



اصول مهندسی زهکشی

(رشته مهندسی کشاورزی - گرایش آب و خاک)

دکتر فرید اجلالی مهندس مریم دهقانی

بسم الله الرحمن الرحيم

پیشگفتار ناشر

کتاب‌های دانشگاه پیام نور حسب مورد و با توجه به شرایط مختلف یک درس در یک یا چند رشته دانشگاهی، به صورت کتاب درسی، متن آزمایشگاهی، فرادرسی، و کمک‌درسی چاپ می‌شوند.

کتاب درسی ثمره کوشش‌های علمی صاحب اثر است که براساس نیازهای درسی دانشجویان و سرفصل‌های مصوب تهیه و پس از داوری علمی، طراحی آموزشی، و ویرایش علمی در گروه‌های علمی و آموزشی، به چاپ می‌رسد. پس از چاپ ویرایش اول اثر، با نظرخواهی‌ها و داوری علمی مجدد و با دریافت نظرهای اصلاحی و متناسب با پیشرفت علوم و فناوری، صاحب اثر در کتاب تجدیدنظر می‌کند و ویرایش جدید کتاب با اعمال ویرایش زبانی و صوری جدید چاپ می‌شود.

متن آزمایشگاهی (م) راهنمایی است که دانشجویان با استفاده از آن و کمک استاد، کارهای عملی و آزمایشگاهی را انجام می‌دهند.

کتاب‌های فرادرسی (ف) و کمک‌درسی (ک) به منظور غنی‌تر کردن منابع درسی دانشگاهی تهیه و بر روی لوح فشرده تکثیر می‌شوند و یا در وبگاه دانشگاه قرار می‌گیرند.

مدیریت تولید محتوا و تجهیزات آموزشی

فهرست مطالب کتاب

یازده

پیشگفتار

فصل اول. اصول زهکشی

۱

هدف کلی

۱

هدف‌های رفتاری

۱

۱-۱ مقدمه

۱

۱-۲ کلیات زهکشی

۲

۱-۳ تعریف زهکشی

۳

۱-۴ تاریخچه زهکشی

۴

۱-۵ اهداف زهکشی در کشاورزی

۶

۱-۶ فواید زهکشی

۷

۱-۷ معایب زهکشی

۸

۱-۸ نام‌گذاری سیستم‌های زهکشی

۸

خلاصه فصل اول

۹

سؤالات فصل اول

۹

فصل دوم. فیزیک آب و خاک

۱۱

هدف کلی

۱۱

هدف‌های رفتاری

۱۱

۱-۲ مقدمه

۱۱

۲-۲ رطوبت خاک

۱۲

۲-۳ چگالی ذرات جامد خاک (جرم مخصوص حقیقی خاک)

۱۳

۲-۴ چگالی ظاهری خاک خشک (جرم مخصوص ظاهری خاک خشک)

۱۴

۱۴	۵-۲ تخلخل
۱۵	۶-۲ نسبت پوکی
۱۵	۷-۲ درجه اشباع
۱۵	۸-۲ رطوبت جرمی و حجمی خاک
۱۸	۹-۲ نگهداری و حرکت آب در خاک
۱۹	۱۰-۲ نمایه های رطوبتی خاک
۲۲	۱۱-۲ پتانسیل آب خاک
۲۶	۱۲-۲ منافذ قابل زهکشی، تخلخل قابل زهکشی، آبدهی ویژه، تخلخل مؤثر
۳۱	۱۳-۲ سطح ایستابی
۳۱	۱۴-۲ فشار آب در خاک
۳۴	۱۵-۲ حرکت آب در خاک
۳۴	۱۶-۲ قانون دارسی
۳۵	خلاصه فصل دوم
۳۶	سؤالات فصل دوم
۳۹	فصل سوم. مطالعات زهکشی
۳۹	هدف کلی
۳۹	هدف های رفتاری
۴۰	۱-۳ حدود مطالعه و بررسی
۴۰	۲-۳ عوامل مورد نیاز مطالعه
۴۰	۳-۳ مروری بر اطلاعات موجود
۴۱	۴-۳ مطالعه و بررسی مقدماتی صحرایی
۴۲	۵-۳ مطالعات زیرزمینی
۴۲	۶-۳ شناسایی لایه غیرقابل نفوذ
۴۲	۷-۳ مطالعات زمین شناسی
۴۳	۸-۳ مطالعات منابع آب
۴۵	۹-۳ مطالعات آب زیرزمینی
۴۶	۱۰-۳ آب زیرزمینی جمع شده در زهکش ها
۴۷	۱۱-۳ توپوگرافی
۴۸	۱۲-۳ ویژگی های خاک
۴۹	۱۳-۳ بررسی قابلیت زهکشی خاک و اراضی
۵۲	خلاصه فصل سوم
۵۳	سؤالات فصل سوم
۵۵	فصل چهارم. هدایت هیدرولیکی خاک
۵۵	هدف کلی
۵۵	هدف های رفتاری

۵۵	۱-۴ روش‌های آزمایشگاهی
۵۷	۲-۴ اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی خاک به روش صحرایی در زیر سطح ایستابی
۷۲	۳-۴ اندازه‌گیری هدایت آبی به روش صحرایی در بالای سطح ایستابی
۷۵	۴-۴ هدایت هیدرولیکی در خاک‌های مطبق
۷۷	۵-۴ خطوط هم‌پتانسیل
۷۷	۶-۴ خطوط جریان
۷۸	خلاصه فصل چهارم
۷۹	سؤالات فصل چهارم
۸۱	فصل پنجم. سیستم‌های زهکشی سطحی
۸۱	هدف کلی
۸۱	هدف‌های رفتاری
۸۲	۱-۵ تعاریف کلی و اهمیت موضوع
۸۳	۲-۵ موارد نیاز به احداث سیستم زهکشی سطحی
۸۳	۳-۵ شکل دادن به اراضی برای زهکشی سطحی
۸۶	۴-۵ سیستم‌های زهکشی سطحی برای اراضی مسطح
۹۳	۵-۵ سیستم‌های زهکشی سطحی برای اراضی شیب‌دار
۹۷	۶-۵ تخلیه و انحراف آب
۱۰۰	۷-۵ مبانی طراحی زهکش روباز
۱۰۴	۸-۵ ظرفیت‌های طراحی کانال‌های زهکش سطحی
۱۰۴	۹-۵ کانال‌های طبیعی
۱۰۴	۱۰-۵ اجرای مرحله‌ای حفر زهکش روباز
۱۰۵	۱۱-۵ ضوابط و مبانی طراحی زهکش‌های روباز در مزارع
۱۰۶	۱۲-۵ زهکش‌های روباز
۱۰۷	خلاصه فصل پنجم
۱۰۸	سؤالات فصل پنجم
۱۱۱	فصل ششم. سیستم‌های زهکشی زیرزمینی
۱۱۱	هدف کلی
۱۱۱	هدف‌های رفتاری
۱۱۲	۱-۶ تعاریف کلی و اهمیت موضوع
۱۱۵	۲-۶ انواع سیستم‌های زهکشی
۱۱۸	۳-۶ آرایش شبکه زهکشی زیرزمینی
۱۲۰	۴-۶ انواع آرایش زهکش‌های زیرزمینی
۱۲۶	۵-۶ لوله‌های زهکش
۱۲۸	۶-۶ فیلتر و مواد پوششی مورد نیاز زهکش‌های زیرزمینی
۱۳۳	۷-۶ طول زهکش‌ها

۱۳۳	۸-۶ عمق زهکش‌ها
۱۳۴	۹-۶ شیب زهکش‌ها و سرعت جریان
۱۳۴	۱۰-۶ اندازه لوله‌های زهکش
۱۳۶	۱۱-۶ ضریب افت انرژی در ورودی لوله زهکش
۱۳۷	۱۲-۶ ماشین‌های حفاری و نصب لوله‌های زهکش زیرزمینی
۱۳۹	۱۳-۶ تأسیسات جانبی سیستم‌های زهکشی زیرزمینی
۱۴۵	۱۴-۶ خروجی‌های سیستم زهکشی زیرزمینی
۱۴۶	۱۵-۶ لوله‌های زهکشی
۱۴۷	خلاصه فصل ششم
۱۵۰	سؤالات فصل ششم
۱۵۳	فصل هفتم. محاسبه فاصله زهکش‌ها
۱۵۳	هدف کلی
۱۵۳	هدف‌های رفتاری
۱۵۳	۱-۷ مقدمه
۱۵۴	۲-۷ معادلات زهکشی برای شرایط ماندگار
۱۶۰	۳-۷ فرمول‌های زهکشی برای شرایط غیرماندگار
۱۶۴	خلاصه فصل هفتم
۱۶۴	سؤالات فصل هفتم
۱۶۷	فصل هشتم. تعیین دبی طرح
۱۶۷	هدف کلی
۱۶۷	هدف‌های رفتاری
۱۶۷	۱-۸ ظرفیت طراحی زهکش‌های زیرزمینی
۱۶۹	۲-۸ ظرفیت طراحی کانال‌های زهکشی
۱۷۰	۳-۸ رابطه تخمینی بارندگی - دبی در اراضی شیب‌دار
۱۸۷	۴-۸ محاسبات دبی طراحی برای اراضی مسطح
۱۹۱	خلاصه فصل هشتم
۱۹۱	سؤالات فصل هشتم
۱۹۳	فصل نهم. مدیریت سیستم زهکشی
۱۹۳	هدف کلی
۱۹۳	هدف‌های رفتاری
۱۹۳	۱-۹ بهره‌برداری و نگهداری از شبکه‌های زهکشی
۱۹۴	۲-۹ شبکه‌های زهکشی لوله‌ای
۱۹۷	۳-۹ زهکش‌های روباز
۱۹۹	۴-۹ چاه‌های مشاهداتی زهکشی

۱۹۹	خلاصه فصل نهم
۲۰۰	سؤالات فصل نهم
۲۰۱	فصل دهم. روش‌های دیگر زهکشی
۲۰۱	هدف کلی
۲۰۱	هدف‌های رفتاری
۲۰۱	۱-۱۰ مجاری زهکشی فاقد پوشش
۲۰۳	۲-۱۰ روش‌های زهکشی سازگار با طبیعت و محیط زیست
۲۰۵	۳-۱۰ روش‌های زهکشی قائم
۲۰۶	۴-۱۰ زهکشی اراضی از طریق تخلیه چاه‌های آبخوان‌های آزاد
۲۰۶	۵-۱۰ زهکشی اراضی شیب‌دار و جریان آب بین دو آبراهه
۲۰۸	خلاصه فصل دهم
۲۰۹	سؤالات فصل دهم
۲۱۱	فرهنگ لغات و اصطلاحات مربوط به زهکشی
۲۱۷	منابع

پیشگفتار

یکی از اقدامات اساسی کشاورزی پایدار، زهکشی اراضی زراعی است. زهکشی وسیله‌ای برای رشد تولیدات و ابزارهای مناسب برای حفاظت از منابع خاک می‌باشد. در مقیاس جهانی، زهکشی در کشورهای در حال توسعه هنوز به اندازه کافی انجام نمی‌گیرد. از بیش از ۱۵۰۰ میلیون هکتار از اراضی تحت کشت (آبی یا دیم) جهان، تنها حدود ۱۴ درصد از اراضی مجهز به انواعی از شبکه‌های زهکشی هستند. کل مساحت نیازمند زهکشی مصنوعی را می‌توان به‌طور تقریبی ۳۰۰ میلیون هکتار برآورد کرد که بیشتر در مناطق مرطوب و گرم و خشک کشورهای در حال توسعه قرار دارند. پیش‌بینی تولید محصول برای تأمین نیازهای غذایی و علوفه در جهان در طی ۲۵ سال آینده نشان می‌دهد که زهکشی می‌بایست در حداقل ۱۵-۱۰ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی توسعه یابد. زهکشی از طریق کنترل سطح ایستابی و کنترل شوری خاک شرایط مطلوب رشد گیاه را فراهم می‌سازد که نتیجه آن افزایش محصول و جلوگیری از گسترش بی‌رویه شوره‌زارها خواهد بود. علاوه بر آن با دارا بودن سیستم زهکشی در مزارع کشاورزی از آلودگی آب‌های زیرزمینی کاسته خواهد شد. و همراه با بهبود شرایط فیزیکی خاک بر اثر زهکشی، قدرت حاصلخیزی خاک افزایش می‌یابد. در کشور عزیزمان ایران نیز ماندابی و زه‌دار شدن اراضی تحت پوشش شبکه‌های آبیاری و همچنین لزوم اصلاح اراضی شور، نیاز به اجرای طرح‌های زهکشی را حداقل در ۱۵ درصد از اراضی زراعی کشور اجتناب‌ناپذیر می‌نماید.

در این کتاب که برای استفاده دانشجویان عزیز در رشته‌های مهندسی کشاورزی

به خصوص عزیزان دانشگاه پیام نور تألیف گردیده، سعی شده است با استفاده از آخرین منابع و مراجع، مطالب به صورت ساده، روان و خودآموز قابلیت استفاده را داشته باشند و تمامی سرفصل‌های مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری به صورت کامل در این کتاب گنجانیده شده است.

در خاتمه از مسئولان محترم دانشگاه پیام نور که در چاپ این کتاب همکاری صمیمانه داشته‌اند کمال تشکر و قدردانی را به عمل می‌آوریم.

فصل اول

کلیات زهکشی

هدف کلی

هدف از این فصل آشنایی دانشجو با مفاهیم اولیه زهکشی می باشد تا ضمن آشنایی با این مفاهیم بتواند درک بهتری از فصول بعدی داشته باشد.

هدفهای رفتاری

- پس از مطالعه این فصل دانشجو قادر خواهد بود:
۱. زهکشی را تعریف کند.
 ۲. با تاریخچه مختصری از زهکشی آشنا شود.
 ۳. اهداف زهکشی را نام ببرد.
 ۴. فواید زهکشی را نام ببرد.
 ۵. معایب زهکشی را نام ببرد.
 ۶. انواع زهکشها را نام برده و تفاوت آنها را شرح دهد.

۱-۱ مقدمه

آب، این مایع حیات و تداوم پیشرفت و تمدن جوامع بشری از زمان پیدایش انسان تاکنون دارای اهمیت ویژه‌ای بوده و در آینده نیز مهم‌ترین نقش را در عرصه بین‌الملل ایفا خواهد کرد. در حال حاضر، بحران آب به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اهرم‌های

خودکفایی و استقلال اقتصادی و سیاسی تبدیل شده که تبعات آن در روابط بین‌الملل به‌خوبی قابل مشاهده است.

علیرغم آنکه خاک در ایران به‌عنوان عامل محدودکننده در تولیدات کشاورزی در نظر گرفته نمی‌شود، با این وجود، آبیاری اراضی فاقد زهکش و دارای بافت خاک سنگین (خاک‌های رسی) منجر به زه‌دار شدن و از بین رفتن قابلیت کشت و پتانسیل تولید محصول خواهد شد. لذا می‌بایست مطالعات زهکشی همراه با مطالعات جامع تأمین آب مورد توجه قرار گیرد و در راستای احداث شبکه‌های آبیاری و زهکشی، عملیات تجهیز و نوسازی اراضی نیز لحاظ شده و به اجرا گذاشته شود تا با توجه به سرمایه‌گذاری‌های انجام شده برای تأمین آب، استفاده بهینه از خاک نیز مورد توجه قرار گیرد. بنابراین می‌توان گفت مطالعه و اجرای برنامه‌های زهکشی یکی از ارکان اصلی هر پروژه آبیاری موفق محسوب می‌گردد. آبیاری را علم مدرن یا علم بقاء نیز نامیده‌اند. از اهداف این علم حفظ تعادل بین میزان رطوبت، هوا و املاح خاک در منطقه توسعه ریشه می‌باشد. در این راستا، زهکشی یکی از ابزارهای اساسی تأمین این تعادل است.

تاریخ نشان می‌دهد جایی که بشر در زمینه فنون آبیاری به موفقیت‌هایی دست یافته است، روند توسعه قلمرو، رشد جمعیت و بهبود شرایط زندگی تسریع شده و در زمینه فرهنگی نیز گام‌های بزرگی برداشته است در این میان هر جا زهکشی نادیده گرفته شده است، این پیشرفت و توسعه با شکست مواجه شده است بنابراین یکی از مهم‌ترین دلایل شکست پروژه‌های آبیاری در سراسر دنیا، فقدان سیستم‌های زهکشی مناسب است. موفقیت دائمی یک طرح آبیاری، مستلزم خروج آب و املاح اضافی از خاک می‌باشد. چنانچه آبیاری را علم بقاء انسان به حساب آوریم، می‌توان نتیجه گرفت زهکشی تأمین کننده بقاء آبیاری است. اهمیت اساسی در ایجاد شبکه‌های زهکشی دریافت سود حاصل از آن در طرح‌های آبیاری است.

۲-۱ کلیات زهکشی

گیاهان برای ادامه حیات خود به رطوبت و اکسیژن نیاز دارند. زمانی که سطح آب شور بالا آمده و بیشتر از ۴۸ ساعت در منطقه توسعه ریشه‌ها باقی بماند صدمات جبران‌ناپذیری به محصولات کشاورزی وارد خواهد نمود.

۳ کلیات زهکشی

وجود اکسیژن کافی در خلل و فرج خاک در ناحیه توسعه ریشه‌ها، به اندازه وجود آب در مرحله جوانه زدن و رشد گیاه ضروری است. اکسیژن موجود در خاک از طریق خاصیت انتشار و پخشیدگی در خلل و فرج خاک پراکنده شده و میزان این پراکندگی به طور قابل ملاحظه‌ای به رطوبت موجود در خاک بستگی دارد. به طور معمول در خاک‌هایی که رطوبت اولیه کمی دارند، خلل و فرج بیشتری حاوی اکسیژن بوده و به تدریج با افزایش رطوبت خاک، آب جانشین هوای داخل منافذ گردیده و موجب رانده شدن هوا به سطح خاک و ورود مجدد به اتمسفر می‌گردد. زهکشی مناسب موجب برقراری تعادل بین رطوبت و اکسیژن خاک می‌شود.

۱-۳ تعریف زهکشی

زهکشی عبارت است از خارج نمودن آب و املاح اضافی از خاک به طوری که رشد عادی گیاه میسر گردد. زهکشی کافی و مناسب را می‌توان همچنین به صورت میزان زهکشی مورد نیاز به منظور تأمین کشت و زرع پایدار و موفق، تعریف نمود. با این وجود، این تعریف لزوماً بیان کننده زهکشی کامل نبوده و این شرایط عموماً محقق نمی‌گردد. زیرا هزینه جلوگیری از صدمه ناگهانی به محصول ممکن است به تنهایی با میزان خسارت وارده قابل مقایسه نباشد، زیرا توجیه اقتصادی نیز می‌بایست تحت این شرایط قابل قبول گردد.

زهکشی می‌تواند به صورت طبیعی یا مصنوعی اجرا گردد. اغلب اراضی دارای زهکشی طبیعی سطحی یا زیرزمینی می‌باشند. زمانی که زهکشی طبیعی قادر نباشد زه آب‌های ناشی از نزولات جوی یا آبیاری را تخلیه نماید، زهکشی مصنوعی اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. در چنین شرایطی، زهکشی مصنوعی یعنی احداث سیستم‌های زهکشی، کمبود زهکشی طبیعی را جبران خواهد کرد. به عنوان مثال می‌توان آبراهه‌های طبیعی را عمیق‌تر نمود و یا در محل‌هایی که آبراهه‌های مناسبی وجود ندارد، مجاری جدیدی برای خروج زه آب‌های مزرعه ایجاد کرد.

در مناطق مرطوب که مشکل حرکت املاح به منطقه توسعه ریشه‌ها مطرح نمی‌باشد، احداث زهکش‌های کم عمق با فواصل نزدیک به هم برای پایین آوردن سطح آب زیرزمینی در فصل بهار کافی بوده و موجب می‌گردد بستر بذریع به منظور انجام به

موقع کشت بهاره زودتر آماده گردد.

در مناطق خشک فاریاب تحت آبیاری، سطح آب زیرزمینی در اثر ذوب شدن برف، ریزش باران‌های بهاری و نیز آبیاری به طرف سطح زمین صعود می‌نماید. پدیده بالا آمدن سطح آب زیرزمینی حاوی املاح محلول تا منطقه توسعه ریشه‌ها، موجب آسیب به جوانه زدن بذرها و همچنین رشد گیاه خواهد شد. در مناطق خشک می‌بایست زهکش‌ها به اندازه کافی عمیق بوده و فاصله آن‌ها به هم نزدیک باشد تا بتواند بار هیدرولیکی^۱ لازم را در فاصله میانی دو زهکش برای حرکت آب به سمت زهکش‌ها ایجاد نموده و موجب خروج آب مازاد منطقه توسعه ریشه‌ها به داخل زهکش‌ها گردد و محیط مناسبی را از نظر تهویه و رطوبت در فصل رشد گیاه به وجود آورد.

۴-۱ تاریخچه زهکشی

احتمالاً زهکشی نیز قدمتی همانند کشاورزی دارد. در کتابی که حدود ۱۰۰۰ سال قبل از میلاد در چین نوشته شده، نقشه‌هایی از سیستم‌های زهکشی مشاهده شده است. فنون زهکشی زیرزمینی در حدود ۴۰۰ سال قبل از میلاد توسط بابلیان شناخته شده بوده و چنین به نظر می‌رسد که آن‌ها از لوله‌های سفالی به منظور زهکشی مزارع خود استفاده می‌کرده‌اند. هرودوت^۲ مورخ یونانی در ۴۰۰ سال قبل از میلاد نیز اشاراتی به کاربرد زهکشی در دره نیل دارد. به نظر می‌رسد یونانیان همزمان با مصریان از زهکش‌های مزرعه‌ای برای احیاء اراضی استفاده کرده باشند. در میسن^۳ (واقع در یونان) اسنادی مربوط به طرح‌هایی از شبکه زهکشی سطحی و زیرزمینی به منظور زهکشی اراضی پست پیدا شده است. در قرن دوم قبل از میلاد، کاتو^۴ اولین دستورالعمل‌های مکتوب در زمینه زهکشی اراضی را تدوین نمود. پلینی^۵ در قرن اول قبل از میلاد نوشته است که: زهکش‌های زیرزمینی را می‌توان از طریق پر کردن نیمی از یک ترانشه با قلوه‌سنگ یا شن یا ترکه‌های به هم بافته شده درختان و پوشاندن آن‌ها با خاک حاصل

1. Head
2. Herodotus
3. Mycenae
4. Cato
5. Pliny

کلیات زهکشی ۵

از حفاری، احداث کرد. تقریباً همزمان با پلینی، کلیوملا^۱ پیشنهاد نمود که زهکش‌های زیرزمینی در عمق یک متری تعبیه گردد.

مهارت‌های علمی و مهندسی که توسط مصریان، یونانیان و رومیان برای احداث سیستم‌های زهکشی زیرزمینی اشاعه یافته بود عمدتاً به سرعت از بین رفت. سرانجام پیشرفت‌های علمی و اختراع یا تکمیل ابزارهای مکانیکی در قرون هفدهم و هیجدهم، موجب تحول و بهبود روش‌های طراحی و احداث زهکش‌های سطحی گردید. زهکش‌های زیرزمینی به صورتی که امروزه متداول است، اولین بار در سال ۱۸۱۰ در کامبرلند شمالی^۲ در انگلستان به کار گرفته شد و متعاقب آن در قاره اروپا اشاعه یافت. زهکش‌های اولیه با استفاده از مواد و مصالح محلی از قبیل چوب، ترکه‌های دسته‌شده، شن، سنگ یا مصالح مشابه ساخته می‌شد.

در سال ۱۸۴۵ تولید تنبوشه‌های سفالی در انگلستان آغاز گردید و چند سال بعد دستگاه‌های ساخت تنبوشه‌های سفالی در آلمان و سایر کشورهای اروپایی شروع به کار کردند. شبکه‌های بزرگ زهکشی با استفاده از لوله‌های سفالی (تنبوشه) به‌ویژه در اراضی ساحلی شمال اروپا و اروپای شرقی احداث گردید. همه این زهکش‌ها با نیروی کارگر و به روش دستی حفر و کارگذاری شد. اولین دستورالعمل‌های فنی که در این زمان برای احداث شبکه زهکشی در منطقه سلسیا^۳ تدوین شده هنوز موجود می‌باشد. در حدود سال ۱۹۰۰ در ایالت متحده استفاده از تنبوشه‌های بتنی متداول شد. لوله‌های پلاستیکی با دیواره ضخیم برای زهکشی زمین‌های زراعی، برای اولین بار در دهه ۱۹۴۰ مورد استفاده قرار گرفت، اما هزینه آن‌ها قابل رقابت با تنبوشه‌های سفالی و بتنی نبود. در اوایل دهه ۱۹۶۰ لوله‌های پی‌وی‌سی با دیواره صاف و نازک و لوله‌های پلاستیکی خرطومی ابداع شد که نسبتاً ارزان بود. کاربرد لوله‌های پلاستیکی خرطومی برای زهکشی به سرعت جایگزین تنبوشه‌های سفالی و بتنی گردید.

پیشرفت‌های حاصله در ساخت لوله‌های قابل انعطاف که باعث می‌شود بخش عمده بارهای وارد شده به زمین به مصالح پوششی (که پیرامون لوله را در برمی‌گیرد) منتقل شود، افزایش طول زهکش‌ها، استفاده از ماشین‌های زهکشی (ترنچر) و

1. Columella
2. North Cumberland
3. Selisia

(ترنچلس) که با سرعت زیاد کار می‌کند و کاربرد دستگاه‌های لیزری برای کنترل شیب، فنون و روش‌های زهکشی را در دو دهه گذشته به‌طور چشم‌گیری دگرگون ساخته است.

۱-۵ اهداف زهکشی در کشاورزی

به‌طور کلی هدف از زهکشی به‌عنوان بخشی از مدیریت آب کشاورزی، افزایش رشد محصولات و حفظ حاصل‌خیزی خاک می‌باشد. اهداف اصلی زهکشی در کشاورزی عبارتند از:

- حفظ سطح آب زیرزمینی در تراز مناسب
 - کنترل و جلوگیری از ماندابی شدن
 - کنترل و جلوگیری از شور شدن اراضی
- شبکه‌های زهکشی، شامل مجموعه‌ای از سیستم‌های مصنوعی است که فقط در شرایطی که زهکشی طبیعی برای یک شکل مطلوبی از کشاورزی کافی نیست، اجرا می‌شوند. مناطقی که از نظر زهکشی طبیعی دارای محدودیت بوده و نیازمند زهکشی مصنوعی می‌باشند، معمولاً در دشت‌های ساحلی، دره‌های رودخانه‌ای و جلگه‌های مناطق مرطوب که میزان بارش از تبخیر بیشتر است، یا در مناطق خشک که استفاده از آب آبیاری به‌صورت بی‌رویه موجب آب‌ماندگی و شوری ثانویه می‌گردد، واقع شده‌اند. سیستم‌های زهکشی لوله‌ای به‌عنوان یک روش نسبتاً ارزان و ضروری، برای بهبود حاصل‌خیزی اراضی کشاورزی به‌خصوص در نواحی خشک و نیمه‌خشک مورد توجه می‌باشد.

شبکه‌های زهکشی زیرزمینی در راستای نیل به اهداف زیر مورد استفاده قرار می‌گیرند:

- احیای اراضی ماندابی که سطح آب زیرزمینی و شوری خاک در آن‌ها خیلی بالا است.
- کنترل تراز سطح آب زیرزمینی در عمق مناسب
- کنترل شوری خاک در حد مطلوب
- بهبود وضعیت حاصل‌خیزی در اراضی شور و ماندابی در حد پتانسیل آن‌ها

تحت شرایط خاص، اهداف زیر نیز مورد توجه می‌باشد:

- تسهیل تردد ماشین‌آلات کشاورزی در شرایط غیرماندابی
- افزایش میزان تولید محصول
- امکان ایجاد تنوع کشت محصولات زراعی
- امکان تولید محصولات با ارزش‌تر

۱-۶ فواید زهکشی

خاک از سه فاز جامد، مایع و گاز تشکیل شده است که عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، آب و اکسیژن را تأمین می‌نماید. در خاک‌های اشباع به دلیل فقدان اکسیژن (وجود دو فاز جامد و مایع در خاک) ریشه گیاه نمی‌تواند تنفس کند و رشد ریشه متوقف شده و جذب آب و مواد غذایی توسط ریشه صورت نمی‌گیرد. همچنین فقدان اکسیژن باعث جلوگیری از تشکیل ازت و گوگرد قابل استفاده توسط گیاه می‌گردد. علاوه بر این، ترکیبات آلی و غیرآلی سمی در خاک‌های اشباع یافت می‌شوند که با عمل زهکشی، خاک از حالت اشباع خارج شده و اکسیژن کافی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. به این ترتیب، اهمیت زهکشی در ایجاد شرایط دائمی تأمین اکسیژن برای ریشه گیاه می‌باشد. بنابراین می‌توان فواید زهکشی را موارد زیر دانست:

- ساختمان خاک بهتر شده و قدرت حاصل‌خیزی آن افزایش می‌یابد،
- عملیات کاشت و استفاده از ماشین‌آلات را می‌توان زودتر انجام داد،
- باعث کاهش بیماری‌های گیاهی می‌گردد،
- تهویه خاک بهتر شده و مبادله گاز کربنیک دفع شده از ریشه با اکسیژن هوا به نحو بهتر صورت می‌گیرد،
- زهکشی باعث توسعه و افزایش عمق فعالیت ریشه شده و در نتیجه ریشه می‌تواند آب و مواد غذایی بیشتری را از خاک جذب کند،
- باعث افزایش نفوذپذیری خاک و کاهش فرسایش می‌گردد،
- باکتری‌های خاک محیط مناسب‌تری برای رشد خود پیدا می‌کنند،
- خاک در شروع فصل کشت زودتر گرم شده و رژیم حرارتی مطلوب‌تری ایجاد می‌گردد،

۸ اصول مهندسی زهکشی

- املاح اضافی خاک از طریق زهکشی آبشویی می‌گردد که این اولین اقدام ضروری به‌منظور حاصل‌خیز نمودن خاک‌های شور و قلیایی است،
- با زهکشی می‌توان سطح زیر کشت را افزایش داد که باعث تولید بیشتر و انتخاب انواع بیشتر محصولات می‌گردد،
- زهکشی باعث کاهش یا از بین رفتن پشه مالاریا و سایر حشرات که در زمین تولیدمثل می‌نمایند می‌شود. بنابراین زهکشی می‌تواند به سلامت و بهداشت عمومی کمک نماید.

۷-۱ معایب زهکشی

- شستشو و خروج بعضی از املاح مفید خاک به همراه املاح مضر
- هزینه‌بر بودن کار مطالعه و اجرا
- از بین بردن اکوسیستم طبیعی منطقه ناشی از کاهش رطوبت و در نتیجه غیرقابل زیست شدن آن منطقه برای برخی از موجودات مانند پرندگان به‌علت کم شدن رطوبت
- از بین رفتن پوشش‌های گیاهی منطقه
- اشغال نمودن بخشی از زمین زراعی و تقسیم زمین به قطعات جداگانه

۸-۱ نام‌گذاری سیستم‌های زهکشی

نام‌گذاری انواع زهکش‌ها تا اندازه‌ای پیچیده بوده و در شرایط متفاوت از منشأ آب مازاد، زمان و مکان احداث زهکش‌ها و نیز کار و عملکرد آن‌ها ضرورت پیدا کرده است. زهکش‌ها ممکن است سطحی یا عمقی، باز و یا بسته بوده و نیز ممکن است همزمان با توسعه پروژه، و یا با فاصله زمانی از آن احداث شده باشند. زهکش‌ها ممکن است شامل انواع چاه‌ها (تغذیه‌ای، تخلیه‌ای، تلمبه‌ای) باشند و برحسب نوع عملی که انجام می‌دهند، در تقسیم‌بندی‌های مختلفی قرار گیرند.

۱-۸-۱ زهکشی سطحی^۱

زهکشی سطحی عبارت است از تخلیه آب مازاد از سطح زمین که منشأ این آب

می‌تواند نزولات آسمانی، آبیاری، نشت از کانال‌های انتقال و تأسیسات ذخیره آب و یا آب تراوش شده از زمین بر اثر اختلاف ارتفاع باشد. کنترل آب‌های سطحی معمولاً با احداث کانال‌هایی که خروج این آب را تسهیل می‌نماید صورت می‌پذیرد.

۱-۸-۲ زهکشی عمقی^۱

زهکشی عمقی شامل تخلیه یا کنترل زه آب تحت الارض و یا خارج نمودن یا کنترل املاح مازاد در منطقه توسعه ریشه‌ها می‌باشد. منشأ آب ممکن است از نزولات آسمانی، آبیاری، نشت از کانال‌ها، زهکش‌ها و یا آب سطح الارضی که از سطح بالاتری نفوذ می‌نماید و یا از سفره‌های آبدار آرتزین باشد. به‌طور کلی هر گونه زهکش یا چاه که به‌منظور کنترل یا پایین آوردن سطح آب زیرزمینی طراحی می‌گردد زهکش عمقی یا زیرزمینی نامیده می‌شود.

خلاصہ فصل اول

زهکشی عبارت است از خارج نمودن آب و املاح اضافی از خاک تا حدی که رشد مطلوب گیاه میسر گردد. زهکشی می تواند به صورت طبیعی یا مصنوعی باشد. هدف از زهکشی افزایش رشد محصولات، حفظ حاصل خیزی خاک، دفع آب مازاد زیرزمینی و سطحی، دفع نمک های محلول به همراه آب اضافی از پروفیل خاک، کنترل سطح ایستابی در تراز مناسب و غیره می باشد. از فواید زهکشی این است که ساختمان خاک بهبود یافته، عملیات کاشت زودتر انجام می گیرد، باعث کاهش بیماری های گیاهی می گردد و در کنار آن معایبی همچون شستن و خروج بعضی از املاح مفید خاک به همراه املاح مضر، هزینه بر بودن کار مطالعه و اجرا، از بین بردن اکوسیستم طبیعی و ... وجود دارد. زهکشی را می توان به دو صورت زهکشی سطحی و عمقی نام گذاری کرد.

سوالات فصل اول

۱. در زمین‌های زهدار بیماری‌های گیاهی چه تغییری می‌کنند؟
الف) افزایش ب) راکد

- ج) کمتر از خاک‌های زهکش شده (د) همه موارد فوق
۲. نسبت جرمی رطوبت در یک خاک ۰/۲۵ و جرم مخصوص ظاهری خاک ۱/۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. ارتفاع رطوبت در هر متر خاک چند میلی‌متر است
- الف) ۲۵ (ب) ۳۵
- ج) ۲۵۰ (د) ۳۵۰
۳. زهکشی چیست و اهداف انجام دادن زهکشی چه مواردی باشد؟
۴. انواع زهکش‌ها چیست و تفاوت آن‌ها چیست؟
۵. فواید و مزایا اجرای سیستم زهکشی چیست؟