

شش پیه فنی ۸

مدیریت آبیاری مزارع یونجه در مناطق خشک

محمد خرمیان



سال انتشار: ۱۴۰۱

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

نشریه فنی

مدیریت آبیاری مزارع یونجه در مناطق خشک

تهیه و تدوین:

محمد خرمیان

عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع

طبیعی صفی آباد

سال انتشار:

۱۴۰۱

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



نوع نوشتار: نشریه فنی

عنوان نوشتار: مدیریت آبیاری مزارع یونجه در مناطق خشک

نگارنده: محمد خرمیان

ویراستار: محمدرضا داهی

صفحه‌آرا: شبنم جباری

طراح جلد: سمیه وطن‌دوست

ناشر: مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

شمارگان: محدود

نوبت چاپ: اول

سال انتشار: ۱۴۰۱



مسئولیت صحت مطالب با نگارنده است.

شماره ثبت ۶۳۱۳۳ در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی به تاریخ ۱۴۰۱/۱۲/۱۰

مخاطبان نشریه

کارشناسان مروج پهنه، بهره‌برداران پیشرو و کشت و صنعت‌هایی که به‌صورت تخصصی در زمینه تولید علوفه و بذر یونجه فعالیت می‌کنند

اهداف آموزشی

شما خوانندگان گرامی در این نشریه با:

- برنامه‌ریزی آبیاری یونجه
- مدیریت آبیاری سطحی یونجه
- مدیریت آبیاری بارانی و قطره‌ای یونجه

آشنا خواهید شد.

صفحه	عناوین
۱.....	مقدمه
۱.....	تبخیر و تعرق یونجه
۳.....	تخمین نیاز آبی یونجه
۵.....	برنامه ریزی آبیاری یونجه
۱۱.....	تأثیر برنامه برداشت یونجه در برنامه ریزی آبیاری
۱۳.....	آبیاری سطحی یونجه
۲۰.....	آبیاری بارانی یونجه
۲۴.....	آبیاری قطره ای زیر سطحی
۲۶.....	خلاصه و نتیجه گیری
۲۷.....	فهرست منابع

مقدمه

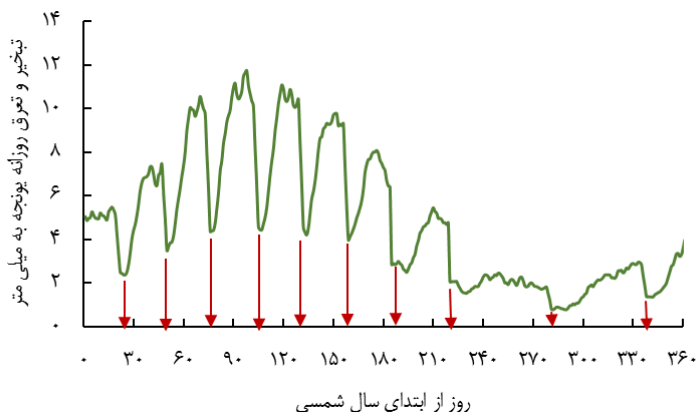
یونجه با نام علمی *Medicago sativa* L. مهم‌ترین گیاه علوفه‌ای ایران و بسیاری از نقاط جهان و به ملکه گیاهان علوفه‌ای مشهور است. یونجه نسبت به سایر گیاهان علوفه‌ای به دلایلی چند از جمله کیفیت بالای علوفه تولیدی (دارا بودن بیش از ۲۰ درصد پروتئین)، خوش خوراکی و قابلیت هضم بالا، تنوع در مصرف (محصول تازه، خشک و سیلوی یونجه)، سازگاری بالا در اقلیم‌ها و شرایط مختلف طبیعی، عمیق بودن ریشه و در نتیجه خاصیت استفاده از رطوبت خاک لایه‌های مختلف، استفاده از بارش‌های فصول مختلف برای تأمین بخشی از نیاز آبی خود و همچنین توقف رشد بدون از بین رفتن در شرایط خشک‌سالی، نقش مهمی در کشاورزی پایدار و پایداری تولید دارد. سطح زیر کشت یونجه در جهان بیش از ۳۲ میلیون هکتار است و آمریکا با ۱۱ میلیون هکتار بالاترین سطح زیر کشت این گیاه را دارد. سطح زیر کشت یونجه در ایران ۶۰۰ تا ۶۵۰ هزار هکتار و عملکرد آن ۱۰ تا ۱۱ تن در هکتار یونجه خشک (احمدی و همکاران، ۱۳۹۹) است. ایران جزو مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود که برای تولید یونجه به آبیاری این گیاه نیاز دارد. از این رو مدیریت صحیح آبیاری برای تولید حداکثر محصول یونجه اهمیت دارد و برای دستیابی به آن درک صحیح رابطه بین عملکرد محصول و آب (تابع تولید)، برنامه‌ریزی آبیاری و آشنایی با سامانه‌های آبیاری ضروری است.

تبخیر و تعرق یونجه

رشد و نمو یونجه در دمای کمتر از ۵ یا بیشتر از ۴۵ درجه سلسیوس معمولاً بسیار ناچیز است حال آنکه بین این دو آستانه، سرعت رشد و نمو یونجه تا دمای حداکثر ۳۰ درجه سلسیوس به صورت خطی است. برای نمونه، شمال استان خوزستان با میانگین دمای ماهانه بین ۱۲/۱ تا ۳۲/۶ و میانگین سالانه حدود ۲۴ تا ۲۵ درجه سلسیوس از نقاط مستعد پرورش یونجه در ایران به شمار می‌رود. عملکرد و تولید یونجه در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک،

به تبخیر و تعرق گیاه مرتبط است. منظور از تبخیر و تعرق گیاه مقدار آبی است که در نتیجه تولید محصول به صورت تبخیر از سطح و تعرق از گیاه وارد جو می شود. تبخیر و تعرق تحت تأثیر آب و هوا، نوع گیاه، مرحله رشد، وضعیت سلامت گیاه، شوری و رطوبت خاک قرار دارد. تابش خورشیدی، دمای هوا، باد و رطوبت نسبی عوامل اقلیمی مؤثر در تبخیر و تعرق هستند که از بین آنها تابش خورشیدی مهم ترین عامل به شمار می رود، زیرا انرژی لازم را برای تبخیر آب و تعرق گیاه فراهم می آورد.

مقدار تبخیر و تعرق در شرایط پوشش گیاهی اندک (برای مثال، پوشش گیاهی پس از برداشت یونجه) کوچک خواهد بود و بیشتر شامل تبخیر از سطح خاک است. زیرا بخش اعظمی از خاک در معرض تابش آفتاب است. با افزایش پوشش گیاهی، تعرق سهم بیشتری از تبخیر و تعرق را تشکیل می دهد. عملکرد یونجه در دوره رشد ارتباط مستقیمی با تعرق گیاه دارد. با افزایش تبخیر و تعرق، عملکرد یونجه افزایش می یابد. حداکثر عملکرد در حداکثر تعرق (تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه) اتفاق می افتد که با شرایط اقلیمی تعیین می شود. کمبود رطوبت خاک، ناشی از کافی نبودن آب آبیاری، عامل مهم کاهش تبخیر و تعرق از حد ماکزیمم است، که منجر به کاهش عملکرد می شود. تبخیر و تعرق یونجه به ماه و زمان پس از برداشت نیز بستگی دارد (شکل ۱)، به این صورت که تبخیر و تعرق در اوایل بهار کم است و در اواسط تابستان به حداکثر مقدار (۱۰ تا ۱۱ میلی متر) افزایش و پس از آن با گذشت زمان کاهش می یابد. نوسان روزانه عوامل آب و هوایی، به ویژه دما، رطوبت نسبی، باد و تابش خورشیدی باعث می شود تا تغییرات تبخیر و تعرق از روزی به روز دیگر متفاوت باشد.



شکل ۱- تاریخ‌های چین برداری (فلش قرمز) و تغییرات تبخیر و تعرق روزانه یونجه در خوزستان

صرف‌نظر از زمان سال، تبخیر و تعرق پس از برداشت کاهش و هم‌زمان با رشد مجدد، به سرعت به حداکثر مقدار قبل از برداشت بعدی خواهد رسید (شکل ۱). برابر شکل ۱، میانگین تبخیر و تعرق یونجه در زمان قبل از برداشت چین اول (ماه فروردین) ۵ تا ۵/۵، چین دوم (ماه اردیبهشت) ۶-۷، چین سوم (خرداد) ۹-۱۰، چین چهارم (تیر) ۱۱-۱۰، چین پنجم (مرداد) ۱۱-۱۰، چین ششم (شهریور) ۹-۹/۵، چین هفتم (مهر) ۸-۶ و چین هشتم (آبان) ۵/۵-۴/۵ میلی‌متر در روز برآورد شده است. چین نهم و دهم با حداقل تبخیر و تعرق در ماه‌های بهمن و اسفند برداشت خواهد شد.

تخمین نیاز آبی یونجه

تخمین نیاز آبی برای برنامه‌ریزی آبیاری (مقدار و زمان‌بندی) مهم است. تبخیر و تعرق یونجه با معادله ۱ قابل محاسبه است:

$$ET = K_c \times ET_0 \quad ۱$$

ET تبخیر و تعرق گیاه، K_c ضریب گیاهی و ET_0 تبخیر و تعرق گیاه مرجع است که به صورت تبخیر و تعرق از گیاه چمن خوب آبیاری شده و بدون تنش گیاهی تعریف می شود. تبخیر و تعرق گیاه مرجع از منطقه ای به منطقه دیگر متفاوت است و مقدار آن را می توان از کتاب های مرجع (جدول ۱) یا از اطلاعات هواشناسی و استفاده از مدل های کامپیوتری به دست آورد.

جدول ۱- تبخیر و تعرق گیاه مرجع (میلی متر بر روز) در دزفول و مهران (فرشی و همکاران، ۱۳۷۶)

دهه	ماه	دزفول	مهران	ماه	دزفول	مهران
۱		۴/۲	۴/۵		۵/۸	۶/۱
۲	فروردین	۴/۷	۵	اردیبهشت	۶/۴	۶/۹
۳		۵/۲	۵/۴		۷	۷/۶
۱		۷/۸	۸		۹/۶	۹/۱
۲	خرداد	۹	۸/۵	تیر	۹/۱	۹/۴
۳		۹/۹	۸/۹		۸/۹	۹/۶
۱		۸/۹	۹/۴		۸/۵	۸/۵
۲	مرداد	۹	۹/۲	شهریور	۸	۸/۱
۳		۹	۹/۱		۷/۵	۷/۶
۱		۶/۸	۶/۵		۴/۹	۳/۶
۲	مهر	۶/۲	۵/۱	آبان	۴/۱	۳/۲
۳		۵/۶	۴		۳/۳	۲/۷

ضریب گیاهی (KC) به مرحله رشد یونجه بستگی دارد. KC درست بعد از برداشت یونجه به حداقل مقدار ($0/4$ تا $0/5$) و تقریباً قبل از برداشت به حداکثر مقدار خود ($1/15$) تا $1/2$ می‌رسد. در عمل، از مقادیر متوسط KC یونجه در طول فصل برای برنامه‌ریزی آبیاری یونجه استفاده می‌شود (جدول ۲). زیرا تنظیم ضریب واقعی در مراحل رشد یونجه به دلیل تغییر سریع KC بین دو برداشت و اعمال شرایط اقلیمی بسیار مشکل است.

جدول ۲- ضریب گیاهی یونجه و سایر گیاهان علوفه‌ای (دورنبوس و قسام^۱، ۱۹۷۹)

ضریب گیاهی				وضعیت اقلیمی	
علوفه	شبدر	گیاهان مرتعی	یونجه		
$0/95$	۱	$0/8$	$0/85$	متوسط	مرطوب با
$1/05$	$1/05$	$1/05$	$1/05$	حد بالا	سرعت باد کم
$0/55$	$0/55$	$0/6$	$0/5$	حد پایین	تا متوسط
۱	$1/05$	$0/9$	$0/95$	متوسط	خشک با
$1/1$	$1/15$	$1/1$	$1/15$	حد بالا	سرعت باد کم
$0/5$	$0/55$	$0/55$	$0/4$	حد پایین	تا متوسط
$1/05$	$1/1$	۱	$1/05$	متوسط	
$1/15$	$1/2$	$1/15$	$1/25$	حد بالا	باد شدید
$0/5$	$0/55$	$0/5$	$0/3$	حد پایین	

برنامه‌ریزی آبیاری یونجه

برنامه‌ریزی آبیاری برای تولید حداکثر محصول، پاسخ به دو سؤال اساسی است: "چه موقع آبیاری شود؟" و "آب کاربردی چه مقدار باشد؟"

¹ - Dooronbos and Kassam

الف- تشخیص زمان یا دور آبیاری

آبیاری باید قبل از کاهش عملکرد ناشی از کمبود رطوبت خاک شروع شود. روش استاندارد برای تشخیص زمان آبیاری، تشخیص مقدار رطوبتی از خاک است که می‌تواند بین آبیاری‌ها تخلیه شود بدون آنکه عملکرد محصول کاهش یابد، پس از تخلیه این رطوبت، آبیاری باید شروع شود. کاهش رطوبت مجاز خاک برای یونجه ۵۰ درصد است، به این معنی که ۵۰ درصد از رطوبت موجود خاک بین آبیاری‌ها می‌تواند تخلیه شود، بدون آنکه عملکرد کاهش یابد. فاصله بین آبیاری‌ها همان تعداد روزهایی است که تبخیر و تعرق (معادل با تخلیه رطوبتی خاک) تداوم دارد.

روش‌های مختلفی برای تشخیص مقدار رطوبت خاک و تخمین زمان آبیاری به کار گرفته می‌شود که از بین آنها شیوه لمسی از روش‌های متداول و قدیمی به شمار می‌رود (جدول ۳). در این روش، با فشردن نمونه‌ای از خاک عمق توسعه ریشه می‌توان تنوع رطوبت خاک با بافت‌های مختلف را احساس کرد. نکته مهم در این زمینه منطبق کردن حس لامسه حاصل از فشردن خاک با مقدار واقعی رطوبت موجود در خاک است. جدول ۳ می‌تواند راهنما باشد برای تشخیص تقریبی مقدار رطوبت در بافت‌های مختلف خاک. دقت استفاده از این شیوه بستگی به تجربه کارشناس یا بهره‌بردار دارد. برای این منظور لازم است که نمونه‌ای از خاک در عمق توسعه ریشه برداشته شود و با فشار به صورت گلوله درآورده شود و شرایط زیر را با توجه به بافت خاک بررسی کرد. ردیف دوم از جدول ۳ حالتی است که ۵۰ درصد رطوبت در دسترس تخلیه شده‌است و آبیاری باید شروع شود.

به‌طور کلی تشخیص زمان یا دور آبیاری زراعت یونجه بسته به بافت خاک و زمان از سال متفاوت است و جدول ۴ به‌عنوان راهنما می‌تواند برای مزارع یونجه‌کاری استان خوزستان و اقلیم‌های مشابه به کار رود.

جدول ۳- نتایج استفاده از روش لمسی در برآورد رطوبت خاک در بافت‌های خاک

درصد آب در دسترس خاک	طبقه‌بندی خاک		
	سبک	متوسط	سنگین
۰	خشک، بین انگشتان دست حرکت می‌کند	پودری، خشک	سخت، سله بسته
۵۰ یا کمتر	ظاهری خشک دارند، با فشردن گلوله‌ای نخواهد شد	شکننده، اما با فشار ذرات خاک کنار هم قرار خواهند گرفت	انعطاف‌پذیر، با فشار گلوله‌ای می‌شود
۵۰ تا ۷۵	تمایل به گلوله شدن با فشار دارد اما دوام ندارد	گلوله‌ای می‌شود، با فشار اندکی نرم می‌شود	گلوله‌ای می‌شود، انعطاف‌پذیر، به راحتی صیقلی می‌شود
۷۵ تا ۱۰۰	گلوله ضعیفی تشکیل می‌شود، به آسانی شکسته می‌شود، صیقلی نمی‌شود	گلوله‌ای می‌شود، بین انگشت شست و سبابه فتیله‌ای می‌شود	به راحتی بین انگشتان فتیله‌ای می‌شود

ب- تشخیص مقدار آب کاربردی

رطوبت موجود خاک، مقدار کل رطوبتی است که از طریق ریشه گیاه از خاک خارج می‌شود و به نوع خاک و عمق ریشه گیاه بستگی دارد. ظرفیت مزرعه‌ای حد بالایی از رطوبت خاک است که نشان‌دهنده حداکثر ظرفیت ذخیره‌سازی رطوبت پس از آبیاری است و طبق تعریف برابر است با مقدار رطوبت باقیمانده در خاک پس از توقف نفوذ عمقی.

جدول ۴- متوسط دور آبیاری (بر حسب روز) در بافت‌ها و ماه‌های مختلف سال

ماه	بافت خاک		
	سبک	متوسط	سنگین
فروردین	۱۰	۱۳	۱۶
اردیبهشت	۷	۹	۱۱
خرداد	۵	۶	۸
تیر	۵	۶	۸
مرداد	۵	۷	۹
شهریور	۷	۹	۱۲
مهر	۱۱	۱۴	۱۸

نقطهٔ پژمردگی دائمی (مقدار رطوبت خاک که در آن پژمردگی دائمی گیاه اتفاق افتد) حد پایین رطوبت موجود در خاک نامیده می‌شود. رطوبت خاک موجود بین این دو حد برای بافت‌های مختلف خاک متفاوت است (جدول ۵).

آبیاری نکردن و در نتیجه تخلیهٔ کل آب در دسترس خاک شرایط را برای رسیدن گیاه به پژمردگی دائمی مهیا می‌کند، بنابراین، فقط ۵۰ درصد از رطوبت کل موجود خاک باید قبل از آبیاری تخلیه گردد تا از تنش آبی یونجه جلوگیری شود. پس از تخلیهٔ ۵۰ درصد رطوبت موجود خاک، لازم است که مقدار آب جایگزین محاسبه شود (ستون آخر جدول ۵). این مقدار آب معادل میزان تخلیهٔ مجاز است که به صورت مقدار رطوبت خاکی تعریف می‌شود که گیاه به راحتی جذب می‌کند (آب سهل الوصول) بی‌آنکه کاهش عملکرد اتفاق افتد.

جدول ۵- رطوبت در دسترس خاک و عمق خالص آبیاری یونجه (میلی‌متر) در یک متر عمق خاک برای بافت‌های مختلف

آب در دسترس	آب در دسترس	بافت خاک	بافت خاک
۲۹	۵۸	بافت درشت	شنی
۴۶	۹۲		شنی لومی
۵۸	۱۱۷	بافت شنی	لومی شنی
۷۵	۱۵۰		لوم
۷۵	۱۵۰		لومی سیلتی
۵۵	۱۰۹	بافت متوسط	لومی رسی شنی
۶۷	۱۳۴		رسی شنی
۷۱	۱۴۲		لومی رسی
۸۰	۱۵۹	بافت ریز	لومی رسی سیلتی
۱۰۰	۲۰۰		رسی سیلتی
۹۲	۱۸۴		رسی

به‌طور خلاصه برای محاسبه عمق خالص و فاصله‌های آبیاری می‌توان مراحل زیر را طی کرد:

مرحله ۱: محاسبه عمق خالص آبیاری به صورت حاصل ضرب عمق رطوبت سهل الوصول (جدول ۵) و میانگین عمق ریشه یونجه. حداکثر عمق ریشه یونجه ممکن است ۲۰۰ تا ۳۶۰ سانتی‌متر باشد، اما بیشترین تراکم ریشه‌ها در محدوده صفر تا ۹۰ سانتی‌متر پروفیل خاک

واقع است و بنابراین برای محاسبات دور آبیاری عمق ۹۰ سانتی متر کفایت می کند (آلام و راجرز^۲، ۲۰۰۹)

مرحله ۲: تعیین تبخیر و تعرق گیاه مرجع (جدول ۱) و ضریب گیاهی یونجه (جدول ۲).

مرحله ۳: محاسبه تبخیر و تعرق روزانه از معادله ۱.

مرحله ۴: تعیین فاصله بین آبیاری ها با تقسیم عمق خالص آب (مرحله ۱) به تبخیر و تعرق روزانه (مرحله ۳).

برای مثال، به منظور تعیین فاصله بین آبیاری ها در دهه اول تیر در مزرعه ای با بافت خاک لوم رسی سیلتی و عمق ریشه ۰/۸ متر برای منطقه ای گرم و خشک مراحل محاسبات به شرح زیر است:

مرحله ۱: رطوبت سهل الوصول خاک لومی رسی سیلتی ۸۰ میلی متر در یک متر خاک است (جدول ۵). با این توصیف کل کاهش رطوبت مجاز خاک برابر حاصل ضرب ۸۰ در ۰/۸ معادل ۶۴ میلی متر در عمق توسعه ریشه است.

مرحله ۲: میانگین تبخیر و تعرق مرجع برای ۱ تا ۱۰ تیر ۹۶ میلی متر یا ۹/۶ میلی متر در روز است (جدول ۱).

مرحله ۳: در صورتی که نزدیک به تاریخ برداشت باشیم ضریب گیاهی حداکثر برای منطقه خشک با وزش باد متوسط (عدد ۱/۱۵) است (جدول ۲).

مرحله ۴: تبخیر و تعرق $96 \times 1/15$ معادل ۱۱۰/۴ میلی متر است که در هر روز ۱۱ میلی متر است.

مرحله ۵: فاصله بین آبیاری ها از تقسیم ۶۴ میلی متر بر ۱۱ میلی متر در روز (یعنی ۶ روز) به دست می آید.

² - Alam and Rogers

نکات:

۱- تنش رطوبتی در خاک‌های با بافت سبک به دلیل محدود بودن آب در دسترس و تخلیه سریع رطوبت خاک، به سرعت اتفاق می‌افتد درحالی‌که در خاک‌های سنگین، تنش به صورت تدریجی است (جدول ۵).

۲- در این محاسبات فرض بر این است که کاهش رطوبت خاک بین آبیاری‌ها با تبخیر و تعرق برابر است. در شرایط کم‌عمق بودن آب زیرزمینی، این فرض نامعتبر است. زیرا بخشی از نیاز آبی گیاه از آب زیرزمینی تأمین می‌شود و بنابراین کاهش رطوبت خاک بین آبیاری‌ها کمتر از تبخیر و تعرق است.

۳- در این روش فرض بر این است که آب نفوذ یافته در آبیاری جویچه‌ای یا نواری (شرایط غرقابی) برای جایگزینی تمام آب تبخیر و تعرق یافته از آخرین آبیاری کافی است و از این نظر کمبود آبی اتفاق نمی‌افتد. البته همیشه این گونه نیست. زیرا خلل و فرج بسیاری از انواع خاک‌های نیمه‌خشک در طول فصل مسدود می‌شود که این امر تأمین مجدد رطوبت خاک را با مشکل مواجه می‌کند. این موضوع در آبیاری خاک‌های لومی شنی با شوری آب بسیار کم مشکلی است جدی. با سله بستن خاک‌های لومی رسی، نفوذ در درجه اول با مقدار جریان آب ورودی به داخل ترک‌ها کنترل می‌شود. پس از بسته شدن شکاف‌ها، نفوذ آب در خاک کم می‌شود.

تأثیر برنامه برداشت یونجه در برنامه‌ریزی آبیاری

معمولاً برداشت یونجه در شروع گلدهی آغاز می‌شود که همگام با کاهش سرعت رشد رویشی است. علاوه بر مدیریت زراعی بهره‌بردار، دمای محیط تأثیر مستقیمی در فاصله‌های زمانی برداشت دارد (جدول ۶). به‌طوری‌که شاخص تعیین زمان و تعداد برداشت در هر منطقه را می‌توان از طریق مجموع دماهای متوسط روزانه بیش از ۵ درجه سلسیوس (دمای پایه)

به دست آورد. بالاتر از این دما سرعت رشد یونجه با افزایش دما (حداکثر تا دمای ۳۵ درجه سلسیوس یا دمای بهینه) افزایش می‌یابد. با افزایش دمای هوا به مقادیر بیش از دمای بهینه، رشد یونجه کاهش می‌یابد و در دمای بیش از ۴۵ درجه سلسیوس رشد و نمو به حداقل می‌رسد. به‌طور کلی در صورتی که مجموع دمای بالاتر از دمای پایه پس از برداشت هر چین به ۵۰۰ تا ۵۵۰ درجه روز برسد زمان برداشت چین بعدی فرا رسیده است. برای مثال، اگر میانگین دمای هوا در ماه اردیبهشت ۲۸ درجه سلسیوس باشد طبق جدول ۶ فاصله‌های برش در این ماه ۲۳ روزه خواهد بود. در شرایط عملی، برداشت هر چین در مناطق استان خوزستان در هر ۲۳ تا ۲۵ روز اتفاق می‌افتد.

با توجه به محدودیت زمان برداشت، ممکن است برنامه‌ریزی آبیاری یونجه با برنامه برداشت تداخل داشته باشد. از این رو با توجه به بافت خاک ۲ تا ۵ روز قبل از برداشت باید آبیاری مزرعه متوقف شود به‌طوری که امکان تردد ماشین‌های برداشت وجود داشته باشد.

جدول ۶- فاصله‌های برداشت یونجه بر مبنای میانگین دمای منطقه

میانگین دما (درجه سلسیوس)	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵
فاصله‌های برداشت (روز)	۱۰۰	۵۰	۳۵	۲۵	۲۰	۱۸

پس از برداشت نیز باید صبر کرد تا یونجه‌های بریده شده رطوبت خود را از دست بدهند تا امکان بسته‌بندی و خارج کردن آنها از مزرعه وجود داشته باشد. فاصله زمانی برش تا برداشت بسته‌های یونجه در ماه‌های اردیبهشت تا شهریور با توجه به دمای محیط بین ۱ تا ۳ روز است. با کاهش دما در ماه‌های مهر و آبان، یونجه بریده شده از مزرعه به صورت تر

جمع‌آوری و خارج می‌شود زیرا امکان خشک شدن آن در مزرعه وجود ندارد. بنابراین، برنامه‌ریزی آبیاری یونجه اغلب با برنامه برداشت محصول هماهنگ است. به‌طور کلی مقدار نیاز آبی در هر چین در فاصله بین خرداد تا اوایل شهریور بین ۲۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر است (شکل ۱) که با توجه به بافت خاک طی ۲ تا ۳ نوبت آبیاری در اختیار گیاه قرار می‌گیرد.

آبیاری سطحی یونجه

الف- آبیاری سطحی-نواری

شیوه متداول در بسیاری از مزارع یونجه در مناطق مختلف ایران و از جمله خوزستان آبیاری سطحی- نواری است. ثقلی بودن روش و در نتیجه هزینه پایین مصرف انرژی و تجربه بهره‌برداران در زمینه آبیاری سطحی-نواری از جمله مزیت‌های این روش محسوب می‌شود. کاشت یونجه در سطح هموار و استفاده از روش آبیاری سطحی-نواری در مزارعی که خاک شور دارند، یا در اراضی با بافت سبک یا شیب زیاد بهتر از کاشت این محصول با روش آبیاری جویچه‌ای است.

در روش آبیاری سطحی- نواری، شیب طولی نوار که در آن جهت آب آبیاری جریان می‌یابد، ممکن است از ۰/۲ تا ۰/۴ درصد متفاوت باشد، اما برای جلوگیری از ماندابی شدن اراضی یونجه بهتر است از مزارع با شیب بیشتر از ۰/۲ درصد استفاده شود. عوامل زیادی در تعیین ابعاد نوار (طول و عرض نوار) دخالت دارند. علاوه بر عرض کار ماشین برداشت، بافت خاک، جریان ورودی در واحد عرض نوار و شیب زمین در ابعاد نوار مؤثرند (جدول ۷). در مجموع، فاصله بین دو پشته یا عرض نوار بین ۳ تا ۳۰ متر متغیر است اما عرض ۸ و ۱۲ متر رایج‌تر است. در روش آبیاری سطحی نواری، برای محصور کردن آب و ایجاد یکنواختی آبیاری، زمین با پشته‌های خاکی با ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر مرزبندی می‌شود. معمولاً برای ایجاد مرز بین نوارها از مرزبند بشقابی استفاده می‌شود. از آنجایی که مرزبند این پشته را از خاک اطراف مرز ایجاد می‌کند، در حین آبیاری ممکن است که حجم قابل‌توجهی از آب از کنار

پشته عبور کند، از این رو آبیاری در فواصلی از طول نوار پشته‌ای در جهت عمود بر مرز بین نوارها ایجاد می‌کند تا به این شکل حرکت آب به داخل نوار هدایت شود. گاهی در داخل نوار از "کروگیت" یا "شیار ساز" استفاده می‌شود تا حرکت طولی آب و تخلیه آب مازاد در خاک‌های با بافت سنگین تسهیل شود (شکل ۲). استفاده از اسکرپر لیزری برای تسطیح و هموار کردن مزرعه یکی از نکات مهم و مؤثر در ایجاد یکنواختی در پیشروی آب و کاهش تلفات نفوذ عمقی و کاهش زمان آبیاری محسوب می‌شود. استفاده از جریان کم در آبیاری سطحی-نواری امکان‌پذیر نیست، مگر اینکه از نوارهای با عرض کم و طول خیلی کوتاه استفاده شود. افزایش دفعات آبیاری موجب افزایش مقدار نفوذ عمقی رطوبت در طول مزرعه می‌شود که عمق آن بسته به نوع خاک ممکن است فراتر از محدوده عمق توسعه ریشه باشد. در این حالت، شیوه آزمون و خطا برای تعیین مدت زمان آبیاری هر نوار لازم است.



شکل ۲- نمونه‌ای از کروگیت یا شیار ساز

بسته به شرایط خاص منطقه، مدت زمان لازم برای آبیاری به صورت پیشروی آب تا حدود ۷۰ تا ۹۰ درصد از طول نوار در نظر گرفته می‌شود. البته این محدوده تقریبی است و برای نوارهای انتها باز در خاک‌های شنی لومی با طول ۲۰۰ متر ۷۵ درصد و برای طول ۴۰۰ متر ۸۵ درصد توصیه شده است.

جدول ۷- حداکثر طول نوار (بر حسب متر) (علیزاده، ۱۳۸۸)

نوع خاک	شیب (درصد)	جریان در هر متر عرض نوار (لیتر بر ثانیه)	ابعاد نوار (متر)	
			طول	عرض
شنی	۰/۰-۲/۴	۱۵-۱۰	۹۰-۶۰	۳۰-۱۲
	۰/۰-۴/۶	۱۰-۸	۹۰-۶۰	۱۲-۹
	۰/۱-۶	۸-۵	۷۵	۹-۶
شنی لومی	۰/۰-۲/۴	۱۰-۷	۱۵۰-۷۵	۳۰-۱۲
	۰/۰-۴/۶	۸-۵	۱۵۰-۷۵	۱۲-۹
	۰/۱-۶	۶-۳	۷۵	۹-۶
لوم شنی	۰/۰-۲/۴	۷-۵	۲۵۰-۹۰	۳۰-۱۲
	۰/۰-۴/۶	۶-۴	۱۸۰-۹۰	۱۲-۶
	۰/۱-۶	۴-۲	۹۰	۶
لوم رسی	۰/۰-۲/۴	۴-۳	۳۰۰-۱۸۰	۳۰-۱۲
	۰/۰-۴/۶	۳-۲	۱۸۰-۹۰	۱۲-۶
	۰/۱-۶	۲-۱	۹۰	۶
رسی	۰/۰-۲/۳	۴-۲	۳۵۰	۳۰-۱۲

پس از طی شدن این طول از مزرعه آب ورودی باید قطع شود اما اگر زمان تعیین شده خیلی کوتاه باشد، ممکن است آب به انتهای نوار نرسد و اگر زمان تعیین شده خیلی طولانی باشد، ممکن است رواناب و نفوذ آب بیش از حد لازم و آب خفگی در انتهای مزرعه اتفاق افتد.

چالش‌های آبیاری نواری در یونجه

وجود ناهمواری در سطح مزارع یونجه که به صورت سطحی - نواری آبیاری می‌شوند غالباً ناشی از تردد ماشین‌های برداشت علوفه است و موجب غیریکنواختی توزیع آب و کاهش عملکرد می‌شود.

برای برداشت هر چین علوفه، ورود تراکتور به همراه ماشین‌های دروگر (مانند سواتر^۳ و مور^۴ بشقابی)، ریک، بیلر و ماشین حمل علوفه به داخل مزرعه ضروری است. در نتیجه برای برداشت حداقل ۸ چین در سال حدود ۳۲ بار ماشین‌های مختلف برداشت علوفه وارد مزرعه می‌شوند که نقش عمده‌ای در تشدید ناهمواری‌های سطح خاک خواهد داشت. برداشت در رطوبت بالای مزرعه نیز یکی از عوامل تشدیدکننده ناهمواری‌ها در سطح مزرعه است که از مدیریت نامناسب زمان آبیاری و برداشت ناشی می‌شود. فعالیت موش‌های صحرایی در مزارع یونجه و مقدور نبودن استفاده از کولتیواتور از مشکلات دیگری است که در افزایش ناهمواری‌ها نقش مهمی دارد. از طرفی، در اراضی با شیب کم (کمتر از ۰/۲ درصد) سرعت حرکت آب در سطح مزرعه کم و خطر ماندابی و غرقابی شدن یونجه و در نتیجه پوسیدگی طوقه یا ریشه و بوته میری یونجه زیاد است. از این رو استفاده از آبیاری جویچه‌ای برای زراعت یونجه گزینه‌ای مناسب به شمار می‌رود.

ب- آبیاری سطحی-جویچه‌ای

در روش آبیاری جویچه‌ای پس از تهیه زمین سطح خاک به شکل جوی و پشته درمی‌آید و عملیات کاشت روی پشته‌ها صورت می‌گیرد. فاصله پشته‌ها در مناطق مختلف متفاوت و به صورت ۵۰، ۶۰ و حتی ۷۵ سانتی‌متر است (خرمیان و شوشی دزفولی، ۱۳۸۵). با افزایش فاصله پشته‌ها تعداد ردیف کاشت روی پشته بیشتر می‌شود. برای مثال، در فاصله پشته ۷۵ سانتی‌متر می‌توان ۴ ردیف و در فاصله پشته ۶۰ سانتی ۳ ردیف یونجه کاشت.

^۳ Swather

^۴ -Mower

انتخاب فاصله ۷۵ سانتی متر در بافت‌های سنگین امکان‌پذیر است اما در بافت‌های سبک بهتر است که از فاصله پشته ۵۰ و یا ۶۰ سانتی متر استفاده کرد. تسطیح لیزری و حذف ناهمواری‌های موجود در مزرعه یکی از نکات کلیدی قبل از کاشت است که در ایجاد یکنواختی در پیشروی آب و کاهش تلفات نفوذ عمقی و کاهش زمان آبیاری بسیار مؤثر است. متغیرهای طراحی برای آبیاری جویچه‌ای مشابه متغیرهای طراحی برای آبیاری نواری است و در مجموع شیب، طول و جریان ورودی به جویچه‌ها و همچنین مقدار آب کاربردی مؤثر است. طول توصیه شده و مقادیر جریان ورودی برای انواع بافت خاک برای شیب‌های غالب در جدول ۸ نمایش داده شده است.

جدول ۸- حداکثر طول جویچه‌ها (بر حسب متر) (علیزاده، ۱۳۸۸)

مقدار آب کاربردی (میلی متر)						شیب
۷۵	۵۰	۱۰۰	۵۰	۱۵۰	۷۵	جویچه
بافت متوسط						(درصد)
۱۹۰	۱۲۰	۳۷۰	۲۲۰	۴۷۰	۳۷۰	۰/۲
۲۲۰	۱۵۰	۴۰۰	۲۸۰	۵۰۰	۴۰۰	۰/۳
۱۹۰	۱۲۰	۳۷۰	۲۸۰	۵۰۰	۴۰۰	۰/۵
۱۵۰	۹۰	۳۰۰	۲۵۰	۴۰۰	۲۸۰	۱

شیوه‌های بهبود مدیریت سامانه آبیاری سطحی

کارایی سامانه آبیاری سطحی (جویچه‌ای و نواری) با کاهش نفوذ عمقی آب و رواناب افزایش می‌یابد. با این حال، راهکارهایی که باعث کاهش نفوذ عمقی می‌شود می‌تواند باعث افزایش رواناب سطحی شود و برعکس. برخی راهکارهای مدیریتی رایج قابل توصیه برای افزایش کارایی سامانه آبیاری سطحی و در نتیجه افزایش بهره‌وری آب آبیاری به قرار زیر است:

۱- استفاده از حداکثر دبی غیر فرسایشی: استفاده از این شیوه موجب می‌شود تا زمان پیشروی آب به انتهای مزرعه و در نتیجه، زمان نفوذ آب در خاک در طول مزرعه کاهش یابد.

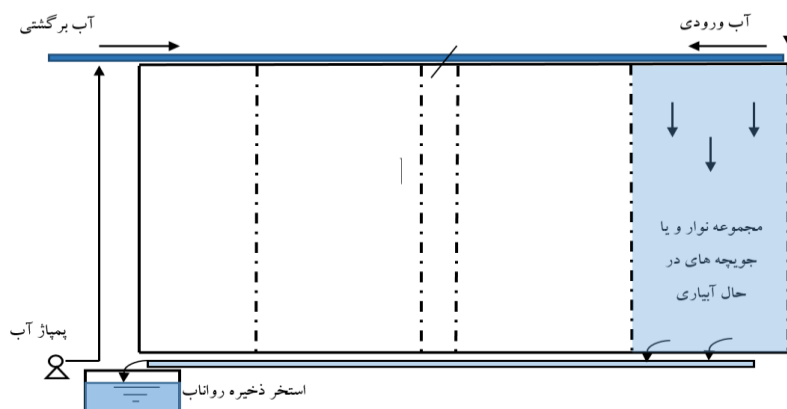
۲- رعایت طول بهینه در آبیاری سطحی جویچه‌ای و نواری: رعایت طول بهینه روش مؤثری در بهبود یکنواختی توزیع رطوبت و کاهش نفوذ عمقی در زیر ناحیه ریشه است. مطالعات نشان می‌دهد که کوتاه کردن طول نوار به نصف می‌تواند حداقل ۵۰ درصد از نفوذ عمقی آب را کاهش دهد و مقدار یکنواختی توزیع آب نفوذ یافته را در مقایسه با طول معمول مزرعه ۱۰ تا ۱۵ درصد افزایش دهد. متناسب با کاهش طول، زمان تعیین شده برای آبیاری نیز باید با توجه به زمان پیشروی جدید کاهش یابد و گرنه نفوذ عمقی و رواناب سطحی، هر دو، افزایش خواهد یافت (هانسون^۵ و همکاران، ۱۹۸۹).

۳- انتخاب زمان قطع مناسب: با کاهش زمان قطع آب می‌توان مقدار رواناب سطحی یا آب خروجی از انتهای مزرعه را تا حد زیادی کاهش داد. این شیوه مؤثرترین راه برای کاهش رواناب سطحی است. در این حالت ممکن است لازم باشد که زمان قطع برای مزرعه‌ای خاص بر اساس آزمون و خطا تعیین شود. به غیر از خاک‌های شنی با سرعت نفوذ زیاد، زمان قطع باید قبل از رسیدن آب به انتهای مزرعه اتفاق بیفتد. باین حال، زمان قطع باید به گونه‌ای باشد که اجازه دهد تا آب به مقدار کافی در انتهای مزرعه نفوذ کند. برای نمونه، در خاک رسی ترک خورده قطع آب در آبیاری نواری زمانی است که آب حدود ۷۰ درصد از طول مزرعه را طی کرده باشد و گرنه رواناب تنها ۲ درصد حجم آب نفوذ یافته را تشکیل خواهد داد (بالی و همکاران^۶، ۲۰۰۱).

^۵ - Hanson

^۶ -Bali et al.

۴- استفاده مجدد از رواناب سطحی: سامانه بازچرخانی شامل جمع‌آوری رواناب سطحی در استخر کوچک در انتهای مزرعه و برگرداندن آن در هنگام آبیاری به قسمت "بالا یا ابتدای مزرعه"، به کمک پمپ کم‌فشار و لوله است (شکل ۳).



شکل ۳- نحوه بازچرخانی رواناب در مزارع یونجه

ازچرخانی ساده رواناب به همان قطعاتی که در حال تولید رواناب هستند، چندان مناسب نیست و نتیجه آن افزایش مقدار رواناب در این قطعات است. اما استفاده از آن برای شروع آبیاری قطعات دیگر نقش ارزنده‌ای در افزایش راندمان آبیاری دارد. به‌طور مشابهی، سامانه ذخیره‌سازی - استفاده مجدد، رواناب سطحی چند مزرعه را ذخیره می‌کند و برای آبیاری مزرعه دیگر در زمان مناسب به کار می‌برد. این روش نیاز به چندین مزرعه مجاور هم، استخر نسبتاً بزرگ و سامانه‌های انتقال رواناب سطحی به استخر ذخیره و انتقال آن به مزارع دیگر است. روش دیگر که در برخی نقاط استان خوزستان متداول است، پمپاژ آب موجود در زهکش‌های سطحی منطقه است که بدون نیاز به استخر ذخیره و به شرط پایین بودن آلودگی و شوری آب، قابل استفاده‌اند. در برخی موارد ممکن است رواناب ناشی از مزارع حاوی سموم دفع آفات و بذر علف‌های هرز باشد که پس از وارد شدن در استخرهای ذخیره

رواناب، به صورت نفوذ عمقی موجب آلودگی آب‌های زیرزمینی شود. از این‌رو، آب‌بندی حوضچه ذخیره مانع از نفوذ عمقی آب و آلودگی آب زیرزمینی می‌شود.

۵- استفاده از لوله‌های درجه‌دار (هیدروفلوم) یا سیفون: استفاده از هیدروفلوم یا سیفون‌های پلاستیکی برای شرایطی است که کاشت یونجه روی پشته است. در این صورت با کاربرد هیدروفلوم برنامه‌ریزی آبیاری به‌نحو مطلوب‌تری امکان‌پذیر خواهد بود.

آبیاری بارانی یونجه

امروزه استفاده از سامانه‌های آبیاری بارانی مانند ویلمو، کلاسیک، ستترپیوت و لینیر در مزارع یونجه رایج است (شکل ۴ و ۵). با این همه، تلفات تبخیر از سطح خاک و گیاه و نیز تبخیر و بادبردگی قطره‌های آب قبل از رسیدن به سطح از چالش‌های مهم این سامانه‌ها در مناطق گرم و خشک محسوب می‌شود.



شکل ۴- آبیاری بارانی کلاسیک با آبپاش متحرک در مزارع یونجه



شکل ۵- استفاده از لولهٔ عصایی در سامانهٔ بارانی عقربه‌ای برای کاهش تبخیر و بادبردگی

عامل مهم دیگر، یکنواختی کارکرد آبیاش‌ها در سامانهٔ ویلمو یا کلاسیک است که در افزایش عملکرد محصول یونجه مؤثر است. برای نمونه، شکل ۶ نشان‌دهندهٔ غیریکنواختی توزیع پاشش آب در سطح مزرعه است که موجب شده تا نواحی بین آبیاش‌ها مقدار آب لازم را دریافت نکنند و در آن نواحی محصول کاهش یابد یا گیاه از بین برود. از این رو رعایت نکات فنی زیر ضروری است:

- ۱- استفاده از آبیاش‌ها با فاصله مناسب.
- ۲- حفظ یا تأمین فشار کافی در سر آبیاش به صورت اجتناب از فعال کردن تعداد آبیاش بیش از مقادیر طراحی شده یا ارائه شده در دفترچهٔ طراحی.
- ۳- استفاده از لاترال‌های افست (به‌ویژه در مناطق با وزش باد زیاد).

۴- نگهداری از سامانه به صورت خودداری از تغییر اندازه نازل، تعمیر آبیاش‌هایی که بد کار می‌کنند یا نشت آب دارند، تعویض دوره‌ای دهانه لاستیکی نازل‌ها، عمود نگه‌داشتن رایزرها و تعمیر هرگونه نشتی اتصالات.

۵- آبیاری شبانه یا در ساعات خنک روز.



شکل ۶- غیرهمپوشانی پاشش آبیاش‌ها در آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبیاش متحرک

و کاهش تراکم بوته در فاصله بین آبیاش‌ها

یکی از نکات مهم در آبیاری بارانی یونجه مشخص کردن مقدار آب مورد نیاز و مدت زمان آبیاری است که می‌توان به صورت زیر اقدام کرد:

مرحله ۱: تعیین روزانه تبخیر و تعرق گیاه مرجع (جدول ۱).

مرحله ۲: تعیین ضریب گیاهی یونجه (جدول ۲).

مرحله ۳: محاسبه نیاز آبی روزانه یونجه از معادله ۱.

مرحله ۴: محاسبه کل تبخیر و تعرق بین آبیاری‌ها با ضرب کردن تبخیر و تعرق روزانه (مرحله ۳) در تعداد روز از آخرین آبیاری.

مرحله ۵: محاسبه مقدار آب آبیاری مورد نیاز یونجه (Dg) بر حسب میلی‌متر که با تقسیم مجموع تبخیر و تعرق (مرحله ۴) به راندمان آبیاری (به صورت اعشاری) حاصل می‌شود.

راندمان آبیاری برای آبیاری بارانی ویلمو ۰/۷ تا ۰/۷۵ و برای ماشین‌های دوار مرکزی یا عقربه‌ای ۰/۸۵ در نظر گرفته می‌شود.

مدت زمان آبیاری لازم برای آبیاری یونجه را نیز می‌توان از معادله ۲ محاسبه کرد.

$$۲ \quad \text{مدت زمان آبیاری به ساعت} = \frac{A \times Dg}{Q}$$

A سطحی از مزرعه که به صورت هم‌زمان آبیاری می‌شود (بر حسب مترمربع)، Dg عمق آب آبیاری بر حسب میلی‌متر و Q دبی جریان بر حسب مترمکعب در ساعت است.

در سامانه آبیاری بارانی عقربه‌ای سرعت چرخش دستگاه بر اساس تأمین عمق مورد نیاز آبیاری به دست می‌آید (جدول ۹). برای این منظور شرکت سازنده جدولی مشابه جدول ۹ تهیه و به همراه دستگاه در اختیار مصرف‌کنندگان قرار می‌دهد.

برای مثال، اگر عمق آب آبیاری (Dg) از مراحل قبل ۴۰ میلی‌متر تشخیص داده شود، طبق ستون اول جدول ۹ نزدیک‌ترین عدد را انتخاب کنید (عدد ۳۹/۳ در ردیف دوم). ستون‌های بعدی جدول عدد ۲۰ درصد (تایمر دستگاه که باید روی این عدد تنظیم شود) و عدد ۱۰/۸ ساعت (زمان لازم برای چرخش یک دور کامل بر حسب ساعت) را به ما نشان خواهد داد.

جدول ۹- تنظیم سرعت چرخش سامانه بارانی عقبه‌ای بر اساس عمق آب آبیاری مورد نیاز

عمق آب آبیاری (میلی‌متر)	تایمر (درصد)	زمان لازم برای چرخش یک دور کامل (ساعت)
۵۲/۴	۱۵	۱۳۵/۷
۳۹/۳	۲۰	۱۰۱/۸
۲۶/۲	۳۰	۶۷/۸
۱۹/۷	۴۰	۵۰/۹
۱۵/۷	۵۰	۴۰/۷
۱۳/۱	۶۰	۳۳/۹
۱۱/۲	۷۰	۲۹/۱
۹/۸	۸۰	۲۵/۴
۸/۷	۹۰	۲۲/۶
۷/۹	۱۰۰	۲۰/۳

آبیاری قطره‌ای زیرسطحی

آبیاری قطره‌ای یونجه علاوه بر کاهش آب مصرفی موجب افزایش عملکرد و بهره‌وری آب آبیاری می‌شود (شوشی دزفولی و خرمیان، ۱۳۹۹). یونجه چندساله، برخلاف دیگر گیاهان علوفه‌ای، نیازی به خاک‌ورزی و کاشت در هر سال ندارد، از این رو قرارگیری لوله‌های آبده در زیر سطح خاک (شکل ۷) برای مدت حداقل ۳ تا ۵ سال (تعداد سال‌هایی که یونجه قابل برداشت و پس از آن قابل بذریکری است)، علاوه بر کاهش هزینه‌های نگهداری و استفاده مجدد از لوله‌های تیپ موجب خواهد شد تا تداخل برنامه آبیاری و برنامه برداشت مکانیزه

در مزارع یونجه کاهش یابد (هوتماخر^۷ و همکاران، ۲۰۰۱؛ زکریا^۸ و همکاران، ۲۰۱۷). با این همه، معایب بالقوه‌ای وجود دارد که از مهم‌ترین آنها می‌توان به هزینه سرمایه‌گذاری، افزایش احتمالی هزینه‌های نگهداری سامانه برای رفع و ترمیم گرفتگی قطره‌چکان‌ها و نشت از لوله‌ها اشاره کرد. در حال حاضر این فناوری برای مزارع یونجه به صورت کامل وارد عرصه نشده است و مطالعات کاربردی بیشتری در زمینه آبیاری قطره ای زیرسطحی در مناطق مختلف ایران لازم است.



شکل ۷- آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در زراعت یونجه در مشهد

^۷ - Hutmacher

^۸ - Zaccaria

خلاصه و نتیجه گیری

یونجه را می توان در خاک های مختلف کاشت، اما مدیریت خاک های عمیق، یکنواخت، با زهکشی مناسب و با بافت متوسط ساده است. در صورت طراحی صحیح، می توان از غالب سامانه های آبیاری سطحی و تحت فشار در تولید محصول یونجه استفاده کرد. برای رشد مطلوب، مقدار آب خاک در منطقه مؤثر ریشه باید حدود ۵۰ درصد ظرفیت نگهداری آب حفظ شود. با مدیریت آبیاری سعی شود تا هنگام برداشت محصول، خاک بیش از حد مرطوب نباشد. برای مدیریت مؤثر آبیاری، وضعیت آب خاک را کنترل کنید و این اطلاعات را با نیاز آبی یونجه و ظرفیت سیستم ارتباط دهید. بیش آبیاری یا آبیاری با فاصله های زمانی خیلی کوتاه و با مقدار زیاد، باعث گسترش آفات و بیماری ها، کاهش سرعت رشد و از دست دادن مراحل برداشت می شود. از این رو یکی از مهم ترین جنبه های موفقیت آمیز در افزایش کمیت و کیفیت تولید یونجه اعمال درست مدیریت آبیاری است که می تواند در کاهش مصرف آب و انرژی در سامانه های تحت فشار مؤثر باشد. مقادیر آب کمتر یا بیشتر از نیاز، افزایش تولید یونجه را نسبت به هر عامل دیگر بیشتر تحت تأثیر قرار می دهد. در این زمینه عوامل کلیدی مدیریت عبارتند از: اول، طراحی سامانه مناسب آبیاری برای دستیابی به حداکثر یکنواختی و کارایی؛ دوم، برنامه ریزی آبیاری برای تعیین زمان استفاده از آب آبیاری و میزان کاربرد آن با استفاده از داده های مربوط به تبخیر و تعرق و ویژگی های خاک؛ و سوم، پایش رطوبت خاک با هدف تعیین دقیق آب مصرفی، وضعیت رطوبت خاک و پایش رطوبت در سراسر فصل که در این نشریه به صورت مفصلی به آنها پرداخته شد.

فهرست منابع

احمدی، ک. عباد زاده، ح. ر. حسین پور، ر. حاتمی، ف. عبدشاه، ه. و کاظمیان، آ. ۱۳۹۹. آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. جلد اول. محصولات زراعی. صفحه ۵۰.

خرمیان، م. و شوشی دزفولی، ا.ع. ۱۳۸۷. تاثیر رژیم های مختلف آبیاری و فاصله ردیفهای کاشت بر عملکرد بذر یونجه در شمال خوزستان. نشریه علمی پژوهشی نهال و بذر. جلد ۲۴، شماره ۲، ص ۳۰۸-۲۹۵.

شوشی دزفولی، ا.ع. و خرمیان، م. ۱۳۹۹. تعیین پتانسیل تولید ارقام گرمسیری یونجه تحت مقادیر مختلف آب آبیاری در شمال خوزستان. گزارش نهایی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی. شماره ثبت ۵۸۴۸۵.

علیزاده، ا. طراحی سیستم های آبیاری، جلد اول طراحی سیستم های آبیاری سطحی. چاپ سوم. انتشارات آستان قدس رضوی. ۴۵۰ صفحه

فرشی، ع.ا، شریعتی، م.ر.، جاراللهی، ر.، قائمی، م.ر.، شهابی فر، م. و تولایی، م. ۱۳۷۶. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور. جلد اول، گیاهان زراعی. انتشارات نشر آموزش کشاورزی. ۸۹۹ صفحه.

Agriculture, A. 2011. Irrigation Scheduling for Alfalfa Hay in Southern Alberta. Agri-Facts (Alberta, Canada), Agdex 112/(July), 4.

Alam, M., and Rogers, D. 2009. Irrigation Management for Alfalfa. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, p7

- Bali, K.M., Grismer, M.E. and Todd, I.C. 2001. Reduced-runoff irrigation of alfalfa in Imperial Valley, California. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 127(3):123–130.
- Dooronbos, J., Kassam, A.H., 1979. Yield Response to Water. FAO Irrigation Drainage Paper No. 33. FAO, Rome, Italy, 193 p.
- Hanson, B.R., D.B. Marcum, and R.W. Benton. 1989. Irrigating alfalfa for maximum profit. ASAE Paper 89-2091. Presented at the 1989 International Summer Meeting of the ASAE and CSAE, Quebec, Ontario.
- Hutmacher, R.B., Phene, C.J. Mead, R.M. Shouse, P. Clark, D. Vail, S.S. Swain, R. Peters, M.S. Hawk, C.A. Kershaw, D. Donovan, T. Jobes, J. and Fargerlund, J. 2001. Subsurface Drip and Furrow Irrigation Comparison with Alfalfa in the Imperial Valley. In 2001 31st California Alfalfa & Forage Symposium, University of California, Davis.
- Zaccaria, D., Carrillo-Cobo, M. T., Montazar, A., Putnam, D. H., and Bali, K. 2017. Assessing the viability of sub-surface drip irrigation for resource-efficient alfalfa production in central and Southern California. *Water (Switzerland)*, 9(11), 1–21.