به نام خداوند جان و خرد

انتشارات
۹۵۸

طرّاحی و مدیریت مصرف آب در سامانه‌های تحت‌فشار موضعی

دکتر محمداسماعیل کمالی
عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران
دکتر حسین انصاری
استاد دانشگاه فردوسی مشهد

سرشناسه: کمالی، محمداسماعیل، ۱۳۶۱ -
عنوان و نام پدیدآور: طراحی و مدیریت مصرف آب در سامانه‌های تحت فشار موضعی/ محمداسماعیل کمالی، حسین انصاری؛ ویراستار علمی سیدمحمدرضا ناقدی‌فر؛ ویراستار ادبی هانیه اسدپورفعال‌مشهد.
مشخصات نشر: مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات، ۱۴۰۴.
مشخصات ظاهری: ۳۱۲ ص.
فروست: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد؛ ۹۵۸.
شابک: ISBN: 978-964-386-660-0
وضعیت فهرست‌نویسی: فیپا.
یادداشت: کتابنامه. نمایه.
موضوع: آبیاری -- مدیریت
Irrigation -- Management
رآکتورهای آب تحت فشار
Pressurized water reactors
کشاورزی -- تامین آب – مدیریت
Water-supply, Agricultural -- Management
طرح‌های آبیاری
Irrigation projects
شناسه افزوده: انصاری، حسین، ۱۳۵۰-
شناسه افزوده: ناقدی‌فر، سیدمحمدرضا، -۱۳۶۹، ویراستار
شناسه افزوده: دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات.
رده‌بندی کنگره: TC۸۱۲
رده‌بندی دیویی: ۶۳۱/۵۸۷
شمارهٔ کتابشناسی ملّی: ۱۰۳۵۹۴۴۷

طرّاحی و مدیریت مصرف آب در سامانه‌های تحت‌فشار موضعی

پدیدآورندگان: دکتر محمداسماعیل کمالی؛ دکتر حسین انصاری
ویراستار علمی: دکتر سیدمحمدرضا ناقدی‌فر
ویراستار ادبی: هانیه اسدپور فعال مشهد
مشخصات: وزیری، ۲۰۰ نسخه، چاپ اوّل، زمستان ۱۴۰۴
چاپ و صحافی: همیار
بها : ۵/۰۰۰/۰۰۰ ریال
حق چاپ برای انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد محفوظ است.

انتشارات
۹۵۸

مراکز پخش:

فروشگاه و نمایشگاه کتاب پردیس: مشهد، میدان آزادی، دانشگاه فردوسی مشهد، جنب سلف یاس
تلفن: ۳۸۸۰۲۶۶۶- ۳۸۸۳۳۷۲۷ (۰۵۱)

مؤسّسهٔ کتابیران: تهران، میدان انقلاب، خیابان کارگر جنوبی، بین روانمهر و وحید نظری، بن‌بست گشتاسب، پلاک ۸ تلفن: ۶۶۴۸۴۷۱۵ (۰۲۱)

مؤسّسهٔ دانشیران: تهران، خیابان انقلاب، خیابان منیری جاوید (اردیبهشت) نبش خیابان نظری، شمارهٔ ۱۴۲
تلفکس: ۶۶۴۰۰۲۲۰ – ۶۶۴۰۰۱۴۴ (۰۲۱)

http://press.um.ac.ir Email: press@um.ac.ir

فهرست مطالب

پیشگفتار ۱
مقدّمهٔ مؤلّفان ۲

فصل ۱. ضرورت استفاده از سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار موضعی ۳
۱-۱- مقدّمه ۳
۱-۲- تاریخچه و وضعیت موجود ۵
۱-۲-۱- تاریخچهٔ سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در جهان ۶
۱-۲-۲- وضعیت اراضی فاریاب و تحت آبیاری قطره‌ای ۹
۱-۲-۳- محصولات اصلی برای آبیاری قطره‌ای ۱۱
۱-۲-۴- روند تغییرات در سیستم آبیاری قطره‌ای ۱۲
۱-۲-۵- مسائل اقتصادی ۱۲
۱-۲-۶- توسعهٔ سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در کشورهای درحال‌توسعه ۱۳
۱-۳- اصول کلی ۱۴
۱-۳-۱- مزایای سیستم‌های آبیاری قطره‌ای ۱۴
۱-۳-۲- معایب ۱۶
۱-۳-۳- ملاحظات موردنیاز در سیستم ۱۸
۱-۴- اجزای سیستم ۱۹
۱-۴-۱- قطره‌چکان‌ها ۲۰
۱-۴-۲- شبکهٔ توزیع آب ۲۱
۱-۴-۳- هوشمندسازی و کنترل خودکار ۲۱
۱-۴-۴- فیلتراسیون ۲۳
۱-۵- انواع سیستم‌ها ۲۴
۱-۵-۱- آبیاری قطره‌ای سطحی ۲۴
۱-۵-۲- آبیاری قطره‌ای زیرسطحی ۲۴

۱-۵-۳- سیستم آبیاری بابلر ۲۶
۱-۵-۴- آبیاری با آب‌پاش‌های کوچک ۲۶

فصل ۲. دینامیک حرکت آب در خاک ۲۹
۲-۱- مقدّمه ۲۹
۲-۱-۱- رژیم رطوبتی خاک برای روش‌های آبیاری با تناوب بالا ۲۹
۲-۲- رطوبت خاک ۳۰
۲-۲-۱- میزان رطوبت خاک ۳۰
۲-۲-۲- پتانسیل آبِ خاک ۳۱
۲-۲-۳- منحنی مشخصهٔ رطوبت خاک ۳۳
۲-۲-۴- اندازه‌گیری رطوبت خاک ۳۵
۲-۳- حرکت آب در خاک ۴۳
۲-۳-۱- قانون دارسی ۴۳
۲-۳-۲- معادلهٔ ریچاردز ۴۵
۲-۳-۳- اندازه‌گیری متغیرهای هیدرولیکی خاک ۴۶
۲-۳-۴- استفاده از توابع انتقالی ۴۸
۲-۴- مدل‌سازی برای طراحی و مدیریت مؤثر ۵۰
۲-۴-۱- مدل نیمکره‌ایِ ساده‌شده ۵۰
۲-۴-۲- حل شبه‌خطّی معادلهٔ ریچاردز ۵۱
۲-۴-۳- جذب آب توسط ریشه ۵۸
۲-۴-۴- تأثیر تغییرپذیری مکانی خاک در توزیع آب ۶۴
فهرست متغیرها و علائم ۶۶

فصل ۳. برنامه‌ریزی و مدیریت آبیاری ۶۹
۳-۱- مقدّمه ۶۹
۳-۱-۱- ظرفیت سیستم ۷۰
۳-۱-۲- اثرات یکنواختی سیستم بر برنامه‌ریزی ۷۰
۳-۱-۳- اثرات نگهداری سیستم بر برنامه‌ریزی ۷۳

۳-۱-۴- محدودیت‌های برنامه‌ریزی ۷۳
۳-۲- شیوه‌های برنامه‌ریزی آبیاری ۷۴
۳-۲-۱- بیلان آب (براساس تبخیر- تعرّق) ۷۵
۳-۲-۲- کنترل آب خاک ۱۱۱
۳-۲-۳- نشانه‌های کمبود آب گیاه ۱۱۸
خلاصه ۱۲۹
لیست عناوین و علامات ۱۲۹

فصل ۴. شوری ۱۳۵
۴-۱- مقدّمه ۱۳۵
۴-۲- کمّی کردن شوری و سدیمی ۱۳۶
۴-۲-۱- شوری ۱۳۶
۴-۲-۲- سدیمی شدن ۱۳۷
۴-۳- مقاومت گیاه ۱۳۸
۴-۳-۱- مقاومت گیاهان در مقابل شوری ۱۴۰
۴-۳-۲- عوامل اصلاح‌کنندهٔ تحمل شوری ۱۴۳
۴-۳-۳- تحمل به املاح خاص ۱۴۳
۴-۴- آب‌شویی ۱۴۵
۴-۴-۱- نیاز آب‌شویی ۱۴۵
۴-۴-۲- تأثیر بارندگی ۱۴۸
۴-۵- تأثیرات سیستم آبیاری و محل خروج آب بر روی شوری خاک ۱۵۰
۴-۵-۱- تأثیر روش آبیاری ۱۵۲
۴-۵-۲- استفادهٔ مجدّد و مشترک از آب‌ها ۱۵۵
۴-۵-۳- پیامدهای زیست‌محیطی ۱۵۸
۴-۶- روش‌های مدیریت شوری ۱۵۸
۴-۶-۱- توزیع شوری در خاک ۱۵۸
۴-۶-۲- ملاحظات گیاهی ۱۶۴
۴-۶-۳- نفوذ ۱۶۵

۴-۶-۴- احیای خاک‌های متأثر از شوری ۱۶۶
۴-۷- خلاصه و نتیجه‌گیری ۱۷۰

فصل ۵. اصول طرّاحی سیستم ۱۷۱
۵-۱- مروری بر فرایند طراحی ۱۷۱
۵-۱-۱- ارزیابی اوّلیه ۱۷۱
۵-۱-۲- جانمایی و اجزای آبیاری قطره‌ای ۱۷۳
۵-۱-۳- فرایند طراحی ۱۷۳
۵-۲- منابع آب ۱۷۹
۵-۲-۱- کمّیت و کیفیت آب ۱۸۰
۵-۲-۲- آب زیرزمینی ۱۸۱
۵-۲-۳- آب‌های سطحی ۱۸۱
۵-۳- هیدرولیک سیستم ۱۸۲
۵-۳-۱- اصول هیدرولیکی ۱۸۲
۵-۳-۲- هیدرولیک قطره‌چکان‌ها ۲۰۰
۵-۳-۳- لوله‌های فرعی در آبیاری قطره‌ای ۲۰۴
۵-۳-۴- مانیفلد ۲۱۴
۵-۳-۵- طراحی سیستم لوله‌های اصلی ۲۱۸
۵-۴- فیلتراسیون ۲۲۲
۵-۵- خلاصه‌ای از فرایند طراحی ۲۲۳

فصل ۶. تجزیه‌وتحلیل اقتصادی ۲۲۵
۶-۱- مقدّمه ۲۲۵
۶-۱-۱- دیدگاه سطح مزرعه ۲۲۵
۶-۱-۲- دیدگاه عمومی ۲۲۷
۶-۲- هزینه‌های آبیاری قطره‌ای در سطح مزرعه ۲۲۸
۶-۲-۱- هزینه‌های ثابت و متغیر ۲۲۸
۶-۲-۲- آبیاری محصولات زراعی با سیستم‌های آبیاری قطره‌ای زیرسطحی ۲۲۹

۶-۳- مزایای آبیاری قطره‌ای در سطح مزرعه ۲۳۰
۶-۳-۱- تأثیر بر عملکرد محصول ۲۳۱
۶-۳-۲- محافظت در برابر یخ‌زدگی و سرمازدگی با استفاده از آب‌پاش‌های کوچک ۲۳۲
۶-۳-۳- کودآبیاری ۲۳۵
۶-۳-۴- کاربرد مواد شیمیایی غیرکودی ۲۳۸
۶-۳-۵- آبیاری با آب شور و پساب ۲۳۹
۶-۴- مشاهدات مزرعه‌ای ۲۴۰
۶-۵- منافع عمومی و پیامدهای اجتماعی ۲۴۲
۶-۶- بهینه‌سازی اقتصادی عمق آب آبیاری ۲۴۴
۶-۶-۱- عمق‌های بهینهٔ آب آبیاری ۲۴۷
۶-۶-۲- ارزیابی اقتصادی عمق‌های بهینه آبیاری ۲۴۹
۶-۶-۳- تحلیل اقتصادی وقتی عمق آب کاربردی برابر با فقط عمق آب آبیاری باشد (W=I) ۲۵۱
۶-۶-۴- تحلیل اقتصادی وقتی عمق آب کاربردی برابر با مجموع عمق آب آبیاری و بارش باشد (W=I+R). ۲۵۳
۶-۶-۵- تعیین عمق آب کاربردی صحیح در بهینه‌سازی عمق آب آبیاری ۲۵۵
۶-۷- خلاصه ۲۶۰

فصل ۷. هوشمندسازی و کنترل خودکار سیستم ۲۶۳
۷-۱- مقدّمه ۲۶۳
۷-۲- نظریهٔ کنترل ۲۶۴
۷-۲-۱- روش‌های کنترل ۲۶۶
۷-۲-۲- سیستم‌های خطّی ۲۶۷
۷-۳- سیستم‌های کنترل خودکار ۲۶۸
۷-۳-۱- روش‌های مبتنی‌بر رطوبت خاک ۲۷۰
۷-۳-۲- روش‌های مبتنی‌بر وضعیت آب در گیاه ۲۷۸
۷-۴- ابزار دقیق و سخت‌افزار ۲۸۸
۷-۴-۱- کنترل‌کننده‌ها ۲۸۹
۷-۴-۲- شیرهای آب ۲۸۹
۷-۴-۳- دبی‌سنج‌ها ۲۸۹

۷-۴-۴- حسگرهای محیطی ۲۸۹
۷-۴-۵- فیلترها ۲۹۰
۷-۴-۶- تزریق‌کننده‌های شیمیایی ۲۹۰
۷-۵- خلاصه ۲۹۰

منابع ۲۹۳
نمایه ۳۰۳

تقدیم به پدر و مادرمان

که در تلاش برای آسودگی‌مان

دمی نیاسودند و دمی نفرسودند.

پیشگفتار

بخش بزرگی از مساحت ایران در اقلیم خشک و نیمه‌خشک قرار گرفته که میزان بارش سالانهٔ آن‌ها کمتر از نیاز آبی آن مناطق است. ازطرف‌دیگر، بخش کشاورزی بزرگ‌ترین بخش مصرف‌کنندهٔ آب در ایران است. افزایش جمعیت، تغییرات اقلیمی و محدودیت منابع آب، ضرورت بهره‌گیری از سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار موضعی در بخش کشاورزی را بیش‌ازپیش آشکار ساخته است. طراحی بهینه، مدیریت کارآمد و حرکت به‌سوی هوشمندسازی این سامانه‌ها می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای در پایداری تولیدات کشاورزی و حفاظت از منابع آب و خاک ایفا کند. کتاب حاضر حاصل سال‌ها تجربه پژوهشی و آموزشی نویسندگان در حوزه مهندسی منابع آب و آبیاری است و تلاش دارد مباحث علمی و کاربردی را در کنار یکدیگر ارائه دهد. مبانی طراحی هیدرولیکی، اصول برنامه‌ریزی و مدیریت تخصیص آب، دینامیک حرکت آب در خاک، تجزیه‌وتحلیل‌های اقتصادی و نیز جنبه‌های نوین هوشمندسازی و کنترل خودکار این سامانه‌ها در این اثر مورد توجه قرار گرفته است. امید است که این مجموعه، علاوه بر پاسخ‌گویی به نیازهای پژوهشگران و دانشجویان، راهنمایی عملی برای کارشناسان و بهره‌برداران نیز فراهم آورد. امید است این کوشش مورداستفادهٔ خوانندگان گرامی قرار گیرد.

مقدّمهٔ مؤلّفان

خداوند بزرگ را سپاسگزاریم که فرصتی برای نگارش این کتاب فراهم شد. هدف از تدوین این کتاب، ارائهٔ مجموعه‌ای جامع و کاربردی در زمینهٔ طراحی، مدیریت و هوشمندسازی سامانه‌های تحت‌فشار موضعی است؛ سامانه‌هایی که در شرایط کم‌آبی و فشارهای روزافزون بر منابع طبیعی، می‌توانند نقش کلیدی در ارتقای بهره‌وری و پایداری ایفا کنند. ضوابط هیدرولیکی طراحی لوله‌های فرعی و اصلی، مدیریت آب و خاک، اصول برنامه‌ریزی آبیاری، نحوهٔ بهره‌برداری در شرایط شوری آب و خاک، تجزیه‌وتحلیل اقتصادی و نحوهٔ هوشمند سازی و کنترل خودکار این سامانه‌ها در این کتاب بررسی شده است. همچنین، حل گام‌به‌گام مسائل مختلف هیدرولیکی، دینامیک حرکت آب در خاک با استفاده از مدل‌های بروکس-کوری، ونگنوختن و ریچاردز و ارزیابی اقتصادی با استفاده از مدل انگلیش ارائه شده است. مطالب ذکرشده در این کتاب قابل‌استفاده برای کارشناسان و دانشجویان حوزهٔ آب، به‌خصوص در بخش کشاورزی و عمران است. موجب مسرّت خواهد بود که خوانندگان گرامی ضمن بهره‌مندی از مطالب کتاب، با ارائه پیشنهادها و انتقادهای خود، ما را در بهبود و تکمیل چاپ‌های آینده یاری دهند.

در اینجا لازم می‌دانیم که از زحمات بی‌وقفهٔ کارشناسان نشر دانشگاه فردوسی مشهد آقایان مصطفی قندهاری، حمیدرضا نداف سنگانی و غلامرضا قاسمی تشکر و قدردانی نماییم.

kamalipasha@yahoo.com
محمّداسماعیل کمالی - حسین انصاری

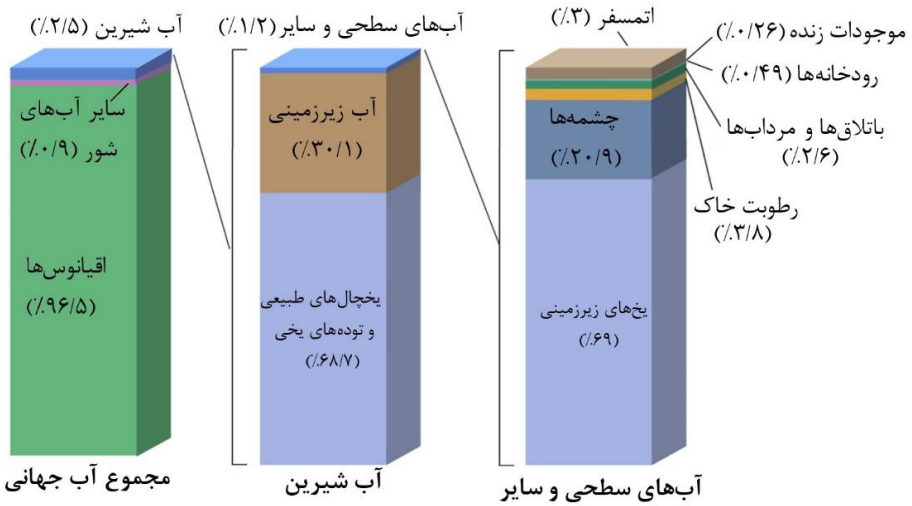
۱

ضرورت استفاده از سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار موضعی

۱-۱- مقدّمه

تقریباً ۲/۵٪ از منابع آب کرهٔ زمین، منابع آب شیرین است که تقریباً ۳۰٪ آن به‌صورت آب زیرزمینی است (شکل ۱-۱). میانگین بارش در ایران کمتر از یک‌سوم میانگین جهانی است و میزان آن در پنج دههٔ منتهی به سال ۱۴۰۰ به ترتیب ۲۶۳، ۲۴۸، ۲۷۰، ۲۴۲، ۲۴۸ میلی‌متر بوده است که نشان‌دهندهٔ نوسان نسبی در بارش کشور است. اما تبخیر- تعرّق پتانسیل در این پنج دهه به ترتیب ۱۰۴۰، ۱۰۴۶، ۱۰۸۰، ۱۱۸۳ و ۱۲۵۷ محاسبه شده که بیانگر افزایش نسبی آن است.

ایران یکی از کشورهایی است که با مشکل تنش آبی روبه‌روست و از دلایل اصلی تنش آبی در ایران نیز وضعیت نامناسب مدیریت منابع موجود آبی است. ازآنجایی‌که کشاورزی بزرگ‌ترین مصرف‌کنندهٔ آب در جهان و ایران است، برای افزایش بهره‌وری آب، باید کارایی شیوه‌های اعمال آبیاری در کشاورزی بهبود یابد. همان‌طور که در شکل ۱-۲ نشان داده شده است، بازدهٔ آبیاری در ایران در دهه‌های مختلف روندی افزایشی داشته است. بررسی ۲۰۰ مطالعه انجام‌شده در رابطه با بازدهٔ آبیاری در کشور شامل حدود ۱۹۰۰ نوبت آبیاری اندازه‌گیری‌شده در روش‌های مختلف آبیاری در سال‌های ۱۳۷۰ الی ۱۳۹۴ نشان می‌دهد که بازدهٔ کل آبیاری در کشور تا سال ۱۳۹۴ به ۴۳/۸ درصد رسیده بود که کمتر از کشورهای توسعه‌یافته (۶۰٪) و کشورهای درحال‌توسعه (۴۵٪) بود. اما مطالعات انجام‌شده از سال‌های ۱۳۹۵ الی ۱۴۰۰ نشان داد که بازدهٔ کل آبیاری در این دورهٔ زمانی افزایش یافته و به ۵۷/۲ درصد رسیده است.



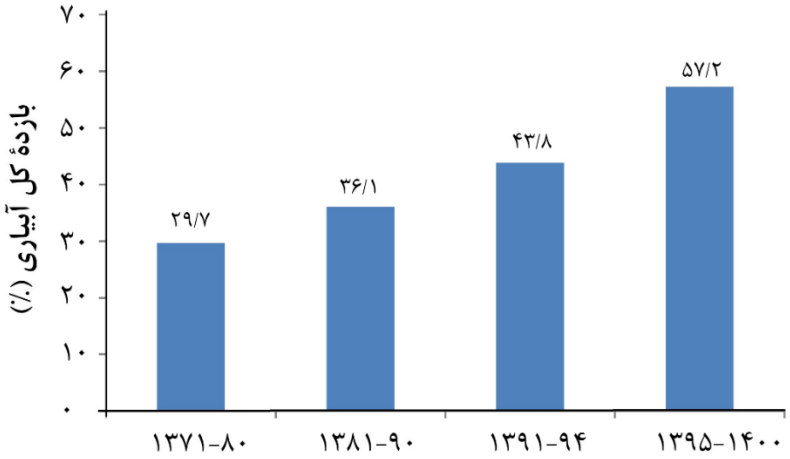
شکل ۱- ۱ میزان آب شیرین در کرهٔ زمین (گلیک[1]، ۱۹۹۳)

دلایل این افزایش نیز توسعهٔ زیرساخت‌ها، معرّفی فن‌آوری‌های جدید، کم‌آبیاری به دلیل کمبود منابع آب در دسترس و ارتقای آگاهی بهره‌برداران با اجرای برنامه‌های آموزشی بیان شده است (عباسی و همکاران، ۱۴۰۲).

یکی از روش‌های اصلی بهبود بازدهٔ آبیاری، استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار مانند سیستم‌های آبیاری موضعی[2] (یا خُردآبیاری[3]) است که در طراحی، اجرا و بهره‌برداری از آن‌ها، مبانی و اصول علمی به کار گرفته شده باشد. استفاده از واژهٔ موضعی تأکید بر مرطوب شدن تنها بخشی از خاک دارد. بنابراین، این موضعی بودن دربارهٔ موضوعاتی مانند تبخیر، تعرّق، نفوذ عمقی، رطوبت خاک، موادغذایی و توزیع شوری با توجه به موقعیت گیاه و توزیع ریشه نیز صدق می‌کند.

آبیاری موضعی (که در ایران عموماً با نام سیستم‌های آبیاری قطره‌ای[4] شناخته می‌شود و در ادامه با این نام بیان می‌گردد) به انجام آبیاری به‌وسیلهٔ قطره‌چکان‌ها[5]، بابلرها[6] و یا آب‌پاش‌های کوچک[7] در روی سطح خاک یا زیر سطح خاک اطلاق می‌شود. در این روش، آب به‌صورت قطره‌های پیوسته یا گسسته و یا به‌صورت افشانه‌های کوچک از خروجی‌های تعبیه‌شده در خطوط لولهٔ آب در مجاورت گیاه خارج می‌شود. به‌دلیل طراحی خاص قطره‌چکان‌ها، فشار کارکرد در خط انتقال آب کاهش می‌یابد و حجم کمی از آب از نقطهٔ خروجی خارج می‌شود. آب خارج‌شده از قطره‌چکان به‌وسیلهٔ نیروی ثقل و موئینگی، در خاک جریان پیدا می‌کند.

1. Gleick
2. Localized
3. Microirrigation
4. Drip irrigation
5. Emitter or Dripper
6. Bubbler
7. Micro sprinkler



شکل ۱- ۲ بازدهٔ کل آبیاری در ایران در زمان‌های مختلف (عباسی و همکاران، ۱۴۰۲)

در برخی شرایط استفاده از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای می‌تواند ازنظر فنی و اقتصادی مزایای منحصربه‌فردی در مقایسه با دیگر روش‌های آبیاری داشته باشد. ویژگی‌های برجستهٔ آبیاری قطره‌ای به‌صورت زیر است:

- پتانسیل بازدهٔ آبیاری بالاتر
- آبیاری با دبی کم و در مدت‌زمان کنترل‌شده متناسب با نیاز گیاه
- انجام آبیاری در فواصل زمانی متناوب
- انجام آبیاری در نزدیکی یا در محدودهٔ ریشهٔ گیاه
- انجام آبیاری با استفاده از یک سیستم کم‌فشار
- استفاده از کود و مواد شیمیایی به همراه آب آبیاری
- نیاز به نیروی کار کمتر
- امکان انجام آبیاری فضای سبز و گلخانه‌ها

۱-۲- تاریخچه و وضعیت موجود

یافته‌های تاریخی و باستانی نشان می‌دهند که آبیاری نقش مهمی در توسعهٔ تمدن‌های باستانی داشته است. قدیمی‌ترین تمدن‌های آبیاری در اراضی اطراف رودخانه‌های نیل، دجله، فرات، سند و زرد بوده است. آبیاری ثقلی در اطراف نیل از حدود ۶۰۰۰ سال قبل از میلاد شروع شده است و همچنان به‌عنوان روش غالب آبیاری ادامه دارد. روش آبیاری تا قرن بیستم تغییری نکرد تا اینکه در این قرن، استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار با به‌کارگیری لوله‌های پلی‌وینیل کلراید[1] و پلی اتیلن نرم و سخت، توسعه یافتند.

1. PVC

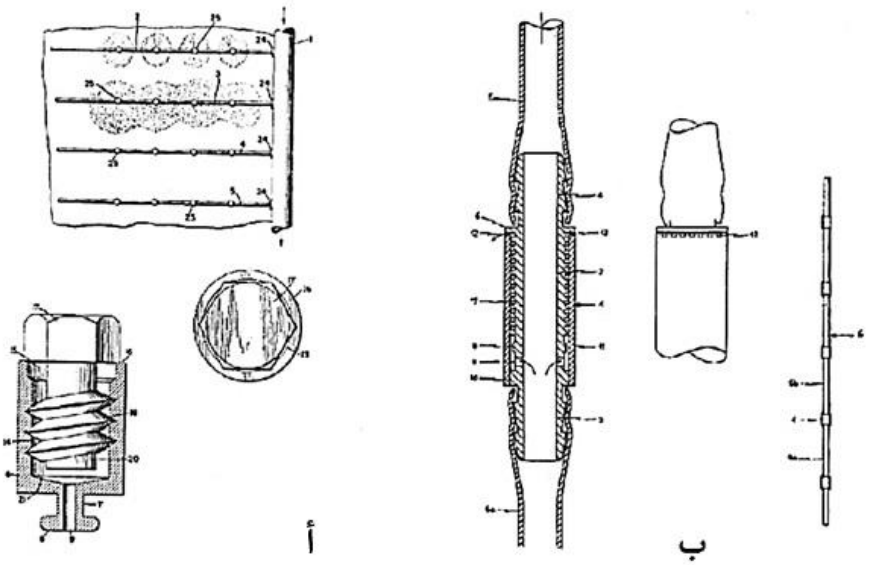
۱-۲-۱- تاریخچهٔ سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در جهان

استفادهٔ گسترده از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، باوجودِ سادگی مفاهیم، مربوط به چند دههٔ اخیر است؛ زیرا مواد مناسب و باصرفه برای تهیه و ساخت تجهیزات این سیستم در دسترس نبوده است. ابتدا در سال ۱۸۶۰، محققان تجربهٔ خود را با آزمایش یک سیستم توأمان آبیاری و زهکشی با استفاده از لوله‌های سفالی آغاز کردند. در این سیستم آبیاری زیرزمینی، آب آبیاری به داخل لوله‌های زهکشی در زیرزمین پمپ می‌شد. یکی از اوّلین اختراعات در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای که در ایالات‌متّحده ثبت شده، متعلق به نهمیا کلارک[1] در سال ۱۸۷۴ بوده است. در سیستم پیشنهادی او، آب از محل اتصال خطوط لوله تخلیه می‌شد. انتهای لولهٔ اوّلی از ابتدای لولهٔ بعدی اندکی کوچک‌تر بوده و این امر اجازهٔ تخلیهٔ آب را تا زمانی که این قسمت‌ها با رسوب مسدود نشوند، می‌داد. اوّلین تحقیق بر روی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای که در آن آب از زیر سطح خاک در ناحیهٔ ریشه تخلیه می‌شد (بدون اینکه سطح آب زیرزمینی بالا آید)، توسط هاوس[2] در سال ۱۹۱۳ در دانشگاه کلرادو آمریکا انجام شد. وی نتیجه گرفت که این روش برای کاربردهای عملی بسیار گران‌قیمت است. تولید لوله‌های دریچه دار یا منفذدار در سال ۱۹۲۰ در آلمان دستاوردی مهم در این زمینه بود. در سال ۱۹۳۴، استفاده از لوله‌های متخلخل یا برزنتی در دانشگاه میشیگان آمریکا برای آبیاری زیرسطحی توسط رابی[3] پیشنهاد شد. بعدها، تحقیقات بر روی استفاده از لوله‌های متخلخل یا دریچه‌داری که با مواد متفاوتی ساخته شده‌اند، متمرکز شد. در این تحقیقات، به این مهم دست پیدا کردند که چگونه به‌جای استفاده از فشار آب درون سیستم برای تخلیهٔ جریان آب ازطریق لوله‌های متخلخل و دریچه‌دار، می‌توان از پتانسیل آب خاک برای کنترل میزان تخلیهٔ جریان آب از این لوله‌ها استفاده کرد. هم‌زمان، تجربیات دیگری در آبیاری زیرسطحی در آلمان، فرانسه و اتحاد جماهیر شوری سابق ثبت شد که در آن‌ها با برقراری جریان آب در کانال‌هایی با فواصل نزدیک به هم، سطح آب تا نزدیک ناحیهٔ ریشهٔ گیاه بالا آورده شده است. روش‌های متفاوت دیگری نیز برای آبیاری زیرسطحی در کشورهایی مثل آمریکا، هلند و انگلستان وجود داشته است.

با پیشرفت مداوم در صنعت پلاستیک، در طول جنگ جهانی دوم، استفاده از لوله‌های پلاستیکی برای آبیاری امکان‌پذیر شد. در اواخر دههٔ ۱۹۴۰، سیستم‌های آبیاری قطره‌ای با لوله‌های پلاستیکی برای گیاهان گلخانه‌ای در انگلستان مورداستفاده قرار گرفت. در سال ۱۹۶۲، دورتر[4] و همکاران در آلمان یک کار گسترده را در آبیاری زیرسطحی[5] (که درحال‌حاضر از آن به‌عنوان آبیاری زیرزمینی[6] یاد می‌شود) با استفاده از لوله‌های پلاستیکی شروع کردند. بیش از صد مقاله درزمینهٔ آبیاری زیرزمینی منتشر شد. تولید نشریات متعدد درزمینهٔ سیستم‌های

1. Nehemiah Clark
2. House
3. Robey
4. Dorter
5. Subsurface Irrigation
6. Underground Irrigation

آبیاری قطره‌ای سطحی، از حدود سال ۱۹۶۳ در اسرائیل و بعد از آن از سال ۱۹۶۴ در آمریکا آغاز شد. درحقیقت، مطالعات و بررسی‌ها در هر دو کشور قبل از این تاریخ آغاز شده بودند. نوآوری‌های دیگری نیز درزمینهٔ قطعات سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ انجام شدند. قطعات با فشار کارکرد پایین که شبیه آب‌پاش‌های کوچک امروزی هستند، در سال ۱۹۵۶ توسط لادوینگ بلاس[1] تحت‌عنوان «روش‌ها و لوازم آبیاری اراضی» (شکل ۱-۳أ) ثبت اختراع شدند. این آب‌پاش‌های کوچک از آلومینیم ساخته شده بودند و برای اراضی با مقیاس بزرگ اقتصادی نبودند. اوّلین مورد ثبت اختراع مربوط به قطره‌چکان‌های سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی در آمریکا توسط ایشاجاهو بلاس[2] و سایمچا بلاس[3] در سال ۱۹۶۹ تحت‌عنوان «سیستم آبیاری لوله و قطره‌چکان» منتشر شد (شکل ۱-۳ ب). اختراع ثبت‌شده در آمریکا برمبنای اختراع سال ۱۹۶۶ در اسرائیل توسط سایمچا بلاس بود. سایمچا بلاس به‌طور اتفاقی پی برده بود درختی که در نزدیکی یک شیر آب که خراب بوده و چکه می‌کرد، بسیار تنومندتر از سایر درختان اطراف بود. این امر موجب پایه‌گذاری آبیاری به روش قطره‌ای شد. مفهوم آبیاری قطره‌ای از اسرائیل در دههٔ ۱۹۶۰ به استرالیا، آمریکای شمالی، آفریقای جنوبی و نهایتاً به کل دنیا گسترش یافت.



شکل ۱- ۳ ثبت اختراع قطعات اوّلیهٔ آبیاری قطره‌ای در آمریکا در دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰. أ. روش ها و لوازم آبیاری، ب. قطره‌چکان و لوله‌ها (لادوینگ بلاس، ۱۹۵۶)

1. Ludwing Blass
2. Ischajahu Blass
3. Symcha Blass

شکل ۱- ۴ اوّلین استفاده از آبیاری قطره‌ای سطحی در مزرعهٔ طالبی (اسمیت و چاپین، ۱۹۶۳)

در سال ۱۹۶۳ در آمریکا، نورمن اسمیت[1] و ریچارد چاپین[2] تحقیقی را بر روی استفاده از مالچ پلاستیکی و سیستم آبیاری قطره‌ای برای گیاهان ردیفی در مزرعه‌ای در وستبری[3] انجام دادند (شکل ۱-۴). این محل از سال ۱۹۹۳ به‌عنوان یک یادمان تاریخی توسط انجمن کشت زیر پلاستیک[4] آمریکا در نظر گرفته شد.

اوّلین همایش آبیاری قطره‌ای در سال ۱۹۷۱ در اسرائیل با ارائهٔ ۲۴ مقاله برگزار شد. دومین همایش بین‌المللی آبیاری قطره‌ای در سال ۱۹۷۴ در کالیفرنیا آمریکا با ارائهٔ ۸۳ مقاله و با بیش از ۱۰۰۰ ثبت‌نام‌کننده از ۲۶ کشور جهان برگزار گردید. در سومین همایش در کالیفرنیا آمریکا در سال ۱۹۸۵، تعداد ۱۵۷ مقاله در ارتباط با اجرای آبیاری قطره‌ای ارائه شد. این همایش توسط دو انجمن مهندسان کشاورزی آمریکا[5] و انجمن آبیاری آمریکا[6] حمایت شد تا نوید توسعهٔ سیستم‌های آبیاری قطره‌ای را به‌عنوان یک روش قابل‌قبول بدهد. پنجمین همایش بین‌المللی آبیاری قطره‌ای در فلوریدا آمریکا در سال ۱۹۹۵ با ارائهٔ ۱۵۶ مقاله از ۲۸ کشور، یک عرصهٔ بین‌المللی برای ارائهٔ تجربیات کشورهای مختلف جهان بود. در همایش آبیاری قطره‌ای در سال ۲۰۰۰ در آفریقای جنوبی، تأکید ویژه‌ای بر ضرورت استفاده از آبیاری قطره‌ای در کشورهای درحال‌توسعه شد. مهم‌ترین بخش این همایش، توانمندسازی زنان برای تأمین غذا و کسب درآمد بیشتر خانواده‌ها با استفاده از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای بود.

1. Norman Smith
2. Richard Chapin
3. Westbury
4. Plasticulture
5. ASAE
6. IA