناطق معتدل و مرطوب		مناطق خشک و نیمه خشک	
انگلستان	۱/۵m	مصر	۱/۵m
هلند (و کشورهای شمال اروپا)	۱/۲m	هند (هاریانا، پنجاب و راجستان)	۱/۲-۲/۰m
کانادا (اونتاریو، کبک، بریتیش کلمبیا)	۱/۰-۱/۴m	آمریکا (راهنمای ASAE-EP 463-1)	حداقل ۲/۰m
فرانسه (مناطق شمالی و آتلانتیک)	۱/۲-۱/۵m	پاکستان	۲/۰-۲/۲m
ترکیه	۱/۵-۱/۷m	آسیای مرکزی	۲/۵-۳/۰m
مناطق مرطوب جنوب چین	۱/۰-۱/۵m	مکزیک (استاندارد ملی)	۱/۵-۱/۶m
اسپانیا	۱/۰-۲/۰m	مناطق خشک چین	۱/۵-۲/۲m

طول لترال‌گذاری که از عمده‌ترین هزینه‌های زهکشی زیرزمینی است، افزایش پیدا می‌کند. این کاهش راندمان در اعماق بیش از دو

با افزایش عمق کارگذاری زهکش‌ها سرعت حفر ترانشه توسط ترنچر کاهش می‌یابد؛ بنابراین هزینه استهلاک سرمایه خرید ترنچر در واحد

آن‌ها در ابتدای خط ۱/۶ متر و در انتهای خط ۲/۰ خواهد شد که بهترین اعماق ازلحاظ اقتصادی خواهد بود، چراکه آیتم فهرست بهایی در این عمق بدون تغییر خواهد بود.

در مواردی که امکان تخلیه ثقلی سیستم زهکشی فراهم نباشد و مجبور به استفاده از ایستگاه پمپاژ زهکشی باشیم، نکته دیگری را نیز در تحلیل اقتصادی برای برآورد عمق بهینه زهکشی باید در نظر گرفت که آن هزینه‌های پمپاژ اضافی ناشی از مشارکت قابل توجه آب زیرزمینی در کمیت زهاب به‌خصوص در فصل غیر آبیاری است که با افزایش عمق زهکش‌ها افزایش قابل ملاحظه‌ای پیدا می‌کند. این هزینه‌ها شامل هزینه‌های انرژی و بهره‌برداری و نگهداری ایستگاه‌های پمپاژ است.

۳-۴- مسائل زیست‌محیطی (کیفیت و کمیت زهاب‌ها)

از مهم‌ترین جنبه‌های زیست‌محیطی عمق نصب زهکش‌های زیرزمینی، می‌توان به اثر این پارامتر بر روی شوری پروفیل خاک، حجم و شوری زهاب و شدت فرسایش خاک اشاره کرد.

متر به‌صورت تصاعدی خواهد بود (راهنمای زهکشی زیرزمینی پاکستان، ۲۰۰۴) و هزینه‌های زهکشی را به‌شدت افزایش می‌دهد. در ایران بر اساس فهرست‌بهای سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی، نصب زهکش‌های زیرزمینی با هر وسیله مکانیکی تا عمق دو متر دارای هزینه واحد یکسانی است و کاهش عمق زهکش‌ها به اعماق کمتر از دو متر، تأثیری در هزینه پرداختی به پیمانکار در واحد طول ایجاد نمی‌کند. از سوی دیگر تراکم زهکش‌ها در واحد سطح با کاهش عمق افزایش می‌یابد.

در شرایط دشت آزادگان با در نظر گرفتن پارامترهای طراحی زهکشی به شرح زیر، فاصله زهکش‌ها با استفاده از فرمول هوخهات و به ازای اعماق مختلف، تعیین شده است که در جدول (۳) قابل مشاهده است. پارامترهای زهکشی در دشت آزادگان به شکل عمومی؛ هدایت هیدرولیکی ۰/۸۵ متر در روز، ضریب زهکشی ۲/۵ میلی‌متر در روز و عمق لایه غیرقابل نفوذ ۳/۵ متر است.

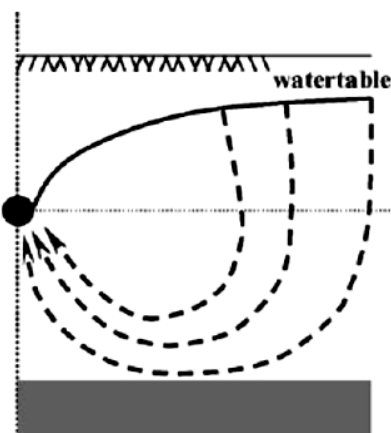
با در نظر گرفتن شیب ۰/۰۰۰۸ m/m برای لترال‌ها و طول ۵۰۰ متر برای آن‌ها، اختلاف ارتفاع سراب و پایاب لترال‌ها ۴۰ سانتی‌متر خواهد بود. با در نظر گرفتن عمق متوسط ۱/۸ متری برای لترال‌ها، عمق

جدول (۳) محاسبه فاصله زهکش‌ها با استفاده از فرمول هوخهات و به ازای اعماق مختلف در دشت آزادگان

عمق نصب زهکش	۱/۲	۱/۳	۱/۴	۱/۵	۱/۶	۱/۷	۱/۸	۱/۹	۲/۰
فاصله زهکش‌ها	۴۹	۵۴	۵۹	۶۴	۶۸	۷۲	۷۵	۷۸	۸۱

زهکش‌های عمیق‌تر نسبت به زهکش‌های سطحی‌تر زهاب شورتری را تخلیه می‌کنند. ضمن اینکه به علت مشارکت آب زیرزمینی کمیت زهاب نیز افزایش می‌یابد. به‌ویژه در فصل غیر آبیاری، در زهکش‌های عمیق، همچنان زهاب تخلیه می‌شود که چنان‌که گفته شد علاوه بر مسائل زیست‌محیطی، در طرح‌های نیازمند به ایستگاه پمپاژ زهکشی، هزینه پمپاژ سنگین‌تری را نیز تحمیل می‌نماید.

بسیاری از تحقیقات نشان می‌دهد که با افزایش عمق زهکش‌های زیرزمینی، مشارکت آب زیرزمینی در زهاب تخلیه‌شده از لترال‌ها افزایش می‌یابد. چراکه زهکش‌های عمیق با نزدیک شدن به سفره آب زیرزمینی و کوتاه و متراکم کردن خطوط جریان شعاعی، مقاومت در برابر جریان را کاهش داده، میزان تخلیه آب زیرزمینی را افزایش می‌دهند (شکل ۱). افزایش تخلیه آب زیرزمینی باعث افزایش دبی زهاب و تخلیه میزان بیشتری نمک می‌شود. به‌عبارت‌دیگر



شکل (۱) نحوه حرکت زهاب به سمت زهکش (Jury et al., 2003)

نزدیک به سطح خاک مدنظر نبوده است. در مطالعات دورل و فیو (۱۹۹۱) این اعماق برای زهکش‌های عمیق ۲/۷ و زهکش‌های کم‌عمق ۱/۸ متر بوده است. گریسر (۱۹۹۳) اثرات فاصله و عمق زهکش‌ها را بر شوری زهاب با شبیه‌سازی عددی مطالعه کرد و اعماق ۲/۵، ۳ و ۴ متر را با فواصل متناظر ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ متر بررسی نمود. زهاب تولیدی طرح‌های زهکشی چنانچه به‌درستی مدیریت نشود، می‌تواند پیامدهای متعددی در تخریب محیط‌زیست و منابع آبی پایین‌دست داشته باشد. افزایش عمق زهکش‌ها موجب افزایش حجم زهاب تولیدی طرح‌های زهکشی می‌گردد. در نواحی خشک که کیفیت سفره آب زیرزمینی کم‌عمق با افزایش عمق بدتر می‌شود (مانند شرایطی که در دشت آزادگان وجود دارد)، افزایش آب ورودی به داخل زهکش‌ها از اعماق پایین‌تر سفره زیرزمینی باعث کاهش کیفیت زهاب خواهد شد. دورل و فیو (۱۹۹۰) مشاهده کردند که وقتی زهکش‌ها در عمق ۱/۸ متری نصب گردند، حدود ۳۰ درصد از جریان ورودی به داخل آن‌ها از آب زیرزمینی خواهد بود و اگر عمق نصب به ۲/۶ متری برسد این مقدار به حدود ۶۰ درصد خواهد رسید. آیاز و همکاران (۱۹۸۷) دریافتند که شوری زهاب خارج‌شده از زهکش‌های نصب‌شده در عمق ۲ متری بیش از شوری زهاب خارج‌شده از زهکش‌هایی است که در عمق ۱/۷ متری نصب‌شده‌اند. همچنین زهکش‌هایی که در عمق بیشتری نصب‌شده‌اند، دارای زهاب خروجی بیشتری نیز خواهند بود و زمانی که خروج زهاب از زهکش‌های کم‌عمق متوقف می‌شود خروج از زهکش‌های عمیق‌تر ادامه دارد. کاهش عمق نصب زهکش‌ها می‌تواند مشکل شوری زهاب را تا حدی تعدیل بخشد. کریستن و اسکهان (۲۰۰۱) با مطالعه زهکش‌های مول کم‌عمق، بهبود چشمگیر

بحث و نتیجه‌گیری

کاهش عمق نصب زهکش‌ها موجب افزایش تجمع نمک در ناحیه ریشه گیاه خواهد شد. این مسئله می‌تواند در بلندمدت موجب از بین رفتن بهره‌وری خاک شده و تولید پایدار اراضی را مورد تهدید قرار دهد. از مشکلات ذکرشده برای سیستم‌های زهکشی کم‌عمق، مشکل عدم کارایی این سیستم‌ها در کنترل شوری پروفیل خاک است که به علت بالا بودن سطح ایستابی و شدت جریان رو به بالا رخ می‌دهد. قائمی و ویلاردسون (۱۹۹۲) به این مشکل اشاره کرده‌اند و اذعان داشته‌اند که زهکش‌های کم‌عمق علیرغم رفع مشکل ماندابی در کنترل مؤثر شوری خاک در بلندمدت ناموفق هستند. در مقابل هورنبوک و همکاران (۲۰۰۷) با اشاره به این موضوع که تخلیه آب از ناحیه ریشه باوجود زهکش‌های کم‌عمق سریعاً روی می‌دهد کارایی زهکش‌های کم‌عمق را در شستشوی سریع نمک از پروفیل خاک بیشتر دانسته‌اند. بااین‌وجود به این نکته نیز اشاره کرده‌اند که در شرایطی که تبخیر بالا بوده و جریان کاپیلاری نیز سهم قابل‌توجهی در تجمع نمک در خاک داشته باشد، زهکش‌های کم‌عمق به‌تنهایی نمی‌توانند از تجمع نمک در ناحیه ریشه جلوگیری کنند و در درازمدت این سیستم‌ها ناکارآمد خواهند بود. به لحاظ نظری، هرچه زهکش سطحی‌تر باشد، قاعدتاً مشارکت آب زیرزمینی در زهاب خروجی از لترال‌ها کم خواهد شد. ولی کاهش عمق بیش‌ازحد زهکش‌ها، سوای مسائل اقتصادی، اهداف زهکشی را از لحاظ تهویه و کنترل شوری برآورده نمی‌کند. اعماق زهکش‌هایی که در تحقیقات مربوط به بار شوری ناشی از آب زیرزمینی در زهاب بررسی‌شده‌اند نیز نشان می‌دهد که در این تحقیقات اعماق خیلی

از پارامترهای مهم در طراحی سیستم‌های زهکشی بوده و انتخاب عمق نصب مناسب نقش مهمی در عملکرد مطلوب سیستم‌های زهکشی ایفا می‌کند. کاهش عمق زهکش‌ها هرچند ممکن است در کاهش بار نمک زهاب مؤثر باشد و امکان تخلیه آن به منابع پذیرنده و نیز استفاده مجدد آن را بالاتر ببرد، لیکن کم‌عمق شدن آن‌ها ممکن است اهداف اصلی زهکشی را که حفظ شرایط تهویه و کنترل شوری است، با خطر مواجه کند.

به نظر می‌رسد بهترین راه‌حل استفاده از زهکشی کنترل‌شده با عمق نصب حدود ۱/۷ متر می‌باشد. با این سیستم می‌توان تراز آب را در زهکش‌ها در فصل آبیاری که بیشتر مسئله نیازهای تهویه خاک مطرح است بالا نگه داشت و از مشارکت آب زیرزمینی در زهاب و زهکشی بیش‌ازاندازه جلوگیری کرد و در فصل غیر آبیاری که احتمال صعود نمک همراه با جریان مویینه به منطقه ریشه در اثر تبخیر از آب زیرزمینی شور وجود دارد، فاصله سطح تراز آب زیرزمینی را از سطح خاک به حداکثر رسانده شود. همچنین ترکیب زهکش‌های کم‌عمق و عمیق (زهکش‌های چند عمقی) می‌تواند گزینه مناسبی برای مدیریت زهکشی باشد. به عبارتی در سیستم‌های زهکشی چند عمقی می‌توان در فصولی از سال که شوری زهاب مسئله‌ساز است، زهکشی را محدود به زهکش‌های کم‌عمق کرد و در فصول دیگر که شوری زهاب کمتر مسئله‌ساز است از ترکیب زهکش‌های عمیق و کم‌عمق استفاده نمود (Hornbuckle et al., 2007).

تعیین دقیق مبانی و پارامترهای طراحی زهکشی در هر منطقه نیازمند احداث مزرعه آزمایشی و انجام تحقیقات متعدد است که در بازه‌های زمانی کافی انجام پذیرد و اثرات کوتاه‌مدت و بلندمدت هرکدام از فاکتورهای ذکرشده در این مقاله در آن بررسی گردند. هرگونه شتاب‌زدگی در تعیین پارامترهای مهم این طرح‌ها (به‌ویژه ضریب زهکشی و عمق مبنای زهکش‌ها) می‌تواند برای آینده طرح‌های کشاورزی کشور و به‌ویژه منطقه خوزستان اثرات منفی به دنبال داشته باشد.

مراجع

دفتر استانداردها و معیارهای فنی شرکت مدیریت منابع آب ایران. ۱۳۸۴. ضوابط طراحی تعیین فاصله و عمق زهکش‌های زیرزمینی.

نشریه شماره ۳۱۹

جعفری، س.، نصری، ع.، حاجی شاه، م.؛ و م. شریفی پور. (۱۳۸۷). پیش‌بینی کیفیت زهاب‌ها ناشی از بهره‌برداری و اصلاح اراضی شور

شوری زهاب خروجی را گزارش کرده‌اند. از طرف دیگر بسیاری از محققین هم معتقدند که استفاده از یک سیستم زهکشی کم‌عمق می‌تواند ماندابی را کنترل کند ولی در کنترل شوری کمتر مؤثر است (Willardson, 1992, Hermsmeier, 1973, Christen & Ghaemi) (& Skehan, 2001).

آیارس و همکاران (۱۹۹۴) نیز دستورالعمل‌های رایج را برای طراحی شبکه‌های زهکشی زیرزمینی بررسی کردند و توصیه کردند که دستورالعمل‌های رایج باید بر اساس میزان زهاب کمتر و کیفیت بهتر آن مورد اصلاح قرار گیرد و پیشنهاد کردند که عمق پیشنهادی USBR برای سطح ایستابی کاهش پیدا کند.

نظری و همکاران (۱۳۸۷) نیز طرحی را برای بهینه‌سازی عمق زهکش‌های زیرزمینی با توجه به ملاحظات اقتصادی و زیست‌محیطی در کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر واقع در جنوب خوزستان انجام دادند و عمق ۱/۵ متری را به‌عنوان عمق بهینه نصب زهکش‌های زیرزمینی توصیه نمودند. این محققان بررسی خود را با نرم‌افزار DRAINMOD-S انجام دادند ولی انجام مطالعات مزرعه‌ای را برای تحقیق این موضوع ضروری دانستند.

روش تخلیه و دفع زهاب نیز بر ریسک‌پذیری سیستم زهکشی نسبت به شوری زهاب مؤثر است. اگر منبع پذیرنده اقیانوس یا دریا باشد، زهاب به برکه‌های تبخیری تخلیه شود و یا در پایین‌دست محل تخلیه زهاب آبیاری از منبع پذیرنده (رودخانه) وجود نداشته باشد، ریسک بیشتری در افزایش شوری زهاب قابل‌پذیرش است. البته شوری زهاب‌ها در فاصله ۳ سال از شروع بهره‌برداری از سیستم زهکش لوله‌ای به‌شدت کاهش می‌یابد و پس از گذشت ۱۵ تا ۲۰ سال تقریباً به مقداری ثابتی میل می‌کند که نزدیک به شوری آب آبیاری است (Johnston, 1993). جعفری و همکاران (۱۳۸۷) با بررسی تغییرات کیفی زهاب را در مزارع نیشکر منطقه جنوب خوزستان چنین نتیجه گرفتند که طی ۴ سال اول بهره‌برداری، شوری زهاب به‌شدت کاهش می‌یابد و هرچه شوری اولیه خاک و شوری آب زیرزمینی بالاتر باشد، شدت تخلیه نمک و به‌تبع آن شوری زهاب در سال‌های اولیه بیشتر خواهد بود؛ بنابراین طی دوره بهره‌برداری امکان استفاده مجدد و بازگردانی زهاب‌ها افزایش پیدا می‌کند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

بسیاری از مشکلات پیش رو در پروژه‌های آبیاری و زهکشی به علت معیارهای طراحی نادرست می‌باشد. عمق نصب زهکش‌های زیرزمینی

- artesian pressure. In: Land Reclamation: Advance in Research and Technology, Proceedings of the international Symposium, 14-15 December, Nashville, Tennessee, ASCE.
- Ghaemi, A. A., Willardson, L. S., 1992. Salt movement in a shallow drained soil with an artesian pressure. In: Land Reclamation: Advance in Research and Technology, Proceedings of the International Symposium, 14-15 December, Nashville, Tennessee, ASCE.
- Grismer, M. E., 1993. Subsurface Drainage System Design and Drain Water Quality, *J. Irrig. Drain. Eng.*, Vol. 119, No. 3.
- Hermesmeier, L. F., 1973. Shallow drain performance in a heavy soil. *Trans. ASAE* 39 (5), 92-96.
- Hornbuckle, J. W., Christen, E. W., Faulkner, R. D., 2007. Evaluating a multi-level subsurface drainage system for improved drainage water quality. *Agric. Water Manage.* 89, 208-216.
- Johnston, W. R. 1993. Changes in subsurface drainage water salinity and boron concentrations. *J. Irrig and Drain.* ASCE 119(1), 201-206.
- Jury W. A., A. Tuli and J. Letey, 2003. Effect of travel time on management of a sequential Reuse Drainage Operation. *Soil Sci. Soc. Am. Journal*, 67, 1122-1126.
- Pakistan Council of Research in Water Resources. 2004. *Tile Drainage manual*. Government of Pakistan. Islamabad. 97-99.
- Smedema LK, Vlotman WF, Rycroft DW. 2004. *Modern Land Drainage*. Balkema Publishers, Taylor & Francis Group: Leiden, the Netherlands.
- Smedema LK. 2007. Revisiting currently applied pipe drain depths for waterlogging and salinity control of irrigated land in the (semi) arid zone. *Irrig. and Drain.* 56: 379-387
- و سدیمی خوزستان. دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. اهواز.
- نظری، ب. ۱۳۸۷. بهینه‌سازی عمق نصب زهکش‌های زیرزمینی با ملاحظات اقتصادی و زیست‌محیطی (شوری زهاب). پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران.
- Ayars, J. E., and Meek, D. W., 1994. Drainage load-flow relationships in arid irrigation areas. *Trans. ASAE*, 37, 431-437.
- Ayars, J. E., and S. H. Patton, and R. A. Schoneman. 1987. Drain water quality from arid irrigated lands. P. 220-230 In W. R Johnston (ed.) *Proc. 5th Natl. Drain. Symp.*, Chicago. IL. 13-14 December. ASCE, St. Joseph. MI.
- Christen, E. W., and Skehan, D., 2001. Design and management of subsurface horizontal drainage to reduce salt load. *J. Irrig. Drain. Eng.* 127 (3), 148-155.
- Christen, E. W., Skehan, D., 2001. Design and management of subsurface horizontal drainage to reduce salt loads. *J. Irrig. Drain. Eng.* 127 (3), 148-155.
- Deverel, S. J., and Fio, J. L., 1991. Groundwater flow and solute movement to drain laterals, western San Joaquin Valley, California. 1: Geochemical assessment. *Water Resour. Res.*, 27(9), 2233-2246.
- Deverel, S. J., and J. L. Fio. 1990. Ground-water flow and solute movement to drain laterals, western San Joaquin Valley. California. I. Geochemical assessment. Open-file Rep. 90-136. U. S. Geol. Surv., Sacramento, CA.
- FAO. 1980. *Drainage design factors*. Irrigation and Drainage Paper No. 38, FAO, Rome.
- Ghaemi, A. A., and Willardson, L. S., 1992. Salt management in a shallow drained soil with an

Agricultural, Environmental and Economic Considerations in Determining Pipe Drain Depth in Arid and Semi-Arid Regions- Case Study Azadegan Plain

M. Sharifipour¹, H.A. Alizadeh², A.A. Naseri³, A.M. Liaghat⁴ and A. Hasanoghli⁵

Abstract

There is different viewpoints in estimating basic drainage parameters, especially pipe drain depth. Each of these viewpoints consider different agricultural needs (aeration and salinity control), environmental consideration (quality and quantity of drain water) and economic matters (drains density, trencher efficiency relative to the depth). Consider each one of these matters could lead drains to be shallow or deep. This paper introduce different viewpoints in determining pipe drain depth and scrutiny their results. Then, due to local circumstances of Azadegan plain drainage project how is under construction, drain depth determined by each of these viewpoints. Results shown that considering environmental matters, drain depth will be the minimum and considering salinity control will be the maximum. Results also shown that using controlled drainage in the study area for keeping groundwater table up in the irrigation season, avoiding over drainage, and keep it down in no irrigation season to avoid salt uprising could be the best solution.

Keywords: groundwater, controlled drainage, drain water, salinity, capillary

1Assistant professor, Department of Water Engineering ,Faculty of Agricultural Sciences, University of Lorestan (sharifipour.majid@gmail.com)

2 Assistant professor, Department of Water Engineering ,Faculty of Agricultural Sciences, University of Ilam

3 Professor, Department of irrigation and Drainage, Faculty of Agricultural Sciences, University of Tehran

4 Associate Professor, Department of irrigation and Drainage, Agr. Eng. Res. Ins. (AERI)

Received: July 8, 2015

Accepted: November 16, 2015