

نشریه فنی:

مدیریت آبیاری مزارع سیب زمینی

منصور معیری



سال انتشار: ۱۴۰۰

بسم الله الرحمن الرحيم

مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

نشریه فنی:

مدیریت آبیاری مزارع سیب زمینی

تهیه و تدوین:

منصور معیری

عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات، آموزش و ترویج
کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان (صفی آباد)

سال انتشار:

۱۴۰۰



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی



نوع نوشتار: نشریه فنی
عنوان نوشتار: مدیریت آبیاری مزارع سیبزمینی
نگارنده: منصور معیری
ویراستار ادبی: فؤاد تاجیک
صفحه‌آرا: سمیه وطن دوست
ناشر: مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
شمارگان: محدود
نوبت چاپ: اول
سال انتشار: ۱۴۰۰



مسئولیت صحت مطالب با نگارنده است.

شماره ثبت ۵۹۸۷۵ در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی به تاریخ ۱۴۰۰/۰۴/۱۵

مخاطبان نشریه:

کارشناسان زراعت، کارشناسان مسئول پهنه‌های ترویجی و بهره‌برداران کشاورزی در مناطق توسعه کشت سیب‌زمینی

اهداف آموزشی:

شما خوانندگان گرامی در این نشریه با:

- برآورد نیازآبی
- حساسیت مراحل رشد به تنش آبی
- تعیین زمان مناسب آبیاری متناسب با رطوبت قابل جذب خاک
- برآورد مقدار آب آبیاری متناسب با کاهش رطوبت خاک در مزرعه
- کاربرد روش‌های آبیاری

آشنا خواهید شد.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه
۳	شرایط آب و هوایی و مراحل رشد سیب‌زمینی
۶	خاک مزرعه سیب‌زمینی
۶	- شوری خاک و آب آبیاری
۹	- آب قابل جذب خاک در عمق توسعه ریشه سیب‌زمینی
۱۱	آب مورد نیاز سیب‌زمینی
۱۲	- برآورد نیازآبی با استفاده از میانگین بلند مدت آمار هواشناسی
۱۵	- برآورد نیازآبی با استفاده از آمار ثشت تبخیر
۱۷	بارش
۱۸	آبیاری و مراحل رشد سیب‌زمینی
۲۰	- قبل از کاشت تا کاشت
۲۰	- کاشت تا جوانه‌زنی
۲۲	- جوانه‌زنی تا ظهور غده‌های سیب‌زمینی
۲۳	- تشکیل غده‌های کوچک سیب‌زمینی تا پایان گلدهی
۲۴	- پایان گلدهی تا پیری بوته
۲۵	- پیری بوته تا برداشت
۲۷	- مدیریت آبیاری
۳۱	- مکش سنج مزرعه‌ای یا تانسومتر
۳۹	- کاهش رطوبتی خاک مزرعه و عمق آبیاری
۴۳	مدیریت‌ها و روش‌های آبیاری سیب‌زمینی
۴۴	- آبیاری موضعی
۴۸	- آبیاری دوار مرکزی (سنتریوت) و متحرک خطی (لینیر)
۵۰	- سامانه‌های آبیاری بارانی متحرک و ثابت با آبپاش متحرک
۵۲	- آبیاری سطحی - جویچه‌ای
۵۴	- یکنواختی توزیع آب در مزرعه
۵۴	خلاصه
۵۵	منابع

مقدمه

سیب‌زمینی بعد از گندم، برنج و ذرت بیشترین سهم را در تولید محصولات غذایی دارا بوده و نقش مهمی در تغذیه و سبد غذایی جمعیت جهان دارد (فابریو^۱ و همکاران، ۲۰۰۱). در ایران، کشت سیب‌زمینی قدمت حدود ۲۰۰ ساله دارد و در سطحی حدود ۱۷۰ هزار هکتار از اراضی کشاورزی با چهار تاریخ کشت متفاوت در استان‌های مختلف کشور کشت می‌شود (جدول ۱).

جدول ۱- زمان کاشت و عرضه محصول سیب‌زمینی در مناطق مختلف کشور
(پورگرگی و حسن پناه، ۱۳۹۷)

مناطق / استان‌ها	تاریخ کاشت	تنظیم بازار	تاریخ برداشت
جنوب کرمان، خوزستان، فارس، بوشهر و هرمزگان	نیمه شهریور تا اواخر مهر	زمستانه	بهمن تا نیمه اول فروردین
جنوب کرمان، خوزستان، گلستان، فارس، کرمانشاه، هرمزگان، بوشهر و سیستان و بلوچستان	نیمه آذر تا اواخر دی	بهاره	نیمه فروردین تا اواخر خرداد
همدان، اصفهان، آذربایجان شرقی، خراسان شمالی، فارس و زنجان	اواخر آذر تا اواخر اسفند	تابستانه	اواخر خرداد تا اواسط شهریور
اردبیل، همدان، اصفهان، فارس، کردستان، آذربایجان شرقی، زنجان، چهارمحال و بختیاری، خراسان رضوی، مرکزی، لرستان، سمنان، تهران و آذربایجان غربی	فروردین تا خرداد	پائیزه	نیمه شهریور تا اواسط آبان

با در نظر گرفتن حدود ۴۲ کیلوگرم سرانه مصرف سالانه سیب‌زمینی در کشور، نیاز مصرف داخلی حدود ۳/۵ میلیون تن برآورد شده است و از این رو، حدود ۱/۵ میلیون تن سیب‌زمینی برای صادرات به بازار مصرف خارجی وجود دارد.

^۱ Faberio et al.

دو استان همدان و اردبیل حدود ۳۴ درصد تولید سالانه و استان‌های کردستان، اصفهان، زنجان، آذربایجان شرقی، فارس، جنوب کرمان، لرستان، خراسان رضوی، چهارمحال و بختیاری، گلستان، خوزستان، کرمان و سمنان در مجموع، ۶۶ درصد تولید سیب‌زمینی را به خود اختصاص داده‌اند. بهره‌مندی از بارش‌های فصلی و امکان افزایش تولید به ازای آب مصرفی، امکان عرضه مداوم سیب‌زمینی مورد نیاز بازار مصرف داخلی، صادرات مازاد بر نیاز بازارهای مرزی و ارزآوری از ویژگی‌های مهم و غیر قابل انکار کشت سیب‌زمینی است (کیانی و عبدالهی، ۱۳۹۶).

کشت سیب‌زمینی در ایران به صورت فاریاب است ولی در برخی مناطق، قسمتی از نیازآبی آن در فصول پاییز، زمستان و بهار از بارش‌های فصلی تامین می‌شود. مدیریت آب یا عبارت کلی‌تر، آب مهمترین عامل برای تولید پایدار سیب‌زمینی است و حداکثر تولید سیب‌زمینی زمانی اتفاق می‌افتد که در طول دوره رشد، رطوبت خاک مزرعه در حد بهینه حفظ شود (اوجالا^۱ و همکاران، ۱۹۹۰). از این رو پاسخگویی به نیاز آبی واقعی گیاه، مستلزم تشخیص مزرعه‌ای شاخص‌های آب، خاک و گیاه است.

کشت سیب‌زمینی با تراکم ۶۳ تا ۸۰ هزار بوته در هکتار عمدتاً روی پشته‌های ۷۵ سانتی‌متری (تک‌ردیفه)، ۱۵۰ سانتی‌متری (دورردیفه کشت منظم) و ۱۲۲ سانتی‌متری (دو ردیفه کشت زیگزاگی) با آبیاری سطحی (جویچه‌ای) یا آبیاری تحت فشار (بارانی، قطره‌ای سطحی و زیرسطحی) اجرا می‌شود. متوسط نیازآبی سیب‌زمینی در اقلیم‌ها و تاریخ‌های کشت مختلف، حدود ۳۵۰ الی ۵۵۰ میلی‌متر در طول فصل رشد است. با فرض تامین متوسط ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر

^۱ Ojala et al.

نیاز آبی از بارش‌های موثر (فصلی) در کشت‌های پاییزه، زمستانه و بهاره و اضافه کردن تلفات روش‌های آبیاری، مقدار آب آبیاری مصرفی سیب‌زمینی، از حدود ۵۰۰۰ (شامل مدیریت‌ها و روش‌های نوین آبیاری) تا حداکثر ۱۴۰۰۰ (روش‌های آبیاری سطحی سنتی) مترمکعب در هکتار است (معیری و کاوه، ۱۳۸۸). بنابراین، متوسط کارائی مصرف آب سیب‌زمینی بر پایه نسبت عملکرد غده (متوسط ۳۱ تن در هکتار) به مجموع آب آبیاری مصرفی و بارش موثر در طول فصل رشد، در محدوده ۲ تا ۵ کیلوگرم در مترمکعب برآورد می‌شود. با توان تولید بیش از ۵۰ تن در هکتار سیب‌زمینی با کیفیت و اندازه مناسب بازارهای داخلی و خارجی، ظرفیت تولید سیب‌زمینی در کشور می‌تواند بیشتر از این باشد که با انتخاب‌ها، تشخیص‌های مناسب و اعمال مدیریت بهینه زراعی قابل تحقق است. در این راستا، برنامه آبیاری مبتنی بر مولفه‌های آب، خاک و گیاه می‌تواند نقش به‌سزایی در بهبود سایر عملیات زراعی (خاک‌ورزی، تغذیه، مبارزه با علف‌های هرز، بیماری‌ها و...)، جلوگیری از هدر رفت منابع آب، کاهش اثر تنش‌های زنده و غیرزنده، و افزایش عملکرد در واحد سطح داشته باشد. در این نوشتار، مشخصات یک برنامه‌ریزی موفق آبیاری مزرعه سیب‌زمینی معرفی می‌شود.

شرایط آب و هوایی و مراحل رشد سیب‌زمینی

در مناطق مختلف کشور، بسته به اقلیم منطقه، تاریخ کشت، زودرسی و دیررسی ارقام، سیب‌زمینی پس از سپری کردن ۱۲۵ الی ۱۶۰ روز به مرحله برداشت می‌رسد (جدول ۱ و ۲). گرما و رطوبت نسبی بیشتر (به ویژه هنگام بارندگی) در مرحله تشکیل و حجیم شدن غده‌های سیب‌زمینی موجب افزایش عملکرد می‌شود. در این میان، مناطقی مانند استان‌های اردبیل و همدان که در مرحله تولید غده، میانگین دمای کمتری دارند، بیشترین غده را در واحد سطح

تولید می کنند. مناسب ترین مناطق برای تولید سیب زمینی، مناطقی است که میانگین سالانه دما بین ۵-۱۰ درجه سانتی گراد است و میانگین دمای ماه گرم تابستان از ۲۱ درجه سانتی گراد تجاوز نمی کند.

واکنش سیب زمینی به شرایط آب و هوایی در طول فصل رشد متفاوت است. سیب زمینی، از جوانه زنی تا مرحله اولیه رشد غده به سرما حساس است. در هوای سرد، ظهور جوانه و توسعه تاج گیاه طولانی تر می شود. همچنین، دماهای زیر صفر درجه در مرحله رشد غده به دلیل یخ زدگی شاخ و برگ برای گیاه مضر است، اگرچه سیب زمینی در این مرحله، به سرعت خود را باز سازی می کند. در دوره گل دهی و شکل گیری غده نسبت به مراحل اولیه رشد رویشی، سیب زمینی نسبت به تغییرات آب و هوا بسیار حساس است و مناسب ترین شرایط آب و هوایی برای غده گیری، آب و هوای گرم تر و مرطوب تر است.

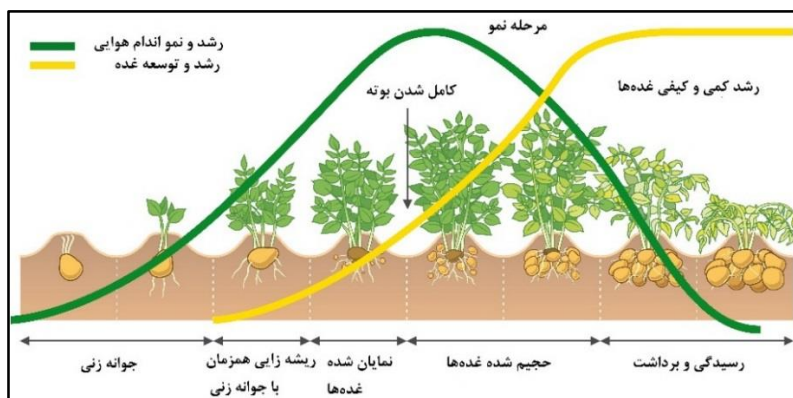
رشد سیب زمینی از ۲ درجه شروع و در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد محدود می شود. رشد شاخ و برگ سیب زمینی در دمای پایین (۱- تا ۲- درجه سانتی گراد) آسیب می بیند، و با بروز دمای بالا (۲۶ تا ۲۸ درجه سانتی گراد) رشد غده کاهش می یابد. دمای بهینه رشد و نمو سیب زمینی ۲۰ الی ۲۵ درجه سانتی گراد است و فتوسنتز، به ویژه در دمای بالاتر از ۳۰ درجه سانتی گراد بسیار کاهش می یابد. دماهای بالاتر از ۳۰ درجه سانتی گراد منجر به زودرس شدن سیب زمینی می شود، به خصوص اگر همراه با تنش خشکی باشد. این گیاه، برای سپری کردن مراحل رشد خود به درجه-روز-رشد (GDD^1) مشخصی نیاز دارد که مقدار آن در تیپ های مختلف سیب زمینی متفاوت است. سیب زمینی برای رسیدن به مرحله شروع غده گیری، به طور متوسط به حدود ۵۵۰، شروع گلدهی به حدود ۶۱۵ و

¹ Growth Degree Day

آغاز رسیده شدن ۱۰۰۰ و تا رسیدگی کامل به حدود ۱۲۸۰ درجه-روز-رشد نیاز دارد (معیری، ۱۳۹۹). در شکل ۱، تشخیص مراحل رشد و در جدول ۲ روزهای مورد نیاز مراحل رشد سیب زمینی (در شرایط بدون محدودیت آب و تغذیه) به تفکیک ارائه شده است.

جدول ۲- مراحل رشد سیب‌زمینی (معیری^۱، ۱۳۹۹)

مراحل	رشد گیاه	طول دوره (روز)
کاشت تا جوانه زنی	رشد جوانه‌ها زیر خاک	۱۵-۲۰
مرحله اولیه	از جوانه زنی تا پوشش زمین	۱۰-۳۰
مرحله توسعه‌ای	رشد شاخ و برگ تا قبل از گلدهی	۱۲-۴۳
مرحله میانی	شروع غده گیری، گلدهی و رشد غده‌ها	۳۰-۶۰
مرحله پایانی	ادامه وزن گیری غده‌ها و رسیده شدن	۱۵-۴۰
کل دوره از کاشت		۱۲۵-۱۶۰



شکل ۱- روند و مراحل رشد ارقام میان‌رس سیب‌زمینی

^۱ خلاصه نتایج بررسی منابع، بررسی‌ها و تجارب قبلی.

خاک مزرعه سیب‌زمینی

سیب‌زمینی را می‌توان تقریباً در هر نوع خاک، به جز خاک‌های رسی سنگین، خاک‌های سدیمی و همچنین خاک‌های شنی تولید کرد. مناسب‌ترین خاک‌های تولید سیب‌زمینی، خاک‌های سبک پوک (متخلخل)، کمی اسیدی یا خنثی (pH 6-7) و غنی از مواد آلی است.

خاک با بافت سبک، الاستیسیته (انعطاف پذیری) کمتر دارد و توسعه عمقی و جانبی مناسب‌تر ریشه سیب‌زمینی و رشد و حجیم شدن غده سیب‌زمینی را تسهیل می‌کند. به همین دلیل، سیب‌زمینی با بهترین کیفیت، در خاک‌های ماسه‌ای غنی از مواد آلی، رسی شنی و شنی رسی تولید می‌شود. از میان خاک‌های شنی، در خاک ماسه‌ای اسیدی، سیب‌زمینی با کمیت و کیفیت مناسب تولید می‌شود.

در خاک‌های رسی سنگین با شاخص خمیری بالا، تولید اقتصادی سیب‌زمینی فقط با برنامه‌ریزی آبیاری متناسب و بهبود مشخصات فیزیکی خاک با تناوب زراعی و کاربرد کود آلی یا کود سبز میسر می‌شود. از نظر حساسیت به سطح ایستابی، سیب‌زمینی از جمله گیاهان نسبتاً متحمل است، از این رو سیب‌زمینی را می‌توان در خاک‌های باتلاقی اسیدی نیز تولید کرد. کیفیت سیب‌زمینی تولید شده در چنین خاک‌هایی، رضایت بخش نیست اما به عنوان خوراک دام قابل استفاده است.

شوری خاک و آب آبیاری

سیب‌زمینی جزو گیاهان نسبتاً حساس به شوری یا وجود نمک (کلرید سدیم) در خاک و آب آبیاری است. مشکل اصلی نمک موجود در آب آبیاری و خاک، غلظت کلر است. وجود کلر در آب آبیاری باعث سوختگی مستقیم شاخ و برگ به

ویژه در آبیاری‌های بارانی و کاهش جذب آب ریشه در خاک می‌شود. در خاک‌های معدنی، اراضی با آب زیرزمینی شور و اراضی که با آب شور آبیاری می‌شوند، محدودیت غلظت کلر بالا می‌رود. همچنین، توجه به میزان شوری و کلر آب آبیاری و خاک مزارع سیب‌زمینی در فصل تابستان به ویژه در صورت استفاده از منابع آبی که با افزایش برداشت و کاهش تغذیه مواجه هستند؛ از این رو حائز اهمیت است که شوری آب برخی رودخانه‌ها در فصل تابستان ۴ الی ۶ برابر بیشتر از فصل زمستان می‌شود. برای تولید سیب‌زمینی، تا ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر کلر موجود در خاک، محدودیتی ایجاد نمی‌کند و تا مقدار ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، با انجام آبیاری و مرطوب نگهداشتن خاک، مقداری از کاهش عملکرد سیب زمینی جبران می‌شود. در روش‌های آبیاری بارانی، استفاده از آب آبیاری با کلر تا ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر مجاز است؛ بیشتر از ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر غلظت کلر در آب، با قبول احتمال سوختگی شاخ و برگ بوته سیب زمینی برای آبیاری بارانی قابل استفاده است؛ و با افزایش مقدار کلر تا ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، احتمال سوختگی شاخ و برگ بسیار بالا می‌رود و استفاده از چنین آبی برای آبیاری توصیه نمی‌شود (بینام، ۲۰۰۵).

اثرهای شوری بر کاهش کمی و کیفی عملکرد در ارقام مختلف سیب‌زمینی متفاوت است اما تنش شوری و متناسب با آن، تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی، موجب تاخیر در ظهور جوانه‌ها، تولید بوته و ریشه ضعیف و غیریکنواختی سطح سبز مزرعه می‌شود. پس از سبز شدن بوته، کاهش قسمت تاج گیاه در مرحله رشد رویشی، از عوارض تنش شوری است اما در مرحله ظهور ساقه‌های زیرزمینی که حساس‌ترین مرحله رشد سیب‌زمینی است، تنش شوری تعداد غده و عملکرد را کاهش می‌دهد. تنش شوری و خشکی در مرحله حجیم شدن غده‌ها، باعث کاهش کمی و کیفی غده‌های سیب‌زمینی می‌شود (ابیدیگو و همکاران، ۲۰۱۵).

در جدول ۳، سطوح تحمل سیب‌زمینی به شوری آب آبیاری و خاک ارائه شده است. با افزایش شوری خاک از ۱/۷ به ۵/۹ دسی‌زیمنس بر متر، عملکرد سیب‌زمینی پنجاه درصد کاهش خواهد یافت و از این نظر، شبیه ذرت و سویا و حساس‌تر از گندم است.

جدول ۳- سطوح مقاومت تحمل سیب‌زمینی به شوری آب آبیاری و خاک (ایرس و وسکات، ۱۹۸۵)

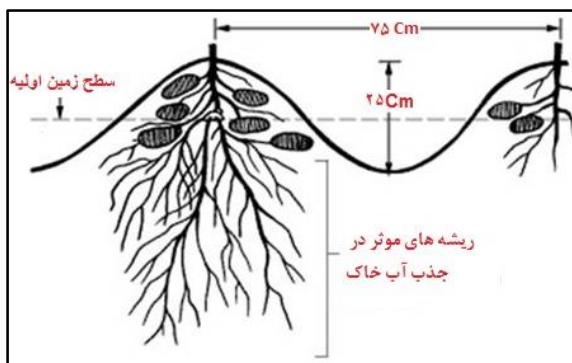
پتانسیل عملکرد								حداکثر شوری خاک (dS/m)
شوری (dS/m)								
۷۵٪				۹۰٪				
۵۰٪				۱۰۰٪				
آب	خاک	آب	خاک	آب	خاک	آب	خاک	۱۰
۳/۹	۵/۹	۲/۵	۳/۸	۱/۷	۲/۵	۱/۱	۱/۷	

استفاده از روش آبیاری سطحی، کاشت روی طرفین پشته، و تغذیه مناسب (به ویژه کودهای پتاسه) همراه با آبشویی در نوبت‌های آبیاری، و زهکشی مناسب می‌تواند اثر شوری خاک و آب آبیاری را کاهش دهد. همچنین، در کشت پاییزه و بهاره سیب‌زمینی، بارش‌های فصلی علاوه بر تامین بخشی از نیاز آبی گیاه بر آبشویی خاک تاثیر به سزایی دارد. آبیاری قطره‌ای، به دلیل خطر کمتر سوختگی شاخ و برگ گیاه، مرطوب بودن مداوم خاک محیط ریشه، و افزایش فشار اسمزی، جذب آب توسط ریشه کاهش می‌یابد و بنابراین، محدودیت کمتری در استفاده از آب شور (حاوی کلر) دارد؛ هرچند در این روش، خطر گرفتگی روزنه‌های آب چکان‌ها در اثر تبلور نمک بیشتر می‌شود.

آب قابل جذب خاک در عمق توسعه ریشه سیب‌زمینی

مقدار آب در دسترس گیاه تابعی از بافت خاک در عمق توسعه ریشه آن است. بافت درشت دانه‌ای مثل شن نسبت به بافت ریز دانه‌ای مثل لوم، آب کمتری در خود نگهداری می‌کند. بافت خاک در عمق توسعه ریشه می‌تواند متغیر باشد. با نمونه‌گیری از خاک مزرعه در عمق توسعه ریشه گیاه، تعیین بافت خاک و مقدار آب در دسترس (تفاوت رطوبت در نقطه ظرفیت زراعی - با بیشترین جذب ریشه گیاه - با نقطه پژمردگی - عدم امکان جذب رطوبت موجود خاک توسط ریشه -) در آزمایشگاه تعیین می‌شود و امکان برآورد مزرعه‌ای آن به صورت تجربی نیز وجود دارد.

سیب‌زمینی دارای سیستم ریشه‌ای نسبتاً سطحی است، ۹۰٪ از ریشه‌ها در عمق ۵۰ سانتی‌متر سطح زمین قرار می‌گیرد. ریشه‌های سیب‌زمینی تا عمق ۶۰ سانتی‌متر در جذب آب موثر عمل می‌کنند و ۷۰٪ از آب فصلی را از عمق ۳۰ سانتی‌متری به دست می‌آورند. زمان و میزان آبیاری باید بر اساس کاهش رطوبت لایه ۴۵ - ۳۰ سانتی‌متر خاک سطحی برای خاک‌های درشت دانه و در ۶۰ - ۴۵ سانتی‌متر لایه سطحی برای خاک‌های ریز بافت باشد (شکل ۲). ریشه سیب‌زمینی توانایی کمی در نفوذ به لایه‌های متراکم خاک دارد، از این رو تراکم خاک در اثر عبور ادوات خاک ورزی و یا تردد وسایل نقلیه، نفوذ ریشه سیب‌زمینی را تا حد زیادی محدود می‌کند. همچنین، تراکم خاک باعث کاهش توانایی ریشه در جذب آب خاک می‌شود که باید در برنامه‌ریزی آبیاری مورد توجه قرار گیرد. ریشه‌های فعال سیب‌زمینی، تا ۴۰ درصد رطوبت در دسترس خاک را به راحتی و بدون صرف انرژی تنش‌زا جذب می‌کند. در جدول ۴، برآورد رطوبت سهل الوصول (۴۰ درصد رطوبت در دسترس) در عمق یک متری بافت‌های مختلف خاک با رنگ قرمز ارائه شده است.



شکل ۲- گسترش ریشه سیب زمینی

جدول ۴- برآورد میزان رطوبت موجود به ازای یک متر عمق خاک (جنسن و همکاران، ۱۹۹۰).

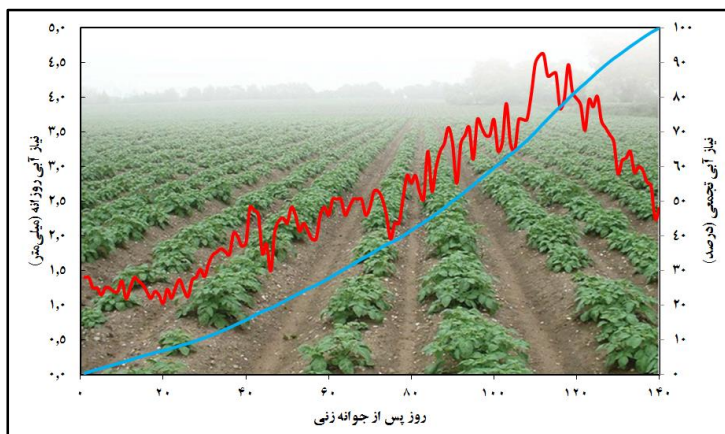
آب موجود در خاک (میلی متر) در حالت های مختلف رطوبتی

بافت خاک	اشباع	ظرفیت زراعی	پژمردگی دائم	رطوبت در دسترس	۴۰٪ رطوبت در دسترس
شنی	۳۶۰	۱۳۰	۶۰	۷۰	۲۸
شنی لومی	۳۸۰	۱۶۰	۸۰	۸۰	۳۲
لومی شن	۴۱۰	۲۲۰	۱۰۰	۱۲۰	۵۲
لومی	۴۶۰	۳۱۰	۱۵۰	۱۶۰	۶۴
لومی سیلتی	۴۶۰	۳۳۰	۱۳۰	۲۰۰	۸۰
سیلتی	۴۳۰	۳۳۰	۹۰	۲۴۰	۹۶
لومی رسی شن	۴۷۰	۳۲۰	۲۰۰	۱۲۰	۵۲
لومی رسی	۵۰۰	۳۹۰	۲۳۰	۱۶۰	۶۴
لومی رسی سیلتی	۵۲۰	۴۴۰	۲۳۰	۲۱۰	۸۴
رسی شن	۵۰۰	۳۹۰	۲۷۰	۱۲۰	۵۲

آب مورد نیاز سیب‌زمینی

نیازآبی سیب‌زمینی بسته به زود رسی و دیررسی ارقام و فصل کاشت از ۳۵۰ الی ۵۵۰ میلی‌متر است. بخشی از این نیاز آبی در برخی مناطق، از بارش‌های فصلی تامین می‌شود.

نیازآبی روزانه سیب‌زمینی در طول دوره رشد، ثابت نیست. روند مصرف آب تا زمان گلدهی کم، اما از شروع گلدهی تا آغاز رسیدگی به شدت افزایش می‌یابد (شکل ۳). مصرف کل آب به شرایط آب و هوایی، طول فصل رشد، شرایط خاک، کود دهی، روش آبیاری و ... بستگی دارد. در مرحله تشکیل غده، توجه به رطوبت خاک و تامین کمبود رطوبت با آبیاری (در صورت نیاز مزرعه) ضروری است. رطوبت بهینه خاک مزرعه در این مرحله، ۷۵ تا ۸۰ درصد ظرفیت زراعی است. برآورد صحیح نیازآبی با توجه به دمای هوا و بارش‌های فصلی در مراحل رشد، برای تامین نیاز گیاه و همچنین افزایش اثر بخشی سایر نهاده‌ها (انواع کود، سم و...) بسیار ضروری است.



شکل ۳- نمونه‌ای از نیازآبی روزانه و تجمعی سیب‌زمینی بر اساس آمار ایستگاه هواشناسی

صفی‌آباد

برآورد نیازآبی با استفاده از میانگین بلند مدت آمار هواشناسی

مدل‌های متعددی در اقلیم‌های مختلف برای محاسبه نیازآبی گیاهان و بر اساس اطلاعات ماهیانه یا روزانه هواشناسی ارائه شده‌اند. خلاصه محاسبات متوسط ماهانه (روش‌های پنمن مانتیس و تشعشع) ظرفیت تبخیر و تعرق مناطق با بیشترین کشت سیب‌زمینی در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵- متوسط روزانه هر ماه ظرفیت تبخیر و تعرق (ET_p) بر اساس آمار ۵ الی ۳۰ ساله هواشناسی (میلی‌متر در روز)

استگاه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مهر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	اسفند
صفی آباد	۴/۴	۶/۸	۸/۷	۹/۰	۷/۹	۶/۴	۴/۸	۲/۹	۱/۷	۱/۴	۱/۹	۲/۹
دزفول	۴/۶	۶/۳	۸/۵	۹/۱	۸/۹	۸/۰	۶/۴	۴/۲	۲/۶	۲/۰	۲/۳	۳/۲
اندیمشک	۵/۳	۸/۱	۱۰/۷	۱۱/۲	۱۰/۴	۸/۶	۶/۳	۳/۷	۲/۱	۱/۷	۲/۳	۳/۷
بم	۴/۹	۶/۰	۶/۸	۷/۳	۷/۰	۶/۲	۴/۹	۳/۳	۲/۳	۲/۰	۲/۵	۳/۸
اصفهان	۳/۸	۴/۹	۵/۹	۶/۷	۶/۶	۵/۶	۴/۱	۲/۵	۱/۶	۱/۲	۱/۷	۲/۸
ایران‌شهر	۶/۲	۷/۹	۹/۱	۹/۶	۹/۵	۸/۷	۷/۳	۵/۵	۳/۹	۳/۲	۳/۵	۴/۹
شاهرود	۳/۲	۴/۴	۵/۷	۶/۴	۶/۳	۵/۲	۳/۶	۲/۱	۱/۳	۱/۱	۱/۴	۲/۲
زنجان	۲/۶	۳/۹	۵/۵	۶/۴	۶/۳	۵/۴	۳/۸	۲/۲	۱/۳	۰/۹	۱/۱	۱/۸
پوشهر	۴/۵	۵/۸	۶/۷	۶/۸	۶/۳	۵/۶	۴/۹	۳/۹	۲/۷	۲/۳	۲/۶	۳/۴
کرمان	۴/۹	۶/۱	۷/۱	۸/۰	۸/۲	۶/۷	۵/۰	۳/۳	۲/۴	۲/۲	۲/۶	۳/۶
پارس آباد	۲/۸	۴/۲	۵/۶	۶/۵	۶/۱	۴/۷	۲/۹	۱/۵	۰/۹	۱/۲	۱/۷	۱/۷
ارومیه	۲/۵	۳/۶	۴/۹	۵/۵	۵/۲	۴/۱	۲/۷	۱/۸	۱/۰	۰/۷	۱/۰	۱/۶
اراک	۳/۳	۴/۷	۶/۲	۷/۱	۶/۷	۵/۶	۴/۴	۲/۷	۱/۷	۱/۳	۱/۵	۲/۳
همدان	۲/۷	۴/۰	۵/۵	۶/۴	۶/۲	۵/۲	۳/۹	۲/۴	۱/۴	۱/۰	۱/۲	۱/۹
خوی	۲/۶	۳/۶	۴/۷	۵/۶	۵/۶	۴/۸	۳/۳	۱/۷	۰/۹	۰/۷	۱/۰	۱/۵
تبریز	۲/۴	۳/۶	۴/۷	۵/۶	۵/۶	۴/۸	۳/۳	۱/۷	۰/۹	۰/۷	۱/۰	۱/۵
کرج	۳/۰	۴/۳	۵/۹	۷/۰	۶/۷	۵/۵	۳/۷	۲/۱	۱/۳	۰/۹	۱/۲	۱/۹
قزوین	۲/۹	۴/۳	۵/۷	۶/۵	۶/۵	۵/۶	۴/۰	۲/۴	۱/۴	۱/۱	۱/۴	۲/۰

ادامه جدول ۵- متوسط روزانه هر ماه ظرفیت تبخیر و تعرق (ET_p) بر اساس آمار ۵ الی ۳۰ ساله هواشناسی (میلی‌متر در روز)

ایستگاه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مهر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
شهر کرد	۳/۳	۴/۶	۵/۷	۶/۳	۶/۵	۵/۶	۴/۱	۲/۶	۱/۷	۱/۳	۱/۵	۲/۴	
شیراز	۳/۰	۵/۳	۶/۶	۶/۷	۶/۴	۶/۰	۴/۶	۳/۲	۲/۱	۱/۶	۲/۰	۳/۰	
خرم آباد	۳/۶	۵/۰	۶/۶	۷/۳	۷/۴	۷/۳	۶/۰	۳/۶	۲/۲	۱/۷	۱/۸	۲/۶	
مشهد	۲/۷	۴/۳	۶/۲	۷/۳	۷/۱	۵/۷	۴/۰	۲/۳	۱/۳	۱/۱	۱/۲	۱/۸	
گرگان	۲/۵	۳/۷	۴/۹	۵/۴	۵/۳	۴/۷	۳/۶	۲/۳	۱/۶	۱/۳	۱/۴	۱/۸	
کرمانشاه	۳/۱	۴/۳	۶/۱	۷/۵	۷/۴	۶/۵	۴/۹	۳/۰	۱/۷	۱/۲	۱/۵	۲/۲	

در شکل ۴ تغییرات ظرفیت تبخیر و تعرق روزانه در ایستگاه هواشناسی کشاورزی صفی‌آباد و ضریب نیازآبی در طول فصل رشد سیب‌زمینی ارائه شده است. ملاحظه می‌شود که دوره کاشت در پائیز تا برداشت این گیاه در زمستان، همزمان با حداقل ظرفیت تبخیر و تعرق سالانه است؛ ضمن اینکه گیاه از کل بارش‌های فصلی بهره می‌برد.

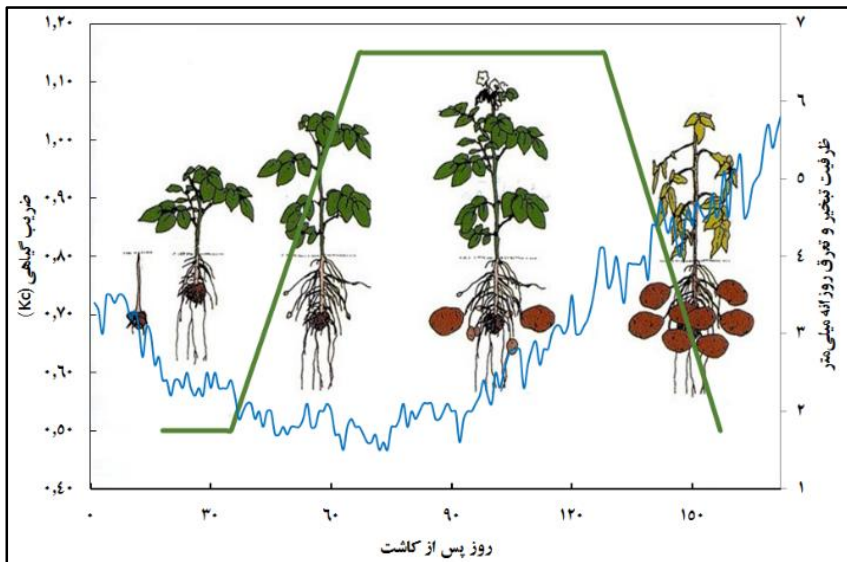
با شناخت مراحل رشد و ضرب ظرفیت تبخیر و تعرق (ET_p) در ضریب گیاهی (K_c) از جدول ۶، تبخیر و تعرق سیب‌زمینی (ET_c) با رابطه زیر برآورد می‌شود:

$$ET_c = K_c * ET_p \quad (۱)$$

¹ Potential Evapotranspiration

² Crop Coefficient

³ Crop Evapotranspiration



شکل ۴- نمونه تغییرات ظرفیت تبخیر و تعرق (ET_p) روزانه طبق آمار ایستگاه صفی آباد و ضریب گیاهی (K_c) در طول رشد سیب زمینی

مثال: برای محاسبه نیازآبی مزرعه سیب زمینی در نیمه اول اسفند ماه (مصادف مرحله میانی رشد) ظرفیت تبخیر و تعرق در ایستگاه صفی آباد از جدول ۵، حدود $ET_p = 2/9$ میلی متر در روز به دست می آید که با ضرب آن در عدد $K_c = 1/15$ ضریب گیاهی، (جدول ۶) نیازآبی روزانه سیب زمینی $ET_c = 3/3$ میلی متر در محاسبه می شود.

جدول ۶- ضریب گیاهی (Kc) سیب‌زمینی* (فائو، ۱۹۷۷)

مرحله رشد	ضریب گیاهی	
	انتهای دوره رشد	ابتدای دوره رشد
استقرار گیاه (از ظهور جوانه تا تشکیل بوته‌ی با ارتفاع ۱۵ الی ۲۰ سانتی‌متری)	۰/۵	۰/۵
رشد رویشی (تا نمایان شدن غنچه)	۱/۱۵	۰/۵
رشد زایشی (گلدهی تا وزن‌گیری ۸۰ درصد غده‌ها)	۱/۱۵	۱/۱۵
حجیم شدن و رسیدگی غده‌ها	۰/۵	۱/۱۵

*این ضرائب برای مزرعه سیب‌زمینی با ۹۰-۸۵ درصد پوشش در مرحله رشد میانی است و در پوشش‌های کمتر مقدار ضرایب را کمتر در نظر بگیرید.

برآورد نیازآبی با استفاده از آمار تشت تبخیر

تغییر روزانه شرایط آب و هوایی (دما و بارش)، موجب نوسان نیازآبی روزانه می‌شود (نمونه این نوسان‌ها در شکل شماره ۳ قابل مشاهده است). از این رو، پیشنهاد می‌شود که در برنامه‌ریزی آبیاری به ویژه در اقلیم گرم و خشک، برای محاسبه نیازآبی، از داده‌های روزانه و به هنگام هواشناسی استفاده شود. در بین روش‌های برآورد نیازآبی، روش تشت تبخیر یکی از روش‌های برآورد روزانه است که با استفاده از حداقل آمار هواشناسی، قابل استفاده است.

استفاده از آمار روزانه تبخیر گزارش شده از نزدیک‌ترین ایستگاه‌های سینوپتیک هواشناسی امکان محاسبه نیازآبی را به کاربر می‌دهد. بدین گونه که با ضرب مقدار میلی‌متر آب تبخیر از جدول ۷ نشان دهنده مقدار ظرفیت تبخیر و تعرق پتانسیل هوای هر منطقه است. برای محاسبه نیازآبی سیب‌زمینی در مراحل مختلف رشد، مقدار عددی روزانه ظرفیت تبخیر و تعرق منطقه در ضریب گیاهی (Kc) حاصل از جدول ۶ ضرب می‌شود.

$$ET_c = K_c * K_p * E_p \quad (2)$$

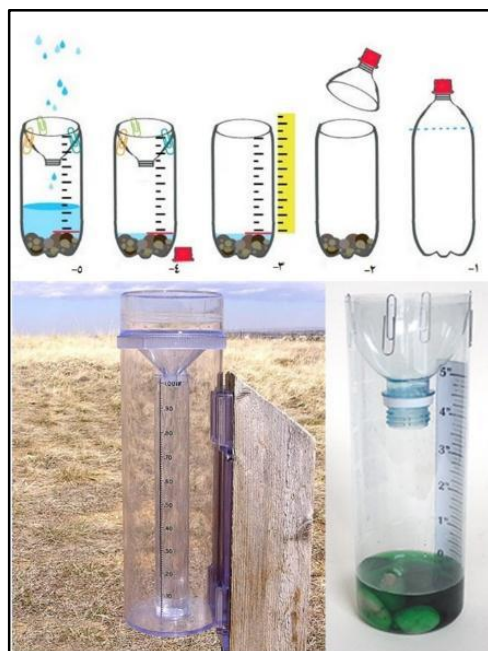
جدول ۷- ضریب تشت (Kp) کلاس A بر اساس پوشش گیاهی، متوسط ۲۴ ساعته سرعت باد و متوسط رطوبت نسبی (رایت^۱، ۱۹۸۱).

تشت در محیط با پوشش گیاهی				تشت در محیط بدون پوشش گیاهی				سرعت باد km/day
کوتاه نصب شده است				گیاهی نصب شده است				
رطوبت نسبی (%)			طول پوشش گیاهی (m)	رطوبت نسبی (%)			طول پوشش گیاهی (m)	
>۷۰	۴۰-۷۰	<۴۰		>۷۰	۴۰-۷۰	<۴۰		
۰/۸۵	۰/۸۰	۰/۷۰	۱	۰/۷۵	۰/۶۵	۰/۵۵	۱	<۱۷۵
۰/۸۰	۰/۷۰	۰/۶۰	۱۰	۰/۸۵	۰/۷۵	۰/۶۵	۱۰	
۰/۷۵	۰/۶۵	۰/۵۵	۱۰۰	۰/۸۵	۰/۸۰	۰/۷۰	۱۰۰	
۰/۷۰	۰/۶۰	۰/۵۰	۱۰۰۰	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۷۵	۱۰۰۰	
۰/۸۰	۰/۷۵	۰/۶۵	۱	۰/۶۵	۰/۶۰	۰/۵۰	۱	۱۷۵-۴۲۵
۰/۷۰	۰/۶۵	۰/۵۵	۱۰	۰/۷۵	۰/۷۰	۰/۶۰	۱۰	
۰/۶۵	۰/۶۰	۰/۵۰	۱۰۰	۰/۸۰	۰/۷۵	۰/۶۵	۱۰۰	
۰/۶۰	۰/۵۵	۰/۴۵	۱۰۰۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۷۰	۱۰۰۰	
۰/۷۰	۰/۶۵	۰/۶۰	۱	۰/۶۰	۰/۵۰	۰/۴۵	۱	۴۲۵-۷۰۰
۰/۶۵	۰/۵۵	۰/۵۰	۱۰	۰/۶۵	۰/۶۰	۰/۵۵	۱۰	
۰/۶۰	۰/۵۰	۰/۴۵	۱۰۰	۰/۷۰	۰/۶۵	۰/۶۰	۱۰۰	
۰/۵۵	۰/۴۵	۰/۴۰	۱۰۰۰	۰/۷۵	۰/۷۰	۰/۶۵	۱۰۰۰	
۰/۶۵	۰/۶۰	۰/۵۰	۱	۰/۵۰	۰/۴۵	۰/۴۰	۱	>۷۰۰
۰/۵۵	۰/۵۰	۰/۴۵	۱۰	۰/۶۰	۰/۵۵	۰/۴۵	۱۰	
۰/۵۰	۰/۴۵	۰/۴۰	۱۰۰	۰/۶۵	۰/۶۰	۰/۵۰	۱۰۰	
۰/۴۵	۰/۴۰	۰/۳۵	۱۰۰۰	۰/۶۵	۰/۶۰	۰/۵۵	۱۰۰۰	

¹ Wright

بارش

مقدار، پراکنش و توزیع زمانی بارش‌ها بویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک بسیار متغیر است و بر مدیریت آبیاری مزارع تأثیر می‌گذارد. برای تعیین مقدار بارش، توصیه می‌شود که از یک ظرف یا قوطی جمع‌آوری آب باران در سطح تاج گیاه استفاده شود. بدین ترتیب می‌توان با تقسیم حجم آب جمع‌آوری شده درون ظرف به سطح دهانه ظرف یا قوطی، مقدار بارش در مزرعه را به دست آورد (شکل ۵).



شکل ۵- ساخت باران سنج ساده با بطری خالی آب و اندازه‌گیری بارش در مزرعه

البته کل بارش در اختیار گیاه قرار نمی‌گیرد و قسمت‌هایی از آن به علت تبخیر، رواناب سطحی و نفوذ عمقی از دسترس گیاه خارج می‌شود. بنا به تعریف،

آن قسمت از باران که در خاک نفوذ کرده و در ناحیه ریشه گیاه ذخیره می‌گردد و در نهایت صرف تأمین نیازآبی گیاه می‌شود را بارش مؤثر می‌گویند. برای تعیین بارش مؤثر روش‌های مختلفی وجود دارد، اما یک روش ساده در تعیین بارندگی مؤثر، محاسبه ۸۰ درصد کل بارش به عنوان بارش مؤثر است (نشریه شماره ۲۵ فائو^۱، ۱۹۷۸). یک بارش مؤثر برابر با کاستی رطوبت خاک نسبت به ظرفیت زراعی را می‌توان به عنوان یک آبیاری در نظر گرفت و مقادیر بارش مؤثر کمتر از آن، به صورت کسری از یک آبیاری به حساب می‌آید. اگر بارندگی چند روز پس از آبیاری اتفاق افتد، فقط به اندازه جبران کاستی رطوبت تا حد ظرفیت زراعی خاک یا تعداد روز فاصله بارش تا آخرین آبیاری، در تأمین نیازآبی روزانه گیاه مؤثر خواهد بود.

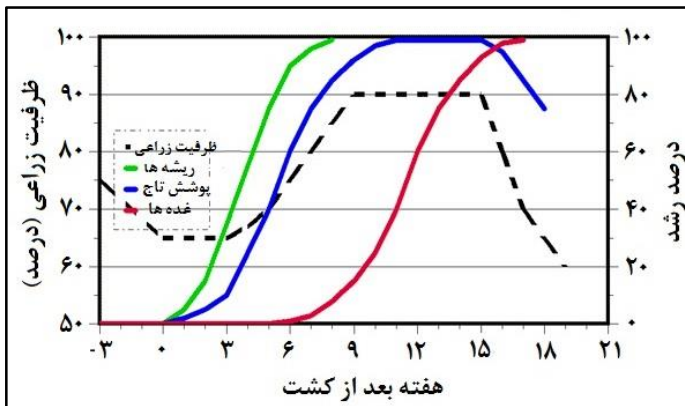
آبیاری و مراحل رشد سیب‌زمینی

آبیاری، به کارگیری مصنوعی آب در زمین و خاک است. به عبارت دیگر، پخش آب روی زمین برای نفوذ در خاک با هدف استفاده گیاه (تأمین نیازآبی) و تولید محصول، آبیاری نامیده می‌شود. موفقیت عملیات آبیاری به استفاده بهینه از آب و تولید محصول بیشتر به ازای واحد حجم آب مصرفی بستگی دارد. بررسی‌ها و تجربیات قبلی نشان داده که پخش آب در سطح مزارع سیب‌زمینی به روش‌های سطحی، بارانی و قطره‌ای امکان‌پذیر است، اما استفاده از این روش‌ها نیازمند شناخت نقاط ضعف و قوت آنها و کاربرد متناسب با شرایط و محدودیت‌های منابع آب، خاک و گیاه است.

^۱ FAO

همه گیاهان با توجه به اندازه و مرحله رشد و همچنین طول دوره نمو و فصل کشت، نیازآبی متفاوت دارند. حساسیت مراحل رشد سیب‌زمینی به رطوبت موجود خاک یا تنش خشکی بسیار متفاوت از محصولات غالب زراعی دیگر است، از این رو توصیه‌های آبیاری در دوره‌های طلایی تولید، بر اساس منحنی‌های S شکل رشد ریشه‌ها و غده‌ها (شکل ۶) ارائه می‌شود (پاولیستا، ۱۹۹۵).

برنامه‌ریزی آبیاری عبارت از انتخاب روش، عمق و دور آبیاری متناسب با اقلیم و گیاه مورد نظر است. در هر روش آبیاری، عمق و دور آبیاری بستگی به متغیرهای خاک، آب و هوا و گیاه (رقم) دارد. بسته به وقوع و پراکنش بارش‌های موثر و بازده روش آبیاری انتخابی، کل نیازآبی یا نیاز خالص آبیاری مورد نیاز سیب‌زمینی از ۳۵۰ تا ۵۵۰ میلی‌متر برآورد می‌شود. نوبت‌های آبیاری سطحی در یک مزرعه، بسته به مقدار و پراکنش بارش‌ها بین ۵ تا ۱۵ بار و در روش‌های آبیاری بارانی تا حدود دو برابر تغییر می‌کند (باغانی و همکاران، ۱۳۹۹). لزوم انجام آبیاری‌ها به مراحل تغذیه‌ای گیاه، کود آبیاری به ویژه در تقسیط کود نیتروژن (تا اواسط دوره رشد) و بارش موثر وابسته است و کاهش تعداد آبیاری‌ها به صورت مستقیم (با کاهش تلفات آبیاری) و غیر مستقیم (کاهش تخریب و فرسایش خاک، شستشوی مواد غذایی، شیوع بیماری‌ها، انتشار بذر علف‌های هرز و... با افزایش عملکرد دانه) موجب افزایش کارایی مصرف آب در سیب‌زمینی می‌شود.



شکل ۶- مراحل رشد بوته سیب زمینی رقم متوسط رس و مدل رطوبت خاک (پاولیستا، ۱۹۹۵)

قبل از کاشت تا کاشت

قبل از کاشت، رطوبت خاک باید در حدود ۷۰-۸۰ درصد ظرفیت زراعی باشد تا ضمن از بین رفتن تراکم خاک و کلوخ‌های موجود، شرایط رشد و توسعه بهتر ریشه فراهم شود. این مقدار رطوبت، معادل تخلیه حدود ۲۵ درصد آب خاک است تا در صورت وقوع بارش‌های فصلی، احتمال اشباع شدن خاک به حداقل ممکن برسد. وجود رطوبت بیش از این مقدار در خاک، باعث تاخیر در عملیات کاشت سیب زمینی می‌شود.

از کاشت تا جوانه زنی

با تهیه مناسب زمین قبل از کشت و توجه به رطوبت موجود خاک، تا ظهور جوانه در سطح زمین، معمولاً نیازی به آبیاری مزرعه نیست. وقوع بارش در فصل‌های زمستان و بهار، در مراحل کاشت و رشد اولیه سیب زمینی کفایت می‌کند ولی در صورت بروز خشکسالی در فصل بهار، آبیاری‌های سبک (با عمق کم

آبیاری) در تولید و استقرار بوته موثر است. عدم وقوع بارش در فصل بهار، باعث طولانی‌تر شدن دوره رشد سیب‌زمینی می‌شود و از این رو توصیه می‌شود که در این فصل، مزرعه آبیاری شود.

در این مرحله، ۳۰ سانتی‌متر خاک سطحی، باید ۶۵ الی ۸۰ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه را دارا باشد. افزایش رطوبت خاک یا خشکی آن باعث به وجود آمدن جوانه و ریشه ضعیف در سیب‌زمینی می‌شود. در صورت وجود رطوبت کافی قطعات سیب‌زمینی کشت شده برای تامین نیاز جوانه‌زنی، آبیاری در مرحله کاشت تا ظهور جوانه‌ها لازم نیست. افزایش رطوبت خاک و کاهش هوای خاک باعث فعال شدن برخی پاتوژن‌ها (عامل بیماری زا) می‌شود که مهمترین آنها عبارت است از بیماری‌های پوسیدگی نرم ساقه سیاه^۱ و زخم ساقه^۲، و همچنین قارچ عامل بیماری پژمردگی ورتیسلیومی^۳ (که در اواسط فصل باعث خشکیدگی بوته می‌شود). رطوبت بیش از حد خاک، مانع تنفس غده و باعث به وجود آمدن یک نوع تنش متابولیکی در غده سیب‌زمینی می‌شود. از طرف دیگر، کاهش رطوبت خاک باعث خشکی و ایجاد ترک در غده سیب‌زمینی شده و حساسیت آن را به فعالیت پاتوژن‌های خاک^۴ (عامل بیماری‌های پوسیدگی فوزاریومی و زخم ساقه) افزایش می‌دهد. رطوبت خاک در مرحله تهیه زمین (قبل از کاشت) و رطوبت غده سیب‌زمینی برای جوانه‌زنی کافی است.

¹bacterial soft rot or black leg

² stem and stolon canker

³Verticillium wilt

⁴ Fusarium spp. and Rhizoctonia

جوانه زنی تا ظهور غده های سیب زمینی

در این مرحله، رشد و توسعه ریشه و تاج (شاخ و برگ) بوته سیب زمینی سریع است و تا ظهور غنچه در انتهای ساقه ادامه دارد. ریشه در مرحله دوم رشد و توسعه قرار دارد و تاج گیاه در هر هفته تقریباً دو برابر می شود. رطوبت بهینه خاک در این مرحله رشد، ۷۰ الی ۸۰ درصد ظرفیت زراعی است. کمبود رطوبت در دسترس بوته باعث محدود شدن رشد ریشه و تاج گیاه شده و تشکیل غده های سیب زمینی را با تاخیر مواجه خواهد کرد. به عبارت دیگر، تنش خشکی در این مرحله باعث طولانی تر شدن زمان رشد بوته قبل از ظهور غده های سیب زمینی می شود. در این مرحله رشد، رطوبت خاک کمتر از ۶۵ درصد ظرفیت زراعی موجب تنش خشکی در گیاه می شود. پس از این مرحله رشد، آبیاری با حدود ۱۵ میلی متر در هفته شروع می شود و به صورت هفتگی به همین مقدار به عمق آبیاری ها افزوده می شود. پس از حدود سه هفته، که البته به رقم، سلامت غده بذری، شرایط آب و هوایی، خاک و عملیات زراعی بستگی دارد؛ غده های سیب زمینی روی نوک ساقه های زیر زمینی^۱ تشکیل می شوند و تا این مرحله، حدود ۴۵ میلی متر نیاز آبی سیب زمینی می بایست تامین شده باشد. کم آبیاری در این مرحله، باعث کاهش توسعه ریشه و تاج گیاه شده به صورت غیر مستقیم با کاهش پوشش زمین، موجب افزایش علف های هرز در مزرعه می شود. رطوبت بیش از حد خاک مزرعه نیز علاوه بر شستشوی مواد مغذی خاک بویژه نیتروژن، توان ریشه در ایجاد انشعابات مناسب را کاهش و خطر بروز بیماری زخم ساقه^۲ و پوسیدگی ساقه سیاه^۳ را افزایش می دهد.

^۱ stolon

^۲ Stolon/stem canker

^۳ Blackleg

تشکیل غده‌های کوچک سیب‌زمینی تا پایان گلدهی

حساس‌ترین مرحله نمو سیب‌زمینی در زمان گلدهی و تشکیل غده‌های سیب‌زمینی است. نیازآبی در این مرحله، ۶۰ الی ۱۰۰ میلی‌متر برآورد می‌شود و انجام آبیاری در زمان‌ها و مقدار مناسب، بیشترین تاثیر را در عملکرد بوته سیب‌زمینی دارد. در این مرحله رشد، تا سه نوبت آبیاری سطحی پیش‌بینی می‌شود. با تشکیل غده‌های کوچک، رشد بوته تقریباً متوقف شده اما احتمال ایجاد شاخه‌های جانبی روی ساقه وجود دارد. غده‌های سیب‌زمینی که روی قسمت انتهایی استولون‌ها تشکیل شده‌اند، ابتدا رشد (حجیم شدن) کندی دارند ولی به تدریج تا انتهای این مرحله، رشد سریعی خواهند داشت. تبخیر و تعرق بوته در این مرحله، به بیشترین مقدار در فصل رشد می‌رسد و رطوبت بهینه مزرعه در حد ۸۰ تا ۹۰ درصد ظرفیت زراعی است. کمترین کاهش در تامین آب مورد نیاز گیاه، باعث پیری زودرس و پژمردگی برگ‌ها و تاخیر در سرعت تشکیل غده‌های سیب‌زمینی؛ ناهنجاری در شکل و میزان قند غده‌های سیب‌زمینی؛ تضعیف بوته در برابر بیماری لکه‌موجی^۱ و توسعه بیماری جرب معمولی^۲ می‌شود. در کم‌آبی‌های طولانی‌تر، لکه‌های حاصل از این بیماری‌ها بزرگ‌تر و حجیم‌تر می‌شوند. در مناطق مستعد این بیماری توصیه می‌شود که رطوبت خاک مزرعه در حد بهینه ۹۰ الی ۹۵ درصد ظرفیت زراعی نگهداری شود. بیش آبیاری در این مرحله، باعث پیری زودرس برگ‌ها و ازبین رفتن غنچه انتهایی بوته شده و مرکز غده در اغلب غده‌های سیب‌زمینی، قهوه‌ای و خالی^۳ می‌شود. همچنین، زمین باتلاقی و آب و هوای خیلی مرطوب در این مرحله، می‌تواند بیماری‌های

¹ Early blight

² Common scab

³ Brown center and hollow heart

پوسیدگی سیاه ساقه و سفیدک داخلی^۱ را ایجاد کند و با تضعیف بوته سیبزمینی، بیماری لکه موجی را توسعه دهد. به طور کلی، در این مرحله باید رطوبت خاک به نسبت مرحله قبلی افزایش یابد و مزرعه بر این اساس، آبیاری شود. توجه به این نکته ضروری است که زیاده روی در استفاده از کود نیتروژن در این مرحله، باعث طولانی تر شدن این دوره رشد می شود.

پایان گلدهی تا پیری بوته

در این مرحله، رشد تاج و ریشه گیاه در ارقام مختلف به جز برخی توده های سیبزمینی، به طور کامل متوقف می شود؛ در حالی که به مدت ۶ الی ۷ هفته، حجیم شدن غده های سیبزمینی با سرعت ادامه می یابد. رطوبت ۷۰ الی ۸۰ درصدی غده ها از طریق آب آبیاری یا بارش های فصلی تامین می شود و رطوبت بهینه آب خاک، در محدوده ۸۰ الی ۹۰ درصدی ظرفیت زراعی است. در این مرحله، بوته سیبزمینی بیشترین تبخیر و تعرق را دارد و بنابراین به تنش آبی حساس است. تنش آبی در این مرحله، نه تنها باعث کاهش رشد غده های سیبزمینی می شود بلکه ناهنجاری های غده و بروز بیماری های پژمردگی فوزاریومی و ورتیسلیومی بوته، لکه موجی و لکه قهوه ای غده و جرب معمولی غده های سیبزمینی را ایجاد می کند.

بیش آبیاری، ضمن آبشویی نیتروژن، باعث پوکی مرکز و ایجاد سوراخ هایی روی غده های سیبزمینی می شود، و بیماری باکتریایی پوسیدگی ساقه سیاه و قارچی

^۱ Late blight

سفیدک داخلی و حساسیت به پوسیدگی نرم^۱ و پوسیدگی صورتی^۲ را در بوته افزایش می‌دهد.

از ابتدای تشکیل (مرحله قبلی) تا انتهای حجم شدن (این مرحله) غده‌های سیب‌زمینی، بوته گیاه حداکثر تبخیر و نیازآبی را در دوره رشد سیب‌زمینی دارد. به طور خلاصه، هرگونه تنش کم آبی در این مرحله شرایط را برای توسعه بیماری جرب معمولی غده افزایش می‌دهد و ضمن کاهش عملکرد، از تعداد غده‌های قابل ارائه به بازار مصرف می‌کاهد. بیش آبیاری، بیماری پوسیدگی آبکی زخم بوته^۳ و غده را افزایش داده شرایط بروز سفیدک داخلی را فراهم می‌کند.

پیری بوته تا برداشت

اگر در نیمه اول رشد، بوته‌ها در اثر تنش‌های رطوبتی دچار کاهش رشد رویشی شده باشند، در نیمه دوم رشد، با تامین آب کافی، امکان ایجاد شاخه‌های جدید و تجدید پوشش گیاهی فراهم می‌شود. در این صورت، حجم‌گیری غده‌های سیب‌زمینی کاهش می‌یابد که کاهش عملکرد را به دنبال دارد. پس در مدیریت آبیاری مزارع سیب‌زمینی می‌بایست از ایجاد تنش در مرحله رشد رویشی اجتناب کرد. آبیاری تا مرحله برداشت، باعث طولانی شدن دوره رشد سیب‌زمینی خواهد شد. آخرین آبیاری، تعیین کننده زمان برداشت و در عملکرد موثر است. تا زمان برداشت، نیازی به آبیاری نیست هرچند با تداوم آبیاری‌ها تا رسیدگی، با افزایش رطوبت و حجم غده‌ها، عملکرد افزوده می‌شود اما از کیفیت انبارداری سیب‌زمینی

¹ Soft rot

² Pink rot

³ Watery wound rot

تولیدی به شدت کاسته می‌شود. از این رو، در انتهای یک برنامه‌ریزی مناسب و تامین مداوم نیاز آبی مزرعه، آخرین آبیاری سه الی چهار هفته قبل از برداشت، می‌تواند کمیت و کیفیت محصول تولیدی را بهبود بخشد.

این مرحله، با خشک شدن قسمت‌های زایشی یا برگ‌های پائینی بوته آغاز می‌شود. رسیدگی غده زمانی اتفاق می‌افتد که ماده خشک در حداکثر مقدار و درصد قند، گلوکز و ساکارز به حداقل مقدار خود می‌رسند و پوست غده سخت شده به هسته غده می‌چسبد. طول این دوره دو تا پنج هفته‌ای، به اقلیم مناطق بستگی دارد. با کاهش آبیاری‌ها، رطوبت خاک مزرعه تا حدود ۶۰ درصد ظرفیت زراعی کاهش می‌یابد. آبیاری در این مرحله، برای کنترل برخی آفات مخرب غده سیب‌زمینی مثل کرم مفتولی^۱ و همچنین کاهش تراکم خاک و سهولت در برداشت غده‌های سیب‌زمینی مفید است. در صورت بروز بیماری لکه‌موجی در مزرعه، بیش آبیاری خطر شستشو و ورود عامل این بیماری به محیط غده‌ها را افزایش می‌دهد. بیش آبیاری نه تنها باعث حساسیت بیشتر غده‌ها به انواع بیماری‌های پوسیدگی می‌شود، بلکه با ایجاد شرایط بی‌هوایی، محیط را برای تکثیر و انتشار عوامل این بیماری‌ها فراهم می‌کند. افزایش رطوبت غده، فساد پذیری آنرا در شرایط انبار زیاد می‌کند. همچنین، آب زیاد باعث افزایش حساسیت غده‌ها به کبودی در اثر افزایش مقدار آب غده می‌شود. از سوی دیگر، رطوبت کم خاک مزرعه، می‌تواند باعث افزایش کبودی داخلی، لکه‌های سیاه و همچنین تاخیر در سخت شدن و چسبیدن پوست به هسته سیب‌زمینی شود.

^۱ *Agriotes linatus*

مدیریت آبیاری

مدیریت آبیاری، تعیین زمان و مقدار آبیاری بر اساس حداقل نوسان آب موجود در خاک در طول فصل رشد برای دستیابی به حداکثر درآمد است. مدیریت موفق آبیاری مزرعه سیب‌زمینی براساس بیلان آب خاک، شامل تشخیص و تعیین مقدار آب موجود در خاک در شرایط ظرفیت زراعی، مقدار آب مورد نیاز گیاه در مزرعه، و عمق توسعه ریشه گیاه در طول فصل رشد است. آبیاری اضافی، بیش از آن که ناشی از دفعات و تکرار آبیاری‌ها باشد، ناشی از کاربرد عمق آبیاری بیشتر از مقدار مورد نیاز یا به عبارت دیگر، عمق بیشتر از مقدار قابل ذخیره در خاک در هر آبیاری است. در روش‌های آبیاری بارانی که آب خاک در شرایط ظرفیت زراعی و همچنین عمق ریشه گیاه بیش از مقدار واقعی برآورد می‌شود؛ و در آبیاری‌های سطحی - جویچه‌ای به دلیل عدم کنترل عمق آب آبیاری مزرعه، بیش آبیاری اتفاق می‌افتد. آبیاری سنتی (طراحی نشده)، محدودیت امکانات و تجهیزات سامانه‌های نوین آبیاری، و مدیریت نامناسب این روش‌های آبیاری، منجر به آبیاری‌های سنگین (تنش بیش آبیاری) در دوره‌های طولانی (تنش خشکی قبل از آبیاری) می‌شوند.

به منظور حفظ تعادل روزانه رطوبت خاک مزرعه سیب‌زمینی، زمان مناسب آبیاری بر اساس برآورد بیلان آب خاک، و تعیین نیازآبی گیاه با استفاده از داده‌های اقلیمی نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی تعیین می‌شود. این روش با اندازه‌گیری دوره‌ای رطوبت واقعی مزرعه با روش‌ها و امکانات کم هزینه، برای تنظیم بیلان رطوبت خاک محاسبه شده، دقیق تر می‌شود. در روش بیلان یا موازنه رطوبت خاک مزرعه، علاوه بر تعیین زمان آبیاری، عمق آبیاری نیز برآورد می‌شود. مراحل این روش عبارتند از:

- تعیین یا تخمین رطوبت خاک مزرعه در نقاط حدی ظرفیت زراعی و پژمردگی دائم.
- اندازه گیری یا تخمین عمق موثر ریشه محصول فعلی.
- برآورد درست و به هنگام از نیاز آبی روزانه گیاه.
- بیان رطوبتی خاک یا حسابداری رطوبت روزانه خاک مزرعه با کسر نیاز آبی روزانه گیاه.
- آبیاری در زمانی که رطوبت روزانه خاک به ۶۵ الی ۷۵ درصد رطوبت در دسترس برسد. عمق خالص آبیاری برای تامین کاستی رطوبت نسبت به رطوبت ظرفیت زراعی یا کمتر از آن (در کم آبیاری) است.
- پایش پیوسته آب موجود در خاک یا پتانسیل آب خاک و تنظیم تعادل روزانه آب خاک مطابق با شرایط واقعی مزرعه.

مثال : بافت خاک مزرعه سیب زمینی در عمق ۴۵ سانتی متری عمق توسعه ریشه دارای ظرفیت نگهداری ۲۲ میلی متر آب (جدول ۸). بنابراین، فاصله آبیاری ها باید به گونه ای تعیین شود که گیاه برای دریافت نیاز آبی از خاک محیط ریشه خود، دچار تنش نشود.

جدول ۸- آب در دسترس لایه های خاک مزرعه

رطوبت در دسترس لایه خاک (میلی متر)	بافت خاک	عمق (سانتی متر)
۰,۲ (عمق لایه خاک) $\times 35$ (اعداد قرمز جدول ۴) = ۷	شنی	۰-۲۰
۰,۲۵ (عمق لایه خاک) $\times 60$ (اعداد قرمز جدول ۴) = ۱۵	لوم شنی	۲۰-۴۵
۲۲	مجموع	

جدول محاسبه ای مشابه جدول شماره ۹، با تعداد ردیف به اندازه تعداد روز فصل رشد سیب‌زمینی برای این مزرعه تهیه می‌شود. در جدول ۹، در ستون اول از سمت راست، روزهای فصل رشد سیب‌زمینی، ستون دوم نیاز آبی روزانه برآورد شده با استفاده از یکی از روش‌های موجود مثل روش تشت تبخیر (بند ۲-۳)، ستون سوم مقدار تجمعی کاهش آب خاک (-) رطوبت جذب شده توسط گیاه در عمق توسعه ریشه و تبخیر از سطح خاک در فاصله دو آبیاری- یا بارش (ستون چهارم) معادل آبیاری و در ستون آخر، عملیات مزرعه‌ای یادداشت می‌شود. با توجه به ظرفیت نگهداری آب خاک، آبیاری زمانی انجام می‌شود که مقدار تجمعی کاهش آب خاک کمتر از ۲۲ میلی‌متر باشد. توصیه می‌شود که یک روز قبل از آبیاری، رطوبت مزرعه ارزیابی و با برآوردهای جدول مقایسه شود. در صورت وقوع بارش در هر روز از فصل رشد، حداکثر مقدار بارش موثر، معادل مقدار کاهش رطوبت خاک یا مقداری بارش قابل ذخیره در خاک پیرامون ریشه فعال گیاه است. در شرایط مزرعه این مثال حداکثر بارش موثر یا بارش تامین کننده نیاز گیاه، ۲۲ میلی‌متر است.

روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری کمی محتوای آب خاک وجود دارد اما به دلیل سطح آستانه آب موجود در خاک و عمق محدود منطقه ریشه، تنها برخی از آنها در مزرعه سیب‌زمینی مناسب هستند. کاربرد بسیاری از روش‌ها، دشوار است و نیاز به آموزش، تجربه و تجهیزات گران قیمت دارند.

جدول ۹- بیان رطوبت خاک مزرعه

تاریخ	نیاز آبی روزانه	کاهش آب خاک	بارش	عملیات مزرعه ای ضروری
۱۳۸۷/۱۲/۱۷	۲/۱	۰/۰	۰/۰	آبیاری
۱۳۸۸/۱۲/۱۸	۴/۰	۴/۰	۰/۰	
۱۳۸۹/۱۲/۱۹	۴/۴	۸/۴	۰/۰	
۱۳۹۰/۱۲/۲۰	۴/۳	۱۲/۷	۰/۰	
۱۳۹۱/۱۲/۲۱	۴/۶	۱۷/۳	۰/۰	اندازه گیری رطوبت مزرعه
۱۳۹۲/۱۲/۲۲	۴/۳	۰/۰	۰/۰	آبیاری
۱۳۹۲/۱۲/۲۳	۲/۸	۲/۸	۰/۰	
۱۳۹۲/۱۲/۲۴	۴/۱	۴/۵	۳/۰	
۱۳۹۲/۱۲/۲۵	۴/۱	۸/۶	۰/۰	
۱۳۹۲/۱۲/۲۶	۳/۲	۰/۰	۳۸/۳	بارش موثر < کاستی آب خاک
۱۳۹۲/۱۲/۲۷	۳/۸	۰/۰	۱۵/۹	بارش موثر < کاستی آب خاک
۱۳۹۲/۱۲/۲۸	۴/۰	۴/۰	۰/۰	
۱۳۹۲/۱۲/۲۹	۴/۴	۸/۴	۰/۰	
۱۳۹۱/۱/۱	۴/۸	۱۳/۲	۰/۰	
۱۳۹۱/۱/۲	۵/۲	۱۸/۴	۰/۰	اندازه گیری رطوبت مزرعه
۱۳۹۱/۱/۳	۵/۲	۰/۰	۰/۰	آبیاری

یکی از ابزار قابل استفاده برای اندازه گیری غیرمستقیم رطوبت خاک، دستگاه نوترون پروب^۱ است. این دستگاه، احتمالاً دقیق ترین و قابل اطمینان ترین ابزار اندازه گیری آب خاک است زیرا مقدار حجمی آب خاک را تعیین می کند. با توجه به تشعشعات نوترونی و نیاز به مجوزهای خاص، آموزش و هزینه های عملیاتی مربوطه، استفاده از آنها به کشت و صنعت ها، شرکت های مشاوره آبیاری و مزارع بزرگ محدود می شود.

¹ Neutron probe

دستگاه بازتاب سنجی در دامنه زمانی^۱ (TDR) بسیار دقیق و برای اندازه‌گیری آب خاک در مزارع سیب‌زمینی مناسب است ولی هزینه اولیه تهیه تجهیزات آن بسیار زیاد است.

استفاده از تانسومتر^۲ در مدیریت آبیاری بر اساس رطوبت موجود خاک، در مزارع سیب‌زمینی موفق و قابل اطمینان بوده است که کارایی آن به نصب درست تانسومتر و ایجاد تماس مناسب بین خاک و کلاهک سرامیکی آن بستگی دارد. تانسومتر تنها ابزاری است که می‌تواند "مکش خاک" را به طور مستقیم اندازه‌گیری کند (کاسل و کلات، ۱۹۸۶). مکش خاک، نیرویی است که گیاهان برای دستیابی به آب مورد نیاز باید بر آن غلبه کنند و توزیع و انتقال رطوبت را در داخل خاک تعیین می‌کند. بنابراین، ساختار و روش استفاده از آن در مزرعه و تفسیر قرائت‌های مربوط به آن ارائه می‌شود.

مکش سنج مزرعه‌ای یا تانسومتر

تانسومتر از یک لوله با نوک سرامیکی متخلخل در پایین، یک دستگاه خلاء در نزدیکی بالا و یک انتهای آب بندی تشکیل شده است. اجزای یک تانسومتر (شکل ۷) عبارتند از:

۱- درپوش پلاستیکی انعطاف پذیر، از ورود هوا به داخل تانسومتر جلوگیری می‌کند.

۲- واشر لاستیکی در محل اتصال، آب‌بندی خلاء سنج را بر عهده دارد.

۳- نقطه اتصال خلاء سنج با لوله برای چرخش خلاء سنج و تسهیل قرائت.

۴- علامت روی بدنه تانسومتر برای قرار دادن آن در عمق صحیح.

¹ Time domain reflectometry

² Tensiometers

۵- لوله پلکسی گلاس که در برابر اشعه خورشیدی و اثرات آب و خاک مقاوم است. قطر این لوله معمولاً یک اینچ (۲۵ میلی متر) است اما طول آن بر اساس عمق نصب انتخاب می شود. اندازه های استاندارد طول تانسیومتر، ۶، ۱۲، ۱۸، ۲۴، ۳۶، ۴۸ و ۶۰ اینچ است.

۶- کلاهک سرامیکی قابل تعویض (فنجان) با هدایت هیدرولیکی بالا. منافذ کلاهک سرامیکی به قدری ریز و کوچک است که وقتی کلاهک، اشباع است (یعنی در شرایطی که تانسیومتر به درستی کار می کند) هوا نمی تواند از طریق آن به داخل لوله تانسیومتر وارد شود.

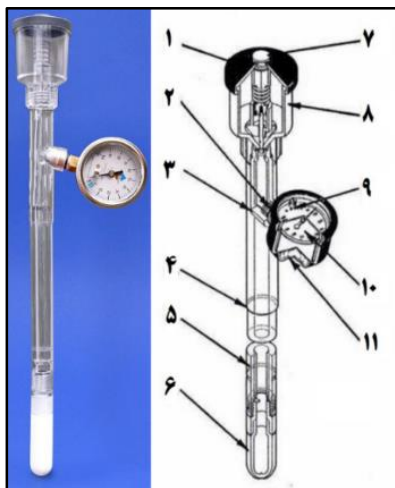
۷- دکمه تزریق، با پر کردن مجدد لوله تانسیومتر، هوای جمع شده را از لوله خارج می کند.

۸- مخزن آب تانسیومتر به عنوان منبع ذخیره آب برای لوله تانسیومتر عمل می کند. البته در برخی از تانسیومترها مخزن وجود ندارد.

۹- دستگاه خلاء سنج، فشار داخل تانسیومتر را نسبت به فشار بیرون (اتمسفر محلی) اندازه گیری می کند. فشار نسبی منفی یا خلاء نسبی، شاخصی از پتانسیل ماتریک خاک است.

۱۰- مقیاس خلاء سنج، بر حسب سانتی بار بین صفر تا ۱۰۰ درجه بندی شده است (هر سانتی بار معادل یک کیلو پاسکال یا ۱۰ سانتی متر آب است).

۱۱- پوسته بیرونی پلاستیکی انعطاف پذیر، برای محافظت از خلاء سنج در برابر نفوذ آب و هوا.



شکل ۷- قسمت‌های مختلف تانسیومتر (مدل jet Fill 2725 AR)

مراحل آماده سازی تانسیومتر عبارتند از:

- ۱- به منظور هواگیری تانسیومتر، کلاهک سرامیکی را در ظرف آب مقطر که از پیش جوشانده و سرد شده است، کاملاً فرو ببرید.
- ۲- درپوش تانسیومتر را برداشته و پمپ خلاء دستی را مطابق شکل ۸ د- به تانسیومتر متصل نمایید.
- ۳- با استفاده از پمپ خلاء دستی، در داخل تانسیومتر مکش ایجاد نمایید. این کار باعث می‌شود تا آب، از طریق کلاهک سرامیکی به داخل تانسیومتر وارد شود.
- ۴- عمل فوق را تا زمانی که لوله و مخزن تانسیومتر با آب پر شود ادامه دهید.

۵- پمپ خلاء را از تانسئومتر جدا نموده و سپس درپوش تانسئومتر را بگذارید. اجازه دهید تانسئومتر به مدت ۲۴ ساعت در ظرف آب باقی بماند تا کلاhek سرامیکی کاملاً اشباع گردد (شکل ۸- الف و ب).

۶- در انتقال تانسئومتر به مزرعه برای جلوگیری از تبخیر آب و خشک شدن کلاhek سرامیکی، باید آن را در ظرف آب قرار داد یا با یک پاکت پلاستیکی پوشاند.

۷- به منظور اطمینان از داده‌های اندازه‌گیری شده به وسیله تانسئومتر، باید از سالم بودن خلاءسنج اطمینان حاصل کنید. بدین منظور، درپوش تانسئومتر را برداشته و یک پمپ خلاء را که خلاءسنج دقیقی دارد به تانسئومتر متصل نمائید (شکل ۸- ج). به کمک پمپ، مکشی در داخل تانسئومتر ایجاد و خلاءسنج پمپ را قرائت و سپس، مقدار آن را با خلاءسنج تانسئومتر مقایسه کنید (شکل ۸- د).

عمق نصب تانسئومتر باید به گونه‌ای باشد که کلاhek سرامیکی در منطقه فعال ریشه گیاه قرار گیرد. برای گیاهان با ریشه سطحی که عمق ریشه آنها کمتر از ۴۵ سانتی‌متر است، نصب یک تانسئومتر در چارک سوم یا وسط منطقه ریشه کفایت می‌کند. همچنین، وقتی گیاه جوان است می‌توان تانسئومتر را در عمق کمتری نصب کرد و با توسعه ریشه، آن را پایین‌تر برد. برای گیاهان با ریشه عمیق و درختان، در هر محل باید دو تانسئومتر نصب شود.

در هر مزرعه، تعداد محل‌هایی که لازم است تانسئومتر در آنها نصب شود به نوع سیستم آبیاری، یکنواختی خاک و الگوی کشت بستگی دارد. به طور کلی، در هر ۱۵ هکتار باید حداقل دو تانسئومتر نصب شود.

- تانسیومتر را باید در جایی نصب نمود که از اثرات حاشیه ای به دور باشد. برای مثال، در آبیاری سطحی، تانسیومتر باید به اندازه کافی از ابتدای مزرعه، که بیشتر از نقاط دیگر آبیاری می‌شود، فاصله داشته باشد. در مزرعه سیب زمینی، تانسیومتر در روی پشته که محل استقرار بوته‌های سیب‌زمینی است، در دو عمق ۲۰ و ۴۰ سانتی‌متری نصب می‌شود. تانسیومتر بالایی برای ارزیابی پتانسیل آب خاک در بخش عمده‌ای از منطقه ریشه استفاده می‌شود، در حالی که از تانسیومتر عمیق‌تر، برای تعیین افزایش یا کاهش پتانسیل آب خاک در انتهای ناحیه ریشه در طول زمان استفاده می‌شود.



شکل ۸- آماده سازی تانسیومتر قبل از نصب: الف- اشباع کلاhek سرامیکی، ب- نمای از بالا، ج - پمپ خلاء دستی، د- هواگیری تانسیومتر و واسنجی خلاءسنج.

- در آبیاری قطره‌ای، بهتر است تانسیومتر در قسمت داخلی خطوط قطره‌چکان و در سمتی که آفتاب بیشتری دریافت می‌کند، نصب شود. همچنین، لازم است تانسیومتر به اندازه کافی (حدود ۳۰ تا ۴۵ سانتی‌متر) از قطره‌چکان‌ها فاصله داشته باشد.

پس از آماده کردن تانسئومتر و تعیین موقعیت و عمق نصب آن در مزرعه، برای اطمینان از تماس مستقیم کلاهک سرامیکی با خاک، چاهکی به قطر تقریبی ۲۲ میلی‌متر (کمی کمتر از قطر تانسئومتر) حفر (شکل ۹-الف) و کلاهک سرامیکی و کف چاهک حفر شده را مرطوب می‌کنیم (شکل ۹-ب و ج). سپس، تانسئومتر به آرامی و با فشار به داخل چاهک فرو می‌رود تا نوک کلاهک سرامیکی با کف چاهک تماس داشته باشد. پس از نصب، اطراف تانسئومتر را با مقداری خاک برآمده می‌کنیم تا اطراف آن، آب جمع نشود (شکل ۹-ب).

• هنگام حفر سوراخ، گرفتن نمونه برای تعیین مقدار اولیه رطوبت خاک توصیه می‌شود.

خلاء سنج مقدار مکش را نسبت به فشار اتمسفر بیرونی اندازه‌گیری می‌کند. در شکل ۱۰ تغییرات درجه خلاءسنج با تغییرات پتانسیل ماتریک خاک ناشی از تغییرات رطوبت آن نمایش داده شده است.



شکل ۹- روش نصب تانسئومتر در مزرعه: الف- حفر چاهک، ب- مرطوب کردن کلاهک سرامیکی، ج- مرطوب کردن چاهک، د- پر کردن فاصله بدنه چاهک با تانسئومتر، س- قرائت درجه خلاء سنج.

نکات مهم:

- هنگامی که نیمی از نوک سرامیکی تانسیومتر در آب غوطه‌ور است، خلاءسنج تانسیومتر، مکش صفر را نشان می‌دهد.
- هنگام قرائت خلاءسنج، می‌بایست توجه داشت که توزیع مجدد آب آبیاری در نیمرخ خاک به بافت آن و عمق قرارگیری تانسیومتر بستگی دارد.
- در مکش ۸۵ کیلوپاسکال (۸۵ سانتی‌بار یا ۸۵۰ سانتی‌متر آب) هوا از کلاهک سرامیکی وارد تانسیومتر می‌شود. از این رو، حداکثر مکش قابل اندازه‌گیری توسط تانسیومتر، ۸۵ کیلوپاسکال است.
- قرائت عدد صفر کیلوپاسکال خلاءسنج، به معنای اشباع خاک اطراف تانسیومتر در هر بافت خاک است. انتظار می‌رود پس از باران شدید یا آبیاری سنگین، تانسیومتر عدد صفر را نشان دهد. تداوم قرائت صفر پس از آبیاری، نشانگر شرایط نامناسب زهکشی است. طولانی شدن این حالت، گویای کمبود اکسیژن در محل ریشه است و باعث صدمه آب ماندگی یا سطح ایستابی به گیاه می‌شود و امکان به وجود آمدن بیماری‌های بوته و ریشه را فراهم می‌کند.
- قرائت در محدوده صفر الی ده کیلوپاسکال خلاء سنج، حاکی از وجود آب مازاد در منطقه ریشه است. تداوم قرائت در این محدوده، نشانگر شرایط زهکشی ضعیف است که برای دستیابی به رشد سالم گیاه باید اصلاح شود.
- قرائت عدد ۱۰ تا ۲۰ کیلوپاسکال خلاء سنج، به عنوان "محدوده ظرفیت زراعی" خاک شناخته می‌شود و نشان دهنده شرایط مطلوب خاک و وجود رطوبت و هوای کافی برای رشد سالم گیاه است. آبیاری مزرعه با این قرائت خلاءسنج می‌بایست متوقف شود. مزارع با بافت خاک رس سنگین تا بافت متوسط در این زمان، به آبیاری نیاز ندارند. در خاک‌های شنی با ظرفیت بسیار

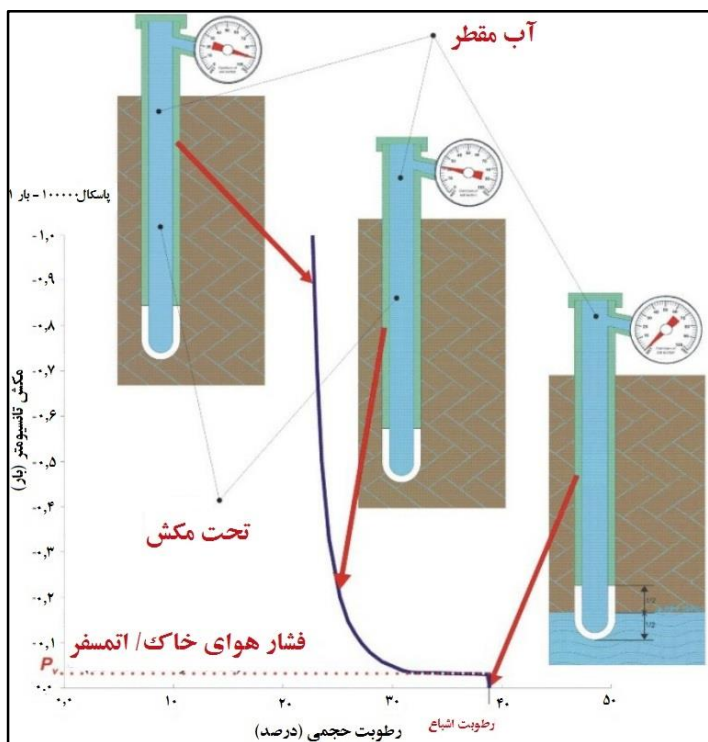
کم ذخیره آب، با این که به آبیاری نیازی نیست، می‌بایست توجه نمود که با تغییرات اندک رطوبت، افزایش بسیار سریع مکش خاک حتی در یک روز اتفاق می‌افتد؛ بنابراین، انجام آبیاری مانع بروز تنش خشکی در گیاهان حساس می‌شود.

- شروع آبیاری سیب‌زمینی که جزو گیاهان حساس به کم آبی است، از قرائت خلاءسنج ۱۵ تا ۲۰ کیلوپاسکال در مزارع با بافت درشت‌دانه شنی به ویژه در مراحل حساس رشد، مانع از بروز صدمه ناشی از تنش آبی به گیاه می‌شود.

- در محدوده ۲۰ تا ۴۰ کیلوپاسکال خلاءسنج، رطوبت و هوای موجود برای رشد گیاه کافی است. در مزارع با خاک‌های رس سنگین تا بافت متوسط، نیازی به آبیاری نیست اما در خاک‌های شنی درشت‌دانه در محدوده ۲۰ تا ۳۰ کیلوپاسکال و در خاک‌های شنی ریزتر در محدوده ۳۰-۴۰ کیلوپاسکال، آبیاری شروع می‌شود.

- در محدوده ۴۰ تا ۶۰ کیلوپاسکال خلاءسنج، مقدار رطوبت و هوا برای رشد گیاهان در خاک‌های با بافت ریز مناسب است. در مزارع با بافت متوسط، آبیاری شروع می‌شود و در خاک‌های سبک، بسته به زمان و مدت وقوع، تنش خشکی به گیاه صدمه وارد کرده است.

- در محدوده ۶۰ تا ۸۰ کیلوپاسکال خلاءسنج، رطوبت در دسترس انواع خاک‌ها به جز خاک‌های رسی سنگین، قابل استفاده نیست. در خاک‌های رسی سنگین شروع آبیاری از محدوده ۷۰ الی ۸۰ کیلوپاسکال است.



شکل ۱۰- تعیین آب خاک با قرائت درجه تانسومتر

کاستی رطوبت خاک مزرعه و عمق آبیاری

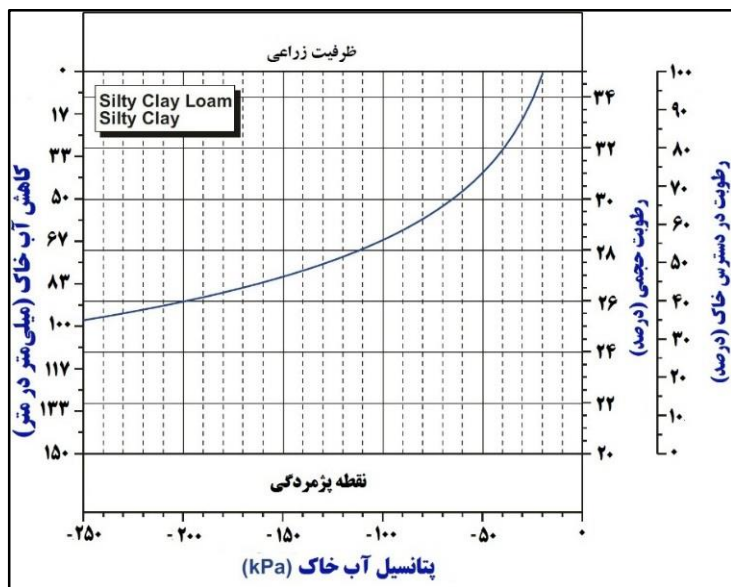
منحنی رطوبتی یا منحنی نگهداشت آب در خاک، بیانگر رابطه بین مقدار آب خاک و پتانسیل آب خاک است. مکش یا تنش آب خاک عبارت است از انرژی پتانسیلی آب در خاک که در مدیریت آبیاری در محدوده اشباع تا پژمردگی دائم (مکش صفر تا ۱۵ بار) تعریف می‌شود. پتانسیل ماتریک و مقدار رطوبت رابطه غیر خطی دارند که در خاک‌های مختلف متفاوت است. به طور کلی، در مکش‌های پایین (پتانسیل ماتریک حدود ۰/۵- بار) تغییرات جزئی در مقدار

رطوبت با تغییرات کم پتانسیل ماتریک همراه است ولی ا در مکش‌های بالا (پتانسیل ماتریک حدود ۱۰- بار) تغییرات جزئی در مقدار رطوبت، سبب تغییرات زیادی در پتانسیل ماتریک خاک می‌شود. منحنی رطوبتی در خاک رسی و شنی با هم متفاوت است که با تفاوت خلل و فرج این دو خاک توجیه می‌شود. در یک خاک رسی، خلل و فرج درشت کم، توزیع اندازه ذرات خاک زیاد، و جرم مخصوص کمتر است و آب بیشتری در نقطه اشباع دارد. همچنین، خاک رسی سطح ویژه زیاد دارد و در نتیجه، آب جذب شده آن بیشتر است. بنابراین، با کاهش پتانسیل ماتریک، مقدار آب خاک رسی به تدریج کاهش می‌یابد؛ در حالی که بیشتر آب خاک شنی در خلل و فرج درشت است و در یک مکش متوسط، این آب از توده خاک خارج می‌شود. در خاک‌های کشاورزی بر خلاف خاک شنی انواع خلل و فرج یافت می‌شود و بنابراین، آزاد شدن رطوبت از خاک به عنوان تابعی از مکش ماتریک، تدریجی بوده و دفع رطوبت تا مکش ۱۰۰- بار ادامه می‌یابد.

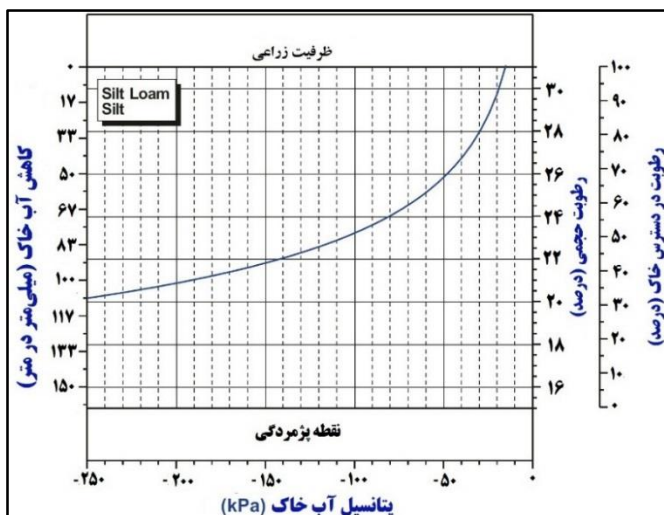
تعیین منحنی رطوبتی خاک که نشان دهنده ارتباط پتانسیل آب خاک با رطوبت حجمی خاک است برای برنامه‌ریزی آبیاری مناسب یک مزرعه، ضروری است. در صورتی که اندازه‌گیری و رسم منحنی رطوبتی خاک امکان پذیر نباشد، می‌توان از منحنی‌های عمومی رطوبت خاک برای بافت‌های مختلف (شکل‌های ۱۱-الف، ۱۱-ب، ۱۱-ج و ۱۱-د) استفاده کرد (کینگ و استارک، ۱۹۹۶). این منحنی‌ها امکان تبدیل پتانسیل آب خاک (کیلو پاسکال) به رطوبت حجمی خاک (درصد)، تعیین آب در دسترس (درصد) و تعیین کاستیرطوبت خاک (میلی متر در متر) را فراهم می‌کند. به عبارت دیگر، با استفاده از این منحنی‌ها و با اندازه‌گیری رطوبت خاک یا پتانسیل آب خاک، می‌توان عمق خالص آبیاری مورد نیاز برای جبران کاستی آب خاک را نسبت به ظرفیت مزرعه محاسبه کرد.

مثال : چنانچه تانسئومتر، متوسط پتانسیل آب خاک را ۴۰- کیلوپاسکال در یک خاک شن لومی (شکل ۱۱-د) نشان دهد، رطوبت در دسترس خاک ۶۲٪ است و زمان آن است که با عمق خالص ۳۰ میلی‌متر در یک متر، عمق موثر ریشه را آبیاری کنید.

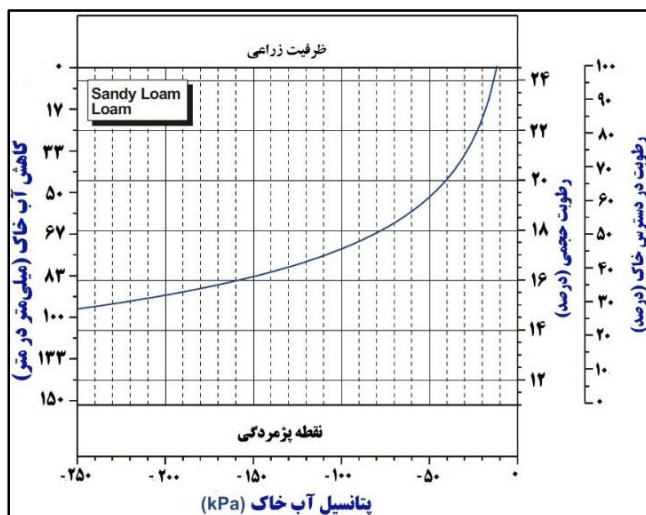
پایش مداوم رطوبت خاک مزرعه به تنهایی برای اعمال برنامه‌ریزی آبیاری منطبق بر نیاز مزرعه کفایت می‌کند.



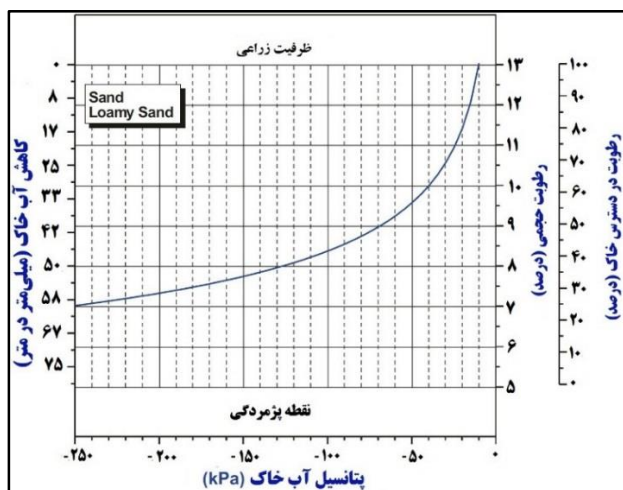
شکل ۱۱ - الف - منحنی عمومی رطوبتی برای خاک‌های لوم رسی سیلتی و رس سیلتی



شکل ۱۱ - ب - منحنی عمومی رطوبتی برای خاک‌های لوم سیلتی و سیلتی



شکل ۱۱ - ج - منحنی عمومی رطوبتی برای خاک‌های لوم شنی و لومی



شکل ۱۱ - د- منحنی عمومی رطوبتی برای خاک‌های شنی و شن لومی

مدیریت‌ها و روش‌های آبیاری سیب‌زمینی

در بین طیف وسیعی از گیاهان تابستانه و زمستانه، سیب‌زمینی یکی از گیاهان زراعی حساس به آبیاری و مدیریت آبیاری است. برنامه‌ریزی آبیاری سیب‌زمینی شامل انتخاب روش، دور و مقدار آبیاری؛ علاوه بر تامین نیاز گیاه، در شیوع و خسارت برخی بیماری‌های ویروسی و باکتریایی آن موثر است.

آگاهی از بیلان منابع آب موجود در فصل کشت سیب‌زمینی با هدف دستیابی به عملکرد مناسب، برای تعیین سطح زیر کشت و برنامه‌ریزی مطمئن تامین آب به ویژه در مراحل حساس تشکیل غده‌ها و گلدهی بسیار ضروری است.

سیب‌زمینی را می‌توان با بسیاری از روش‌ها آبیاری کرد. با این حال، برخی از آنها برای به دست آوردن غده‌های با کیفیت بالا مناسب‌تر هستند. طبیعت حساس به آب سیب‌زمینی، همراه با ریشه کم‌عمق سطحی آن، استفاده از

روش‌های آبیاری با قابلیت اعمال دورآبیاری بیشتر، عمق آبیاری کمتر و یکنواختی توزیع بهتر را ضروری می‌کند. براساس این قابلیت‌ها، اولویت استفاده از انواع سامانه‌های آبیاری در مزارع سیب‌زمینی به ترتیب عبارتند از: آبیاری قطره‌ای، آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آپاش متحرک، دستگاه آبیاری خطی (لینیر)، دستگاه آبیاری دوار مرکزی (سنتریپوت)، آبیاری بارانی غلطکی، آبیاری بارانی کلاسیک با جابجایی دستی و آبیاری سطحی - جویچه‌ای (استارک و همکاران، ۲۰۲۰). البته، هزینه استفاده از هر روش آبیاری و میزان تولید یا درآمد حاصل از مزارع سیب‌زمینی، سازگاری با نوع خاک، تناوب زراعی و فرهنگ استفاده از این سامانه‌ها، عوامل مهمی در انتخاب سیستم آبیاری است.

آبیاری موضعی

آبیاری موضعی عبارتست از پخش آهسته آب بر سطح یا زیر سطح خاک به صورت قطرات مجزا، پیوسته، جریان باریک، یا پاشش ریز از طریق قطره‌چکان‌هایی که در طول نوار آبیاری قرار دارند. آبیاری موضعی دارای روش‌ها و مفاهیم متعددی مانند آبیاری قطره‌ای، آبیاری زیربستری، آبیاری فواره‌ای و آبیاری پاششی است. آبیاری قطره‌ای در کنترل بیماری‌ها و برخی آفات سیب‌زمینی موثر است و در کارائی مصرف کود و تغذیه بوته‌های سیب‌زمینی نیز نقش موثری دارد.

هزینه استفاده از نوارهای آبیاری دارای قطره‌چکان زیرسطحی (شکل ۱۲) زیاد است و همچنین، با خاک ورزی عمیق سنتی و تردد ادوات کشاورزی سنگین هنگام برداشت سنتی سیب‌زمینی ناسازگار است. این روش، برای مدیریت و حفظ رطوبت مناسب مزرعه سیب‌زمینی در خاک‌های درشت دانه نیز مناسب نیست. برای ارائه راهکار سازگاری با کاهش منابع آب آبیاری در بسیاری از مناطق، این

فناوری نیاز به بازنگری دارد. پیشرفت‌های موجود در کشاورزی دقیق و فن‌آوری هدایت ادوات کشاورزی، امکان خاک ورزی عمیق و برداشت را بدون خطر آسیب دیدگی نوار قطره‌ای فراهم می‌کند.

با نصب و راه اندازی صحیح، نوارهای آبیاری قطره‌ای زیر سطحی، حدود ۱۵ سال قابل استفاده است و بنابراین، هزینه سالانه آن ممکن است کمتر از سایر سیستم‌های آبیاری باشد. عمق کارگذاری نوارهای آبیاری قطره‌ای زیر سطحی، به بافت خاک و الگوی کشت یا تناوب زراعی هر مزرعه بستگی دارد.

نبلینگ و بروکس^۱ (۱۹۹۵) عملکرد و کیفیت سیب‌زمینی رقم روست باربنکس^۲ را در چهار عمق کارگذاری نوار قطره‌ای (۷٫۵، ۲۰، ۲۵ و ۴۰ سانتی‌متر) در خاک لومی شنی ارزیابی کردند. آنان دریافتند که در عمق کارگذاری ۷/۵ و پس از آن اعماق ۲۵، ۲۰ و سپس ۴۰ سانتی‌متری، حداکثر عملکرد و کیفیت سیب‌زمینی به دست می‌آید. عمق کارگذاری نوارهای آبیاری قطره‌ای در ۷٫۵ سانتی‌متری بالای محل کاشت، ۲۰ سانتی‌متری نزدیک محل کاشت و ۲۵ و ۴۰ سانتی متر پائین تر از محل کشت در نظر گرفته شد. به دلیل توانایی کم خاک محل آزمایش در صعود موئینه ای آب، فقط در تیمارهای ۲۵ و ۴۰ سانتی‌متری، آب آبیاری را عمدتاً به زیر ناحیه منطقه فعال ریشه رها می‌شد. در تیمار ۲۰ سانتی‌متری نوار آبیاری قطره‌ای، آب در نزدیکی کاشت بذر وجود داشته‌که باعث توسعه محدود ریشه بوته سیب‌زمینی می‌شد. در یک آزمایش سه ساله در هندوستان، پاتل و راجپوت^۳ (۲۰۰۷) عمق نوارهای ۰، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ سانتی‌متر را در خاک لومی شنی بررسی کردند. بیشترین عملکرد و بهترین

¹Neibling and Brooks

² Russet Burbank

³ Patel and Rajput

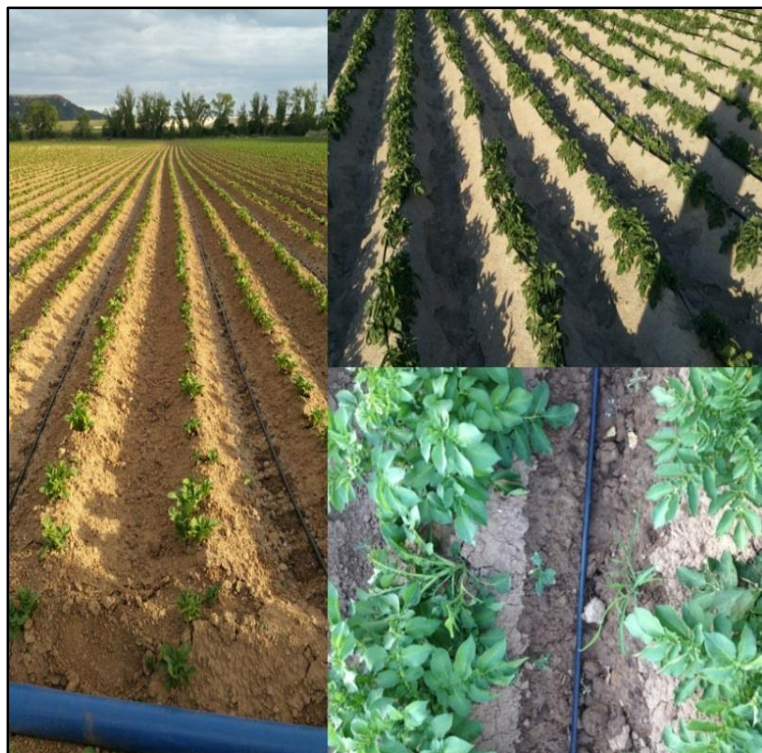
کیفیت غده‌های سیب‌زمینی طی دو سال آزمایش، در عمق ۱۰ سانتی‌متری نوارهای آبیاری قطره‌ای و در سال سوم در عمق ۱۵ سانتی‌متری به دست آمد. شوک و همکاران^۱ (۲۰۰۵) در امریکا، آزمایش دو ساله‌ای را در بافت خاک لومی سیلتی با چهار تیمار آرایش کاشت سیب‌زمینی و نوارهای آبیاری قطره‌ای در پشته‌های ۱۸۳ سانتی‌متری انجام دادند. تیمارها شامل: کاشت دو ردیف با فاصله ۹۱ سانتی‌متر از نوارهای آبیاری بالاتر از ردیف‌های کاشت؛ کاشت دو ردیف با فاصله ۹۱ سانتی‌متر از نوارهای آبیاری با فاصله ۲۳ سانتی‌متر (به سمت وسط پشته) از ردیف‌های کاشت؛ و کشت چهار ردیف با فاصله ۴۰ سانتی‌متر (یک نوار آبیاری قطره‌ای در وسط هر دو ردیف کاشت) بود. تعداد بوته در هر هکتار با توجه به آرایش‌های کشت انتخابی از ۴۵۰۰۰ الی ۶۰۰۰۰ بوته در هکتار بود. طی سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۴، عملکرد کل، عملکرد قابل فروش و مقدار فروش تیمارهای مختلف با یکدیگر مقایسه شد. در مجموع دو سال آزمایش، آرایش کاشت چهار ردیف با تراکم بالاتر، بیشترین بهره‌وری مصرف آب و مطلوب‌ترین اندازه غده را داشت.



شکل ۱۲- لوله‌های زیر زمینی آبیاری قطره‌ای

¹ Shock et al.

سامانه‌های آبیاری قطره‌ای موقت سطحی با استفاده از نوار قطره‌ای با دیواره نازک، لوله انعطاف پذیر برای خطوط اصلی (شکل ۱۳) و یک سیستم تصفیه آب و پمپ قابل حمل در مزارع کوچک استفاده می‌شود. در این سامانه، از نوار قطره‌ای یک ساله قابل بازیافت استفاده می‌شود و اجزای باقی مانده سامانه برای فصول بعدی به سایت دیگری منتقل می‌شود (باغانی و همکاران، ۱۳۹۶).



شکل ۱۳- آبیاری قطره‌ای سطحی در مزرعه سیب‌زمینی

آبیاری دوار مرکزی (سنتریوت) و متحرک خطی (لینیر)

استفاده از آبیاری‌های دوار مرکزی (سنتریوت) و متحرک خطی با پاشنده‌های کم فشار برای آبیاری و تامین نیازآبی تا حداکثر ۶ میلی‌متر در روز در فصل بهار مناسب است. در یک الگوی کشت، این سامانه‌ها ظرفیت آبیاری در کشت‌های تابستانه را با نیازآبی تا ۱۲ میلی‌متر در روز دارند. با توجه به نیازآبی الگوی کشت هر منطقه، سامانه آبیاری دوار مرکزی یا متحرک خطی می‌بایست انتخاب، اجرا و بهره‌برداری شود. برنامه‌ریزی آبیاری (عمق و دور آبیاری) در این سامانه‌ها با توجه به نیازآبی سیب‌زمینی به گونه ای اعمال می‌شود که از هرگونه تنش کم آبی یا خطر آب ماندگی در اثر رواناب پرهیز شود.

مهمترین محدودیت‌کاربرد این سامانه‌ها، هزینه زیاد و مدیریت راه اندازی، تعمیر و نگهداری آنها است. با توجه به وسعت کاربرد سامانه‌های آبیاری سنتریوت و لینیر، غیریکنواختی در این مزارع غیر قابل اجتناب است. این غیریکنواختی ناشی از تغییر بافت خاک و ظرفیت نگهداری آب خاک، سرعت نفوذ آب به خاک و همچنین تغییر در نیازآبی گیاه ناشی از تاریخ کاشت یا آبیاری‌های با یا بدون تنش است.

مدیریت آبیاری سامانه دوار مرکزی به میزان ذخیره آب در خاک و عمق ریشه گیاه بستگی دارد. دور و عمق آبیاری می‌بایست پاسخگوی حداکثر نیاز گیاه متناسب با فصل کشت و شرایط آب و هوایی هر منطقه باشد. یکی از محدودیت‌های برنامه‌ریزی آبیاری مزارع سیب‌زمینی در اراضی با خاک درشت دانه (با ظرفیت نگهداری آب حدود ۸۰ میلی‌متر در یک متر عمق توسعه ریشه)، تامین حداکثر نیازآبی ۸ الی ۹ میلی‌متر در روز (در کشت تابستانه سیب‌زمینی) گیاه بدون ایجاد تنش خشکی در مزرعه است. در چنین شرایطی، مدیریت آبیاری باید به گونه ای اعمال شود که در ابتدای دوره نیاز حداکثری گیاه به آب، صد درصد

آب در دسترس خاک در عمق توسعه ریشه، ذخیره شده باشد. در غیر اینصورت، به ازای هر درصد کاهش ذخیره آب، احتمال بروز تنش در طول دوره نیاز حداکثر گیاه، افزایش می‌یابد.

این سامانه مانند بسیاری از سامانه‌های آبیاری بارانی، توانایی تکرار آبیاری‌های کم عمق را دارد. این قابلیت، به کاهش تنش‌های گرمایی و کم‌آبی فصلی و جلوگیری از کاهش عملکرد، کمک شایانی می‌کند. افزایش سرعت دستگاه و متناسب با آن، کاهش عمق آبیاری، به عنوان راهکار مقابله با تنش‌های آبی توسط بهره‌برداران به کار می‌رود. در چنین شرایطی، عمق آب کمتری به مزرعه می‌رسد و قسمت عمده این آبیاری صرف مرطوب کردن مکرر تاج گیاه و افزایش تبخیر شده و مقدار آب کمتری در خاک ذخیره می‌شود. بنابراین، سرعت حرکت این سامانه آبیاری می‌بایست به گونه‌ای انتخاب و اعمال شود که رواناب حاصل از بیشتر بودن شدت پاشش از مقدار نفوذ آب به خاک، به حداقل ممکن برسد. آبیاری سنتریپوت بسیار مستعد ابتلا به رواناب بیش از حد به ویژه در برج‌های بیرونی است، مگر اینکه از روش‌های خاک ورزی حفاظت استفاده شود. برای کارایی هرچه بیشتر عمق آبیاری مزرعه و جلوگیری از بروز رواناب، می‌بایست از روش‌های خاک ورزی مانند ایجاد بندهای کوچک در کف فاروها، کشت روی منحنی‌های تراز و یا استفاده از کرت‌های کوچک استفاده کرد (شکل ۱۴). جابجایی آب سطحی (رواناب) در اثر شیب در مزرعه سیب‌زمینی، باعث کم آبیاری قسمت‌های مرتفع و آب ماندگی قسمت‌های پست مزرعه می‌شود و در نتیجه آبشویی مواد غذایی، عملکرد و کیفیت غده‌های سیب‌زمینی کاهش می‌یابد. در آبیاری سنتریپوت، کشت سیب‌زمینی روی پشته‌های عریض با حداقل تراکم خاک و جویچه‌های کم عمق، باعث افزایش ۵ الی ۱۵ درصدی عملکرد و کیفیت غده سیب‌زمینی می‌شود (کینگ و همکاران، ۲۰۱۱).



شکل ۱۴ - ایجاد بندهای کوچک در کف فارو مزارع دستگاه آبیاری دوار مرکزی

در شب، بازده آبیاری یا به عبارتی ذخیره آب در عمق توسعه ریشه گیاه ۳ الی ۸ درصد بیشتر از آبیاری مشابه در روز است که ناشی از تلفات تبخیر و باد، دمای آب و خاک و... در طول روز است. این تفاوت، می‌تواند نیاز آبیاری قسمت‌هایی از مزرعه که روز و شب آبیاری می‌شوند را عملاً تغییر دهد. بنابراین، در انتخاب و اعمال دوره‌های آبیاری می‌بایست به غیر یکنواختی نیاز آبیاری مزرعه در اثر آبیاری‌های شبانه، عدم آبیاری در ساعات‌های گرم روز، و انتخاب دوره‌های آبیاری به صورت ضریب‌های کمتر از ۲۴ ساعت، توجه نمود.

سامانه‌های آبیاری بارانی متحرک و ثابت با آبیاش متحرک

طراحی این سامانه‌ها (شکل ۱۵) برای تامین نیازآبی حداکثر و ذخیره آب در عمق توسعه ریشه گیاه انجام می‌شود. یکی از محدودیت‌های این سامانه‌ها بیش برآورد ظرفیت ذخیره آب خاک است که باعث بروز تنش در محصول خواهد شد. از طرف دیگر، هر قدر ظرفیت نگهداری آب خاک مزرعه بیشتر باشد، به دلیل طولانی‌تر شدن فاصله آبیاری‌ها، هزینه‌های تجهیزات و بهره‌برداری کاهش پیدا می‌کند. بر اساس ظرفیت نگهداشت آب خاک در عمق توسعه ریشه بافت خاک‌های مختلف (جدول ۴) و فرض متوسط حداکثر نیاز آبی حدود ۸ میلی‌متر در روز مزرعه سیب‌زمینی، دور آبیاری بیش از ۵ روز منجر به کاهش آب خاک به

مقدار کمتر از ۶۵ درصد آب در دسترس شده و می‌تواند بر عملکرد و کیفیت غده‌های سیب‌زمینی تاثیر منفی داشته باشد. دور آبیاری در خاک‌های درشت دانه، ۲ روز و در خاک‌های ریز دانه تا ۵ روز در نظر گرفته می‌شود. انتخاب درست دور و مقدار آب آبیاری بر اندازه غده‌های سیب‌زمینی نیز موثر است.



شکل ۱۵- انواع سامانه‌های آبیاری بارانی متحرک و ثابت با آبپاش متحرک

در این روش، به دلیل تلفات کمتر آب آبیاری در مقایسه با آبیاری‌های سطحی، بهره‌وری آب بالاتر است ضمن اینکه خطر تنش بیش‌آبیاری نیز کاهش می‌یابد. در اراضی با خاک سبک دارای سرعت نفوذ آب بالا و اراضی تسطیح نشده که هزینه تسطیح بالایی نیاز دارند، این روش آبیاری توصیه می‌شود. این روش آبیاری در خاک‌های رسی با یون سدیم بالا که خطر تخریب ساختمان

خاک و متراکم شدن لایه‌های سطحی در مجاورت با آب وجود دارد، مناسب نیست.

آبیاری سطحی - جویچه‌ای

در روش آبیاری جویچه‌ای امکان تولید غده سیب‌زمینی با کیفیت نسبت به سایر روش‌های آبیاری، حتی با بهترین مدیریت‌های آبیاری سطحی بسیار محدود است (استارک و همکاران، ۲۰۲۰). در آبیاری جویچه‌ای، زمان پیشروی از ابتدا به انتهای جویچه باعث تفاوت در مقدار نفوذ آب به خاک شده و این غیریکنواختی، حاصل تفاوت در زمان فرصت نفوذ آب به خاک است. در آبیاری جویچه‌ای، زمان قطع آبیاری بر اساس عمق آب نفوذی در انتهای جویچه تعیین می‌شود؛ از این رو با فرض آبیاری کامل انتهای مزرعه، افزایش فرصت نفوذ ابتدای مزرعه (حداقل) به اندازه زمان پیشروی، باعث بیش آبیاری ابتدای مزرعه و نفوذ آب به زیر منطقه توسعه ریشه و همچنین آبشویی مواد غذایی می‌شود. در طول یک مزرعه آبیاری سطحی، مقدار نفوذ آب بسیار متغیر است و بر اساس اندازه‌گیری‌های متوسط عمق نفوذ در مزرعه، این مقدار از نصف (انتهای مزرعه) تا دو برابر (ابتدای مزرعه) گزارش شده است (تروت و همکاران، ۱۹۹۴). بنابراین، یکنواختی آب مورد نیاز در مزرعه برای تولید غده‌های با کیفیت بالا در آبیاری جویچه‌ای حاصل نمی‌شود.

یکی از روش‌های آبیاری سطحی - جویچه‌ای در مزارع کوچک سیب‌زمینی، استفاده از روش آبیاری یک در میان متغیر جویچه‌ها است (شکل ۱۶) در این روش، در هر آبیاری حدود ۱۵ درصد سطح مزرعه خیس می‌شود و توقع این است که آب در نفوذ جانبی به سمت روی پشته نیز صعود کند تا کل منطقه ریشه مرطوب شود؛ اما در خاک‌های با درصد کم رس یا خاک‌های غیرمتراکم، نیروی

ثقل باعث نفوذ آب به سمت پایین شده و تلاش برای مرطوب کردن پشته با شکست مواجه می‌شود. بدین ترتیب، تلفات آب به صورت نفوذ عمقی زیاد شده و نفوذ ناقص جانبی آب منجر به تغییر قابل توجهی در محتوای آب خاک پشته می‌شود. در نتیجه، ریشه‌های سیب‌زمینی نزدیک جویچه، آب زیادی را دریافت می‌کنند در صورتی که قسمت‌های بالایی پشته خشک است. در چنین شرایطی، علاوه بر غیریکنواختی رطوبت در طول جویچه‌ها و در عرض و روی پشته‌ها، غیر قابل دسترس شدن نیتروژن گیاه در اثر آبشویی و خشک بودن خاک به وجود می‌آید که کیفیت غده‌های سیب‌زمینی و کارایی مصرف مواد مغذی را کاهش می‌دهد (استارک و همکاران، ۲۰۲۰).

این محدودیت‌ها باعث شده است که در کشت سیب‌زمینی، روش‌های آبیاری تحت فشار موقت به صورت فصلی، جایگزین آبیاری سطحی شوند تا امکان جمع‌آوری یا انتقال این سامانه آبیاری به مزرعه دیگر و انجام آبیاری سطحی در سایر کشت‌های ردیفی موجود در تناوب فراهم شود. مزیت‌های در آمد ناخالص بالاتر و کاهش خطر بروز تنش خشکی و بیش‌آبیاری، استفاده از آبیاری تحت فشار موقت یا سیار (با لوله‌های سبک و انعطاف پذیر) را برای تولید سیب‌زمینی توجیه می‌کند. افزون بر این، امکان تزریق کود و سم دفع آفات از طریق سامانه‌های آبیاری بارانی از جمله مزیت‌های دیگر این روش‌ها نسبت به روش آبیاری سطحی است.



شکل ۱۶ - آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر مزرعه سیب‌زمینی

یکنواختی توزیع آب در مزرعه

آبیاری کاملاً یکنواخت در مزرعه عملاً غیرممکن و غیر اقتصادی (هزینه‌بر) است. غیریکنواختی توزیع آب در انواع سامانه‌های آبیاری وجود دارد که تحت تاثیر نوع، طراحی و شرایط سامانه آبیاری قرار دارد. تعمیر و نگهداری مداوم سامانه‌های آبیاری برای دستیابی به بیشترین یکنواختی توزیع آب در مزرعه بسیار ضروری است. استهلاک و خرابی تجهیزات آبیاری، به صورت تجمعی باعث افزایش غیریکنواختی توزیع آب در مزرعه شده تا جایی که استفاده از یک سامانه آبیاری فرسوده را غیر اقتصادی می‌کند. در مزرعه سیب‌زمینی، این غیریکنواختی توزیع آب باعث خسارت جدی در کاهش عملکرد غده و یا کیفیت آنها می‌شود.

۱. خلاصه:

هدف اصلی در مدیریت آبیاری سیب‌زمینی به حداقل رساندن نوسانات رطوبت خاک و حفظ آب خاک موجود در عمق توسعه ریشه در محدوده بهینه ۷۰

الی ۸۵ درصد آب در دسترس است. سامانه‌هایی برای این منظور مناسبند که قادر به انجام آبیاری‌های مکرر سبک با توزیع یکنواخت آب در مزرعه باشند. سیب‌زمینی نسبت به سایر محصولات زراعی به تنش آبی حساس‌تر است، سیستم ریشه‌دهی نسبتاً کم عمقی دارد و معمولاً در خاک‌های درشت‌دانه کشت می‌شود؛ بنابراین، برنامه‌ریزی یک روش آبیاری برای بهبود تولید کمی و کیفی و پایداری اقتصادی مزرعه سیب‌زمینی می‌بایست براساس نظارت و اندازه‌گیری رطوبت در دسترس خاک باشد. زمان آبیاری نیز باید بر اساس بیلان رطوبتی خاک با توجه به نیاز آبی گیاه، ظرفیت نگهداری آب خاک و عمق توسعه ریشه گیاه باشد. همچنین، مقدار خالص آبیاری باید با محاسبه کمبود رطوبتی خاک مزرعه نسبت به رطوبت در شرایط ظرفیت زراعی اعمال شود.

منابع

باغانی، ج.، جلینی، م. و کریمی، م. ۱۳۹۶. عمق نصب و فاصله نوارهای آبیاری قطره‌ای در زراعت سیب‌زمینی. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی. نشر آموزش کشاورزی. نشریه ترویجی به شماره ثبت ۵۲۷۳۱.

باغانی، ج.، کیانی، ع.ر.، قدمی فیروزآبادی، ع.، شاهرخ‌نیا، م.ع.، جلینی، م.، خسروی، ح.، علیمحمدی نافچی، ر.، معیری، م.، بهراملو، ر.، اخوان، ک.، سالمی، ح.ر.، مقلی، ا.، نیکانفر، ر. و عباسی، م. ۱۳۹۹. تعیین آب مصرفی سیب‌زمینی در کشور. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، گزارش نهایی، شماره فروست ۵۷۹۶۷.

- کیانی، ا. و عبدالهی، س. ۱۳۹۶. بررسی وضعیت محصول سیبزمینی در ایران و جهان و راهکارهای افزایش صادرات کشور (با تاکید بر استان اردبیل). معاونت امور اقتصادی اداره کل امور اقتصادی و دارایی استان اردبیل.
- پور گرجی، ا.م. و حسن پناه، د. ۱۳۹۷. عوامل مدیریتی و ارزیابی خسارت آنها در مراحل مختلف رشد سیب زمینی. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، دستورالعمل فنی شماره ۵۴۶۹۰.
- معیری، م. و کاوه، ف. ۱۳۸۸. تحلیل بازده آبیاری سطحی در مزارع غیر یکپارچه شبکه آبیاری دز. مجله مهندسی کشاورزی. ۹(۳): ۱۵۲-۱۳۵.
- معیری، م. ۱۳۹۸. تعیین نیاز آبی و مدیریت جامع آبیاری مزارع کلزا. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، نشریه فنی، شماره. ۵۵۸۸۲.
- معیری، م. ۱۳۹۹. تحلیل کارائی مصرف آب سیبزمینی مزارع شمال استان خوزستان. مجله پژوهشی مدیریت آب در مزرعه. شماره ۱ جلد ۷.
- Anon.2005.Irrigation Best Practice Water Management for Potatoes. Department for Environment , Food and Rural Affairs (DEFRA). A Guide for Growers. Available from <http://79.170.40.182/iukdirectory.com/iuk/pdfs/water%20management%20for%20potatoes.pdf>
- Ayers, R.S. and Wescot, D.W. 1985. Water quality for agriculture. FAO, Irrigation and Drainage. Paper, no:29.
- Cassel, D.K. and Klute, A. 1986. Water Potential: Tensiometry. In Klute, A. (Ed): Methods of Soil Analysis: Part 1. Physical and Mineralogical Methods, 9. Second Edition. Madison, Wisconsin USA, American Society of Agronomy Soil Science Society of America. p. 563-596. ISBN 0-89118-088-5.
- FAO. 1977. Crop water requirements (revised). J. Doorenbos and W.O. Pruitt. Irrigation and Drainage Paper 24. FAO, Rome.

- FAO. 1978. Effective rainfall in irrigated agriculture. N.G. Dastane. Irrigation and Drainage Paper 25. FAO, Rome.
- Fabeiro, C., Martin de Santa Olalla, F. and de Juan, J.A. 2001. Yield and size of deficit irrigated potatoes. Agric. Water Manage. 48: 255-266.
- Jensen, M.E., Burman, R.D. and Allen, R.G. 1990. Evapotranspiration and irrigation water requirements. ASCE manuals and reports on engineering practice no. 70. American Society of Civil Engineers, New York, NY
- <http://www.ictinternational.com>. Cited on 31 May 2010. The chapter about tensiometers.
- King, B.A. and Stark, J.C. 1996. Potato Irrigation Management, BUL0789. University of Idaho Cooperative Extension System Publication. Available from: <http://www.cals.uidaho.edu/edcomm/pdf/BUL/BUL0789.pdf>
- King, B.A., Tarkalson, D.D., Bjorneberg, D.L. and Taberna, JP. 2011. Planting system effect on yield response of russet Norkotah to irrigation and nitrogen under high intensity sprinkler irrigation. Am J Potato Res 88:121–134.
- Neibling, W.H. and Brooks, R.H. 1995. Potato production using subsurface drip irrigation: water and nitrogen management. In: Proceedings 5th international microirrigation congress, American Society of Agricultural Engineers, Orlando, FL, April 1995, pp 656–663
- Obidiegwu, J.E., Bryan G.J., Jones, H.G. and Prashar, A. 2015. Coping with drought: stress and adaptive responses in potato and perspectives for improvement. Front Plant Sci. 6: 542. Published online 2015 Jul 22. Ojala, J.C., Stark, J.C. and Kleinkopf, G.E. 1990. Influence of irrigation and nitrogen management on potato yield and quality. Am. Potato J. 67: 29-43.

- Patel, N. and Rajput, T.B.S. 2007. Effect of drip tape placement depth and irrigation level on yield of potato. *Agric Water Manage* 88:209–225
- Pavlista, A.D. 1995. Potato production stages: Scheduling key practices. UNL Coop Ext Circ 1249.
- Shock, C.C., Eldridge, E.P. and Pereira, A.B. 2005. Planting configuration and plant population effects on drip-irrigated Umatilla russet potato yield and grade. Oregon State University Agricultural Experiment Station, special report 1062, pp 156–165
- Stark, J.C. 1996. Information management systems for on-farm potato research. Potato research and extension proposals for cooperative action. University of Idaho, College of Agriculture, pp 88–95
- Stark, J.C., Thornton, M. and Nolte, P. 2020. Potato Production Systems. Springer Nature Switzerland AG 2020. (ebook). <https://doi.org/10.1007/978-3-030-39157-7>.
- Trout, T.J., Kincaid, D.C. and Westermann, D.T. 1994. Comparison of Russet Burbank yield and quality under furrow and sprinkler irrigation. *Am Potato J* 71:15–28.
- Wright, J.L. 1981. Crop coefficients for estimates of daily crop evapotranspiration. In *Irrigation scheduling for water and energy conservation in the 80s*, p.18-26. Proceedings of the American Society of Agricultural Engineers Irrigation Scheduling Conference, December 1981.