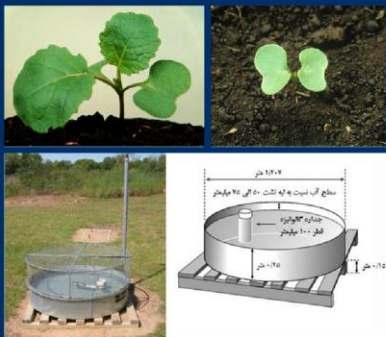


نشریه فنی :

تعیین نیاز آبی و مدیریت جامع آبیاری مزارع کلزا

منصور معیری



بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

نشریه فنی:

تعیین نیاز آبی و مدیریت جامع آبیاری مزارع کلزا

تهیه و تدوین:

منصور معیری

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

سال انتشار:

۱۳۹۸



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



نوع نوشتار: نشریه فنی

عنوان نوشتار: تعیین نیاز آبی و مدیریت جامع آبیاری مزارع کلزا

نگارنده: منصور معیری

داوران و ویراستاران: علیرضا کیانی، سیدابوالقاسم حقایقی مقدم

صفحه آرا: سمیه وطن دوست

ناشر: مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

شمارگان: محدود

نوبت چاپ: اول

سال انتشار: ۱۳۹۸



مسئولیت صحت مطالب با نگارنده است.

شماره ثبت ۵۵۸۸۲ در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع رسانی کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی به تاریخ ۱۳۹۸/۰۴/۲۵

مخاطبان نشریه:

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

اهداف آموزشی:

شما خوانندگان گرامی در این نشریه با

- برآورد نیاز آبی
- تعیین زمان مناسب آبیاری
- مقدار آب آبیاری
- حساسیت مراحل رشد
- افزایش کارایی مصرف آب روش‌های آبیاری
- کاربرد روشهای آبیاری در مزارع کلزا

آشنا خواهید شد.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه
۲	۱- مراحل رشد کلزا در اقلیم‌های مختلف
۴	۲- خاک مزرعه کلزا
۵	۲,۱. تأثیر شوری خاک و آب آبیاری
۶	۲,۲. آب خاک قابل جذب در عمق توسعه ریشه کلزا
۸	۳- نیاز آبی کلزا
۹	۳,۱. برآورد نیاز آبی با استفاده از میانگین بلند مدت آمار هواشناسی
۱۳	۳,۲. برآورد نیاز آبی با استفاده از آمار تشتک تبخیر
۱۵	۴- بارش
۱۸	۵- آبیاری کلزا
۱۹	۵,۱. آبیاری در مرحله جوانه‌زنی
۲۰	۵,۲. مراحل و دور آبیاری
۲۲	۵,۲,۱. تعیین دور آبیاری با استفاده از داده‌های تشتک تبخیر
۲۳	۵,۲,۲. تعیین دور آبیاری براساس رطوبت قابل دسترس خاک
۲۵	۶- عمق آبیاری
۲۶	۷- زمان آخرین آبیاری
۲۶	۸- مدیریت ها و روش‌های آبیاری کلزا
۲۷	۸,۱. آبیاری بارانی
۲۹	۸,۲. آبیاری سطحی - جویچه ای
۳۳	۸,۳. آبیاری سطحی - نواری یا کرت های شبیدار
۳۴	۹- تنش آبی در زراعت کلزا
۳۵	نتیجه گیری و پیشنهادها
۳۶	منابع

مقدمه

کلزا^۱ یکی از گیاهان روغنی است که دانه آن حاوی ۴۵-۴۰ درصد روغن و ۲۵-۳۵ درصد پروتئین می باشد. روغن کلزا بدلیل ترکیب مناسب اسیدهای چرب غیر اشباع و درصد پایین اسیدهای چرب اشباع همانند زیتون جزء با کیفیت ترین روغن های خوراکی است ضمن اینکه پروتئین موجود در کنجاله آن نیز در تغذیه دام و طیور استفاده می شود (بی نام، ۱۳۷۸). در ایران کشت کلزا از سال ۱۳۷۳ در دو تیپ عمدتاً پاییزه و (موردی) بهاره آغاز شده است و به جز استان های مازندران، گیلان و برخی از مناطق استان گلستان به دلیل ریزش های جوی کافی در بقیه استان ها به صورت آبی است و بخشی از نیاز آبی آن از بارش های فصلی و مابقی نیاز با آبیاری تأمین می شود. بهره مندی از بارش های فصلی و افزایش امکان تولید روغن به ازای آب مصرفی، کنترل آفات، بیماری ها و علف های هرز و افزایش عملکرد غلات در تناوب کلزا- غلات، امکان کشت کلزا در اراضی دیم و شالیزارها از ویژگی های مهم و غیر قابل انکار توسعه کشت کلزا به عنوان یکی از منابع تولید روغن خوراکی مورد نیاز و کاهش نیاز وارداتی آن است. با فرض تأمین متوسط ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلی متر نیاز آبی کلزا توسط بارش های مؤثر (فصلی) و اضافه کردن تلفات روش های آبیاری، مقدار آب آبیاری مصرفی آن حدود ۳۰۰۰ (روش های نوین آبیاری) تا ۷۵۰۰ (روش های آبیاری سطحی سنتی) مترمکعب در هکتار است (معیری و کاوه، ۱۳۸۸). کارایی مصرف آب کلزا که عبارت است از نسبت عملکرد دانه (متوسط ۱/۵ تن در هکتار طبق آمار موجود) به مجموع آب آبیاری و بارش مؤثر در طول فصل رشد آن، حدود ۰/۱۵ تا ۰/۳۶ کیلوگرم در مترمکعب برآورد می شود. اما توان تولید مزرعه ای ۳ الی ۳/۵ تن در هکتار دانه کلزا، موید ظرفیت تولید این دانه روغنی در کشور است که با انتخاب ها، تشخیص ها و اعمال

1. Brassica napus

مدیریت‌های بهینه قابل تحقق است. در این راستا برنامه آبیاری مبتنی بر مولفه‌های آب، خاک و گیاه می‌تواند نقش بسزایی در بهبود سایر عملیات زراعی (تغذیه، مبارزه با علف‌های هرز، بیماری‌ها و...)، جلوگیری از هدر رفت منابع آب، کاهش تنش‌ها و افزایش عملکرد را در واحد سطح ایفا کند.

۱. طول دوره و نیاز دمایی مراحل رشد کلزا

در مناطق مختلف کشور کلزا از نیمه شهریور ماه تا اواخر مهر ماه کشت شده و بسته به اقلیم منطقه و تاریخ کشت (جدول ۱)، ارقام پس از سپری کردن ۱۶۰ الی ۲۸۵ روز به مرحله برداشت می‌رسند. در شکل ۱ تشخیص مراحل رشد نمو و در جدول ۲ تعداد روز مورد نیاز بوته کلزا برای سپری نمودن مراحل رشد خود (در شرایط بدون محدودیت آب و تغذیه) به تفکیک ارائه شده‌اند.

جدول ۱- مناطق، تاریخ کشت و طول دوره رشد کلزا (بی‌نام، ۱۳۸۷)

مناطق				ویژگی
سرد	معتدل سرد	معتدل گرم	گرم	
<۱۴	۱۴-۱۷	۱۷-۲۰	>۲۰	دما(درجه سلسیوس)
۱۰ الی ۳۰	۲۰ شهریور الی ۱۵ مهر	۱ الی ۳۰ مهر	۲۰ مهر الی ۲۰ آبان	تاریخ کشت
۲۵۰ - ۲۸۵	۲۵۰ - ۲۸۵	۱۵۰ - ۱۸۵	۱۵۰ - ۱۸۵	طول دوره رشد

تعیین نیاز آبی و مدیریت جامع آبیاری مزارع کلزا

جدول ۲- مراحل رشد کلزای پاییزه (معیری^۱، ۱۳۹۷)

روز از جوانه‌زنی		رشد گیاه	مراحل
مناطق سرد	مناطق گرم		
۵۵ - ۵۰	۱۶۰ - ۱۵۰*	از جوانه‌زنی تا ۵ الی ۸ برگی (ظهور غنچه)	مرحله اولیه
۲۵ - ۲۰	۲۵ - ۲۰	تا اواخر ساقه دهی	مرحله توسعه ای
۷۵ - ۷۰	۷۵ - ۷۰	گلدهی، تشکیل غلاف‌ها و پر شدن دانه	مرحله میانی
۲۵ - ۲۰	۲۵ - ۲۰	ادامه پر شدن و رسیدگی دانه	مرحله پایانی
۱۸۰ - ۱۶۰	۲۸۵ - ۲۶۰	کل دوره رشد	

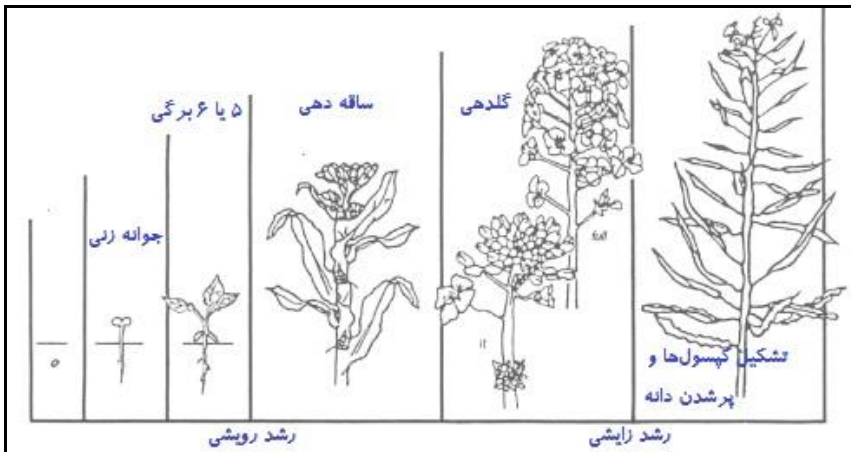
*در مناطق سرد و معتدل سرد، گیاه در مواجهه با برودت هوا، حدود ۹۰ الی ۱۰۰ روز در حالت روزت (تشکیل غنچه) باقی می‌ماند و با مناسب شدن دما به مرحله ساقه‌دهی (افزایش ارتفاع) وارد می‌شود.

رشد کلزا از صفر درجه سانتی‌گراد شروع و در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد محدود می‌شود. اما دمای بهینه رشد و نمو کلزا ۱۰ الی ۲۶ درجه است و اگر چه کلزا در مدت کوتاه دمای تا ۴۰ درجه را تحمل می‌کند، اما بروز گرما (بیشتر از ۲۶ درجه) به‌ویژه در مرحله گلدهی و تشکیل غلاف‌ها باعث کاهش عملکرد دانه، درصد روغن و کیفیت کلزا می‌شود. این گیاه برای سپری کردن مراحل رشد خود به درجه روز رشد (GDD^2) مشخصی نیاز دارد که البته در ژنوتیپ‌های مختلف این مقادیر متفاوت هستند. اما به‌طور متوسط برای رسیدن به مرحله گلدهی به حدود ۱۶۰۰ درجه روز رشد، در مرحله گلدهی به حدود ۸۰۰ درجه روز و تا رسیدگی کامل به حدود ۲۸۵۰ درجه روز نیاز دارد (موسوی زاده^۳ و همکاران، ۲۰۱۶).

۱- خلاصه نتایج بررسی منابع، بررسی های و تجارب قبلی.

2. Growth Degree Day

3. Mousavizadeh



شکل ۱- مراحل رشد و نمو کلزا

۲. خاک مزرعه کلزا

کلزا می‌تواند در خاک‌های مختلف کشت شود، ولی در خاک‌های حاصلخیز و زهکش‌دار با بافت متوسط به ویژه در خاک‌هایی که سرعت نفوذ و ظرفیت نگهداری آب در دسترس بیشتری دارند عملکرد بالاتری از خود نشان می‌دهد. محدودیت‌های خاک در عمق توسعه ریشه گیاه مانند وجود لایه سخت، قلیایی یا اسیدیته بالا، سمیت بور، سدیم و سطوح بسیار بالای شوری، می‌توانند پتانسیل عملکرد کلزا را کاهش دهند. در بین گیاهان زراعی کلزا نسبت به هوای خاک حساسیت بیشتری در مقایسه با گیاهی مثل گندم دارد. از این‌رو حالت ماندابی یا اشباع شدن خاک محیط ریشه در اثر آبیاری یا افزایش سطح ایستابی، باعث بسته‌شدن روزنه‌های برگ شده و بر اساس مدت زمان وقوع و مرحله رشدی کلزا، باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود (مک‌کافری^۱ و همکاران، ۲۰۱۷). خاک بسیار اسیدی ($PH < 5/5$) یا قلیایی ($PH > 8/5$) عملکرد کلزا را کاهش می‌دهد.

1. McCaffery

به عبارت دیگر ظرفیت عملکرد کلزا در اسیدیت ۵/۵ الی ۸/۵ به دست می‌آید (پنی^۱ و همکاران، ۱۹۷۷).

۲،۱- تأثیر شوری خاک و آب آبیاری

کلزا جزو گیاهان با حساسیت کم نسبت به وجود نمک و سدیم در خاک است و می‌تواند شوری متوسط را تا سطح ۵ تا ۶ دسی زیمنس بر متر را به راحتی تحمل کند (مک‌کافری و همکاران، ۲۰۰۹). تحمل کلزا به شوری آب آبیاری و خاک در منطقه توسعه ریشه، علاوه بر رقم به بافت و ساختمان خاک، عمق سطح ایستابی (به‌ویژه در شرایط آب زیر سطحی شور)، اقلیم منطقه به‌ویژه بارش، روش آبیاری و املاح آب و ... بستگی دارد. در خاک‌های با زه‌کشی ضعیف مناطق گرم و خشک استفاده از آب آبیاری با شوری بیشتر از ۲ دسی زیمنس بر متر توصیه نمی‌شود (مک‌کافری و همکاران، ۲۰۱۷). در جدول ۳ سطوح تحمل کلزا به شوری آب آبیاری و خاک ارائه شده است، با افزایش شوری خاک از ۶ به ۱۳ دسی زیمنس بر متر عملکرد دانه کلزا پنجاه درصد کاهش خواهد داشت و از این جهت شبیه گندم و متحمل تر از سویا و ذرت است. حساس‌ترین مرحله رشد کلزا به تنش شوری، مرحله جوانه‌زنی است که می‌تواند باعث کاهش جوانه‌زنی، مرگ گیاهچه‌ها، تأخیر در بروز غنچه و در نهایت باعث کاهش سطح سبز گیاه و مزرعه شود. در مراحل بعدی رشد، شوری در هر دو شرایط متوسط و شدید، میانگین طول بوته، ساقه و ریشه، تعداد برگ‌ها، سطح برگ، تبخیر و تعرق و عملکرد دانه را کاهش می‌دهد (استپان^۲ و همکاران، ۲۰۰۱).

1. Penny
2. Steppuhn

کاشت روی طرفین پشته با استفاده از ارقام متحمل تر کلزا به شوری و تغذیه مناسب (به‌ویژه کودهای پتاسه) با تاکید بر انجام آبشویی در دفعات آبیاری و زه‌کشی مناسب می‌تواند بر کاهش اثرات شوری خاک و آب آبیاری مؤثر باشد ضمن اینکه در کشت پاییزه و بهاره کلزا، بارش‌های فصلی علاوه بر تأمین بخشی از نیاز گیاه بر آبشویی خاک تأثیر به‌سزایی دارد.

جدول ۳- سطوح مقاومت تحمل کلزا به شوری آب آبیاری و خاک (فرانکوئیس ۱، ۱۹۹۴)

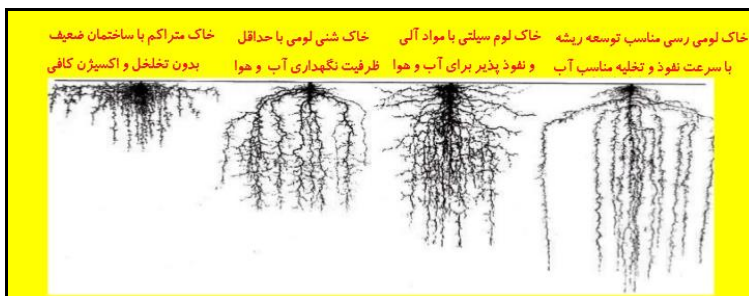
پتانسیل عملکرد							
%۱۰۰				%۹۰			
%۷۵				%۵۰			
شوری (dS/m)							
حداکثر شوری خاک (dS/m)							
آب		خاک		آب		خاک	
۹/۷	۶/۵	۱۰/۴	۶/۹	۱۱/۴	۷/۶	۱۳/۲	۸/۸
۱۷							

۲،۲- آب خاک قابل جذب در عمق توسعه ریشه کلزا

مقدار آب در دسترس گیاه تابعی از بافت خاک در عمق توسعه ریشه آن است. یک بافت درشت دانه مثل شن نسبت به بافت ریز دانه‌ای مثل لوم، آب کمتری را در خود نگهداری می‌کند. بافت خاک در عمق توسعه ریشه می‌تواند متغیر باشد و به این جهت می‌بایست نیمرخ بافت خاک در عمق توسعه ریشه گیاه را پس از نمونه‌برداری در آزمایشگاه تعیین نمود. کلزا دارای یک ریشه عمودی و تعداد زیادی ریشه‌های جانبی و افشان است که در لایه‌های مختلف خاک پراکنده است. ریشه اصلی کلزا بسته به بافت و لایه بندی خاک تا عمق ۸۰ الی ۱۰۰ سانتی‌متر

توسعه پیدا می‌کند (موسوی زاده^۱ و همکاران، ۲۰۱۶). توزیع مناسب ریشه در عمق خاک زراعی در استقرار بوته، مقاومت به سرما و عملکرد کلزا مؤثر است (شکل ۲). محدود شدن عمق توسعه ریشه توسط یک لایه سخت زیر سطحی یا اشباع دائم یا متناوب، باعث ایجاد خسارت و کاهش عملکرد شده و قطعا در صورت شور بودن آب زیر سطحی این عارضه تشدید می‌شود تا جایی که در چنین اراضی کشت کلزا توجیه نداشته و توصیه نمی‌شود.

مقدار آب در دسترس که عبارت است از تفاوت رطوبت در نقطه ظرفیت زراعی (بهترین جذب ریشه گیاه) با نقطه پژمردگی (عدم امکان جذب رطوبت موجود خاک توسط ریشه)، در آزمایشگاه تعیین می‌شود (امکان برآورد مزرعه‌ای به صورت تجربی نیز وجود دارد). ریشه کلزا تا ۴۰ درصد رطوبت در دسترس خاک را به راحتی و بدون صرف انرژی تنش‌زا (رطوبت سهل الوصول) جذب می‌کند (موسوی زاده و همکاران، ۲۰۱۶؛ زلک^۲ و همکاران، ۲۰۱۱). در جدول ۴ مقادیر برآورد رطوبت سهل‌الوصول در عمق یک متری بافت‌های مختلف خاک با رنگ قرمز ارائه شده است.



شکل ۲- توسعه ریشه کلزا

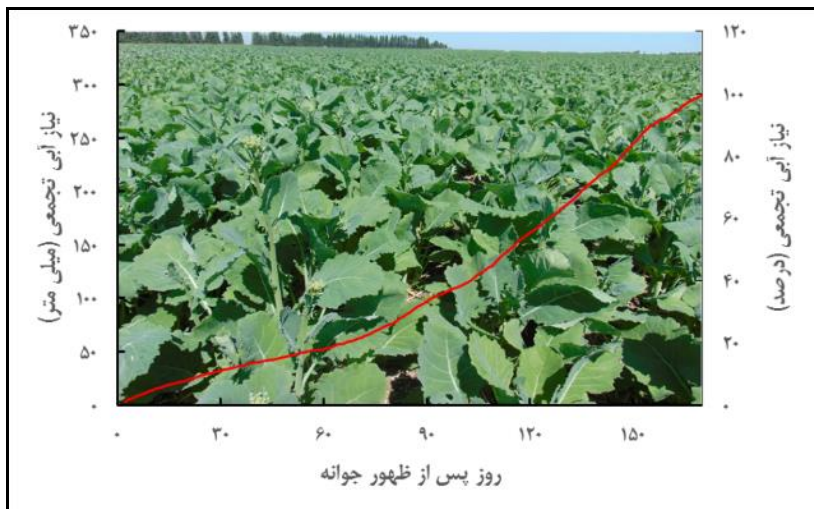
1. Mousavizadeh
2. Zeleke

جدول ۴- برآورد میزان رطوبت موجود به ازای یک متر عمق خاک

آب موجود در خاک (میلی متر) در حالت‌های مختلف رطوبتی					
					بافت خاک
٪ رطوبت	رطوبت	پژمردگی	ظرفیت	اشباع	
در دسترس	در دسترس	دائم	زراعی		
۲۸	۷۰	۶۰	۱۳۰	۳۶۰	شنی
۳۲	۸۰	۸۰	۱۶۰	۳۸۰	شنی لومی
۴۸	۱۲۰	۱۰۰	۲۲۰	۴۱۰	لومی‌شنی
۶۴	۱۶۰	۱۵۰	۳۱۰	۴۶۰	لومی
۸۰	۲۰۰	۱۳۰	۳۳۰	۴۶۰	لومی‌سیلتی
۱۰۴	۲۴۰	۹۰	۳۳۰	۴۳۰	سیلتی
۴۸	۱۲۰	۲۰۰	۳۲۰	۴۷۰	لومی‌رسی‌شنی
۶۴	۱۶۰	۲۳۰	۳۹۰	۵۰۰	لومی‌رسی
۸۴	۲۱۰	۲۳۰	۴۴۰	۵۲۰	لومی‌رسی‌سیلتی
۴۸	۱۲۰	۲۷۰	۳۹۰	۵۰۰	رسی‌شنی

۳. نیاز آبی کلزا

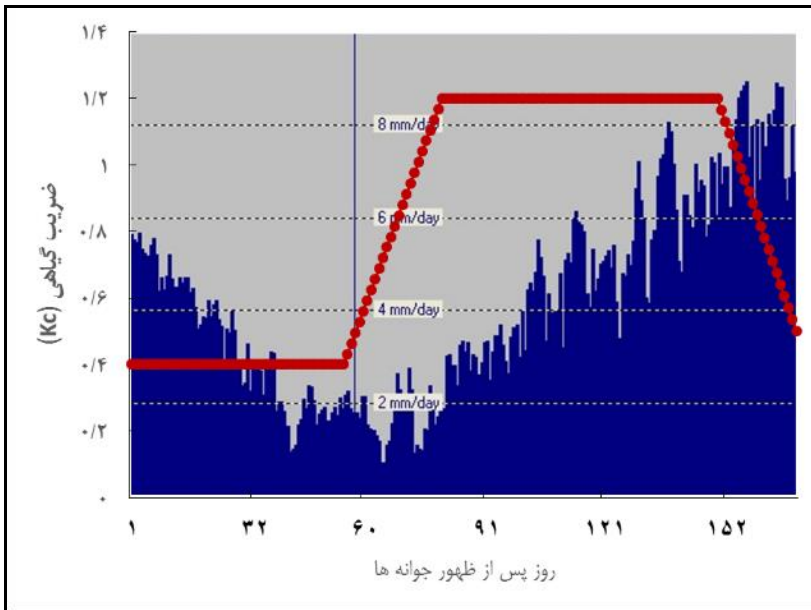
آب خالص مورد نیاز کلزا، ۳۵۰ الی ۴۸۰ میلی‌متر است، که سهم مراحل اولیه، توسعه‌ای، میانی و پایانی رشد به ترتیب حدود ۶ الی ۱۰، ۱۳ الی ۱۷، ۴۸ الی ۵۲ و ۲۵ الی ۲۹ درصد آن است (شکل ۳). حساسیت به تنش خشکی در هر روز دوره رشد بوته استقرار یافته کلزا، به ترتیب در مراحل میانی و پایانی بیشتر از مرحله توسعه‌ای است (معیری، ۱۳۹۷). با توجه به ریشه‌دهی کلزا و توانایی این گیاه در استفاده از آب موجود در خاک، در مناطق با بارش حدود ۴۰۰ میلی‌متر، می‌توان عملکرد مناسبی از کلزای دیم توقع داشت (در استان‌های مازندران، گیلان و برخی از مناطق استان گلستان) ضمن اینکه سطح برگ و پوشش تاج این گیاه موجب استفاده از شبنم و مه‌های تشکیل شده در فصول مختلف می‌شود.



شکل ۳- نیاز آبی تجمعی کلزا بر اساس آمار ایستگاه هواشناسی صفی آباد

۳،۱- برآورد نیاز آبی با استفاده از میانگین بلند مدت آمار هواشناسی

خلاصه محاسبات متوسط ماهانه (روش‌های پنمن مانیتیس و تشعشع) ظرفیت تبخیر و تعرق مناطق کشت عمده کلزا در جدول ۵ ارائه شده است. در شکل ۴ تغییرات ظرفیت تبخیر و تعرق روزانه در ایستگاه هواشناسی کشاورزی صفی آباد و ضریب نیاز آبی کلزا در طول فصل رشد ارائه شده است. در این شکل ملاحظه می‌شود که دوره کاشت تا برداشت این گیاه پاییزه بر اساس آمار هواشناسی مصادف با حداقل ظرفیت تبخیر و تعرق در طول یک سال است. ضمن اینکه از کل بارش‌های فصلی بهره می‌برد.



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

با شناخت مراحل رشد و ضرب ظرفیت تبخیر و تعرق (ET_p) از جدول ۵، در ضریب گیاهی (K_c) از جدول ۶، تبخیر و تعرق کلزا (ET_c) طبق رابطه زیر برآورد می‌شود.

$$ET_c = K_c * ET_p \quad (1)$$

1. Potential Evapotranspiration
2. Crop Koefficient
3. Crop Evapotranspiration

تعیین نیاز آبی و مدیریت جامع آبیاری مزارع گلزا

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

ایستگاه	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر
صفی آباد	۶/۴	۴/۸	۲/۹	۱/۷	۱/۴	۱/۹	۲/۹	۴/۸	۶/۴	۸/۷
دزفول	۸/۰	۶/۴	۴/۲	۲/۶	۲/۰	۲/۳	۴/۲	۶/۴	۸/۰	۸/۵
اندیمشک	۸/۶	۶/۳	۳/۷	۲/۱	۱/۷	۲/۳	۳/۷	۶/۳	۸/۶	۱۰/۷
اهواز	۷/۸	۶/۱	۴/۱	۲/۵	۱/۹	۲/۳	۴/۱	۶/۱	۷/۸	۸/۳
بم	۶/۲	۴/۹	۳/۳	۲/۳	۲/۰	۲/۵	۳/۳	۴/۹	۶/۲	۶/۸
یزد	۷/۰	۵/۲	۳/۴	۲/۴	۲/۰	۲/۳	۳/۴	۵/۲	۷/۰	۷/۹
اصفهان	۵/۶	۴/۱	۲/۵	۱/۶	۱/۲	۱/۷	۲/۵	۴/۱	۵/۶	۵/۹
ایرانشهر	۸/۷	۷/۳	۵/۵	۳/۹	۳/۲	۳/۵	۵/۵	۷/۳	۸/۷	۹/۱
شاهرود	۵/۲	۳/۶	۲/۱	۱/۳	۱/۱	۱/۴	۲/۱	۳/۶	۵/۲	۵/۷
سمنان	۶/۵	۴/۸	۲/۸	۱/۷	۱/۳	۱/۷	۲/۸	۴/۸	۶/۵	۷/۰
تهران	۵/۶	۴/۴	۲/۸	۱/۵	۱/۲	۱/۷	۲/۸	۴/۴	۵/۶	۶/۷
زنجان	۵/۴	۳/۸	۲/۲	۱/۳	۰/۹	۱/۱	۲/۲	۳/۸	۵/۴	۵/۵
بوشهر	۵/۶	۴/۹	۳/۹	۲/۷	۲/۳	۲/۶	۳/۹	۴/۹	۵/۶	۶/۷
کرمان	۶/۷	۵/۰	۳/۳	۲/۴	۲/۲	۲/۶	۳/۳	۵/۰	۶/۷	۷/۱
پارس آباد	۴/۷	۲/۹	۱/۵	۰/۹	۰/۹	۱/۱	۲/۲	۲/۹	۴/۷	۵/۶
ارومیه	۴/۱	۲/۷	۱/۸	۱/۰	۰/۷	۱/۰	۱/۸	۲/۷	۴/۱	۴/۹
اراک	۵/۶	۴/۴	۲/۷	۱/۷	۱/۳	۱/۵	۲/۷	۴/۴	۵/۶	۶/۲
همدان	۵/۲	۳/۹	۲/۴	۱/۴	۱/۰	۱/۲	۲/۴	۳/۹	۵/۲	۵/۵
ماکو	۴/۴	۲/۶	۱/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۸	۱/۲	۲/۶	۴/۴	۴/۶
خوی	۴/۶	۳/۱	۱/۷	۱/۱	۰/۹	۱/۰	۱/۷	۳/۱	۴/۶	۴/۵
تبریز	۴/۸	۳/۳	۱/۷	۰/۹	۰/۷	۱/۰	۱/۷	۳/۳	۴/۸	۴/۷
کرج	۵/۵	۳/۷	۲/۱	۱/۳	۰/۹	۱/۲	۲/۱	۳/۷	۵/۵	۵/۹
قزوین	۵/۶	۴/۰	۲/۴	۱/۴	۱/۱	۱/۴	۲/۴	۴/۰	۵/۶	۵/۷
شهر کرد	۵/۶	۴/۱	۲/۶	۱/۷	۱/۳	۱/۵	۲/۶	۴/۱	۵/۶	۵/۷
فسا	۶/۳	۴/۹	۳/۴	۲/۳	۱/۹	۲/۲	۳/۴	۴/۹	۶/۳	۷/۳

۶/۶	۵/۳	۳/۹	۳/۰	۲/۰	۱/۶	۲/۱	۳/۲	۴/۶	۶/۰	شیراز
۶/۶	۵/۰	۳/۶	۲/۶	۱/۸	۱/۷	۲/۲	۳/۶	۶/۰	۷/۳	خرم اباد
۶/۲	۴/۳	۲/۷	۱/۸	۱/۲	۱/۱	۱/۳	۲/۳	۴/۰	۵/۸	مشهد
۴/۲	۳/۲	۲/۲	۱/۸	۱/۵	۰/۸	۱/۰	۱/۶	۲/۶	۳/۸	گنبد کاووس
۴/۹	۳/۷	۲/۵	۱/۸	۱/۴	۱/۳	۱/۶	۲/۳	۳/۶	۴/۷	گرگان
۶/۱	۴/۳	۳/۱	۲/۲	۱/۵	۱/۲	۱/۷	۳/۰	۴/۹	۶/۵	کرمانشاه
۳/۴	۲/۶	۱/۷	۱/۳	۱/۱	۱/۰	۱/۲	۱/۷	۲/۳	۳/۰	رامسر
۴/۱	۳/۱	۲/۰	۱/۴	۱/۱	۰/۹	۱/۰	۱/۶	۲/۵	۳/۴	بابلسر
۳/۴	۲/۷	۱/۹	۱/۳	۰/۹	۰/۷	۰/۸	۱/۳	۲/۱	۲/۸	نوشهر

جدول ۶- ضریب گیاهی (Kc) کلزا*

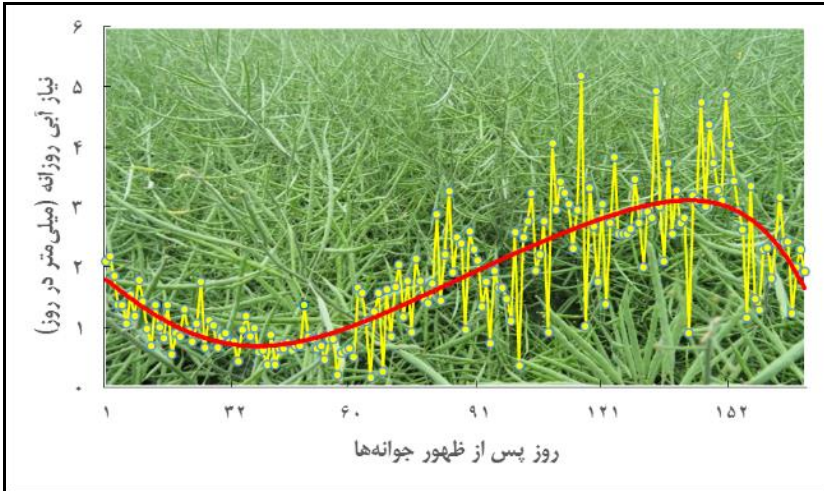
مرحله رشدی	ضریب گیاهی - دوره	
	ابتدای	انتهای
استقرار گیاه (جوانه‌زنی تا ۵ الی ۶ برگی)	۰/۴	۰/۴
ابتدای رشد رویشی (ظهور غنچه تا اواخر ساقه دهی)	۱/۲	۰/۴
رشد زایشی (گلدهی و تشکیل غلاف‌ها)	۱/۲	۱/۲
پرشدن و رسیدگی دانه‌ها	۰/۵	۱/۲

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

مثال: برای محاسبه نیاز آبی کلزا در نیمه اول اسفند ماه (مصادف با مرحله میانی رشد) ظرفیت تبخیر و تعرق از ایستگاه صفی آباد در جدول ۵ حدود $ET_p = ۲/۹$ میلی‌متر در روز به دست می‌آید که با ضرب آن در عدد $K_p = ۱/۲$ ضریب گیاهی (جدول ۶) نیاز آبی روزانه کلزا $ET_c = ۳/۵$ میلی‌متر در روز به دست می‌آید.

نوسانات روزانه نیاز آبی کلزا در شکل ۵ نشان می‌دهد که شرایط عمومی و ویژگی اقلیم گرم و خشک شرایط متغیر روزانه آب و هوایی (دما و بارش) است و از اینرو پیشنهاد می‌شود که در برنامه‌ریزی آبیاری، برای محاسبه نیاز آبی از روش‌های

برآورد روزانه، با استفاده از حداقل آمار هواشناسی در دسترس از جمله روش تشتک تبخیر استفاده شود.

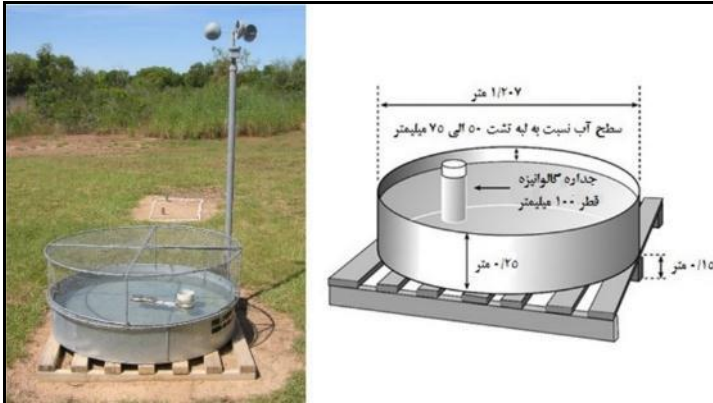


شکل ۵ - متوسط تغییرات تبخیر و تعرق روزانه (ETc) روزانه طبق آمار ایستگاه صفی آباد کلزا در طول رشد

۳،۲- برآورد نیاز آبی با استفاده از آمار تشتک تبخیر

تشت تبخیر از یک مخزن استوانه‌ای از جنس آهن گالوانیزه تشکیل شده که بر روی یک پایه چوبی نصب می‌شود. در داخل این تشت یک چاهک برنجی به قطر ۱۰ سانتی‌متر در فاصله سی سانتی‌متری شمال آن قرار داده می‌شود. با توجه به یکسان بودن ارتفاع آب داخل تشت و چاهک برنجی، ارتفاع تبخیر توسط میله‌ی مدرج تعبیه شده در چاهک سنجیده می‌شود. به منظور تعیین ضریب تشت (رابطه تبخیر و جابجایی افقی هوا و همچنین دمای سطح آب)، یک دستگاه بادسنج در مجاورت تشت تبخیر نصب می‌شود تا به کمک آن میزان جریان هوا را

که در مدت ۲۴ ساعت از روی تشت عبور کرده اندازه‌گیری نمایند و نیز یک دماسنج حداقل و حداکثر برای اندازه‌گیری تغییرات دمای سطح آب در داخل تشت بصورت شناور قرار می‌دهند (شکل ۶).



شکل ۶- نمایی از تشتک تبخیر و محل نصب آن

استفاده از آمار روزانه تبخیر نزدیک‌ترین ایستگاه‌های سینوپتیک هواشناسی، امکان محاسبه نیاز آبی 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 و برای محاسبه نیاز آبی ذرت در مراحل مختلف رشد، مقدار عددی روزانه ظرفیت تبخیر و تعرق منطقه در ضریب گیاهی (K_c) حاصل از جدول ۶ ضرب می‌شود.

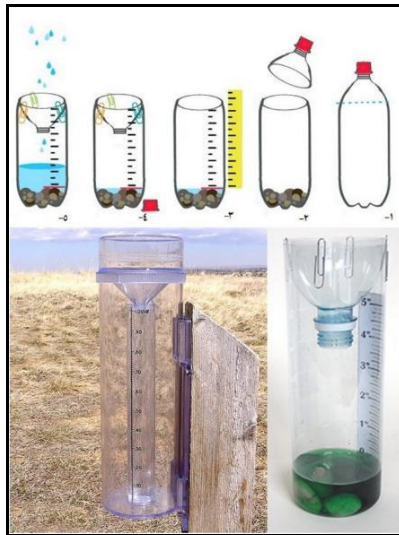
$$ET_c = K_c * K_p * E_p \quad (۲)$$

۴. بارش

مقدار، پراکنش و توزیع زمانی بارش‌ها به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک بسیار متغیر و تأثیر گذار بر مدیریت آبیاری مزارع است. برای تعیین مقدار بارش توصیه می‌شود که 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، از مقدار بارش در مزرعه اطلاع پیدا کرد (شکل ۷). 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.

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

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



شکل ۷- ساخت باران سنج ساده با بطری خالی آب و اندازه گیری بارش در مزرعه

روش ساده تعیین بارندگی مؤثر، محاسبه ۸۰ درصد کل بارش به عنوان بارش مؤثر است (فائو^۱، ۱۹۷۷). با توجه به فاصله دو آبیاری و زمان وقوع بارش‌ها، در مرحله میانی و پایانی رشد کلزا، یک بارش مؤثر برابر با اعداد جدول ۱۰ را می‌توان به عنوان یک آبیاری در نظر گرفت و مقادیر بارش مؤثر کمتر از آن، به صورت کسری از یک آبیاری منظور می‌شوند. اگر بارندگی چند روز پس از آبیاری اتفاق افتاد، میزان مؤثر بودن آن فقط به اندازه جبران کسر رطوبت خاک تا حد ظرفیت زراعی خاک یا تعداد روز فاصله بارش تا آخرین آبیاری در نیاز آبی روزانه گیاه خواهد بود.

1. FAO

۵. آبیاری کلزا

آبیاری به کارگیری مصنوعی آب در زمین و خاک است. به عبارت دیگر، آبیاری پخش آب روی زمین برای نفوذ در خاک با هدف استفاده گیاه (تأمین نیاز آبی) و تولید محصول است. 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 آبیاری مزارع کلزا به روش‌های سطحی (کرتی، نواری و جویچه‌ای) و تحت فشار (بارانی و قطره‌ای) امکان پذیر 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.

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 مؤثر و بازده روش آبیاری انتخابی، کل عمق آبیاری مورد نیاز کلزا در محدوده ۱۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر است. دفعات آبیاری‌های سطحی در یک مزرعه کلزا بسته به مقدار و پراکنش بارش‌ها می‌تواند بین ۳ تا ۷ بار و در روش‌های آبیاری بارانی تا حدود دو برابر این دفعات تغییر می‌کند (معیری، ۱۳۹۷). انجام آبیاری‌ها به مراحل تغذیه‌ای گیاه، کود آبیاری به‌ویژه در تقسیط سوم کود نیتروژن و بارش مؤثر وابسته است و کاهش تعداد آبیاری‌ها به‌صورت 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 کلزا می‌شود.

۵,۱- آبیاری در مرحله جوانه‌زنی

زمان کشت کلزا پس از سپری شدن تابستان گرم و خشک و قبل از شروع بارش‌های فصل پاییز است، در این وضعیت آبیاری قبل از کشت (آبیاری ماخار) برای ایجاد رطوبت در عمق خاک برای تهیه زمین و فراهم کردن شرایط مناسب سبز شدن بذر علف‌های هرز ضروری است. این آبیاری باعث ذخیره شدن رطوبت در اعماق خاک شده و در طول فصل رشد برای کلزا قابل استفاده خواهد بود. پس از گاورو شدن خاک مزرعه، عملیات شخم یا دیسک ضمن مبارزه ساده مکانیکی با علف‌های هرز، زمین را برای بذرکاری آماده می‌کند.

خرد کردن کلوخ‌ها و بقایای محصول قبلی، یکنواختی خاک مزرعه و همچنین تسطیح مزرعه قبل از کشت در انجام عملیات کشت و آبیاری‌های با توزیع آب یکنواخت تر مؤثر است. کشت کلزا با تراکم ۴۴۰ تا ۴۸۰ هزار بوته در هکتار با استفاده از خطی کارها در زمین مسطح و با روش آبیاری سطحی نواری یا آبیاری بارانی و یا با استفاده از ردیف کارها با فواصل ردیف ۲۰ سانتی‌متری روی پشته‌های با فواصل ۶۰ یا ۷۵ سانتی‌متری با روش آبیاری جویچه‌ای یا قطره‌ای انجام می‌شود. آبیاری جوانه‌زنی (آبیاری خاک آب) به مقداری انجام می‌شود که طبق تجارب آبیاری، نفوذ (به عمق خاک مناسب در آبیاری نواری) یا نشت (روی پشته در آبیاری جویچه‌ای) آب تا عمق کشت بذر برسد. با توجه به ریز بودن بذر کلزا، در آبیاری اول می‌بایست به آبستگی و سطحی شدن بذور یا مدفون و عمیق شدن بذور زیر گل ولای به‌ویژه در آبیاری‌های کرتی یا نواری توجه خاص داشت.

بسته به شرایط بافت و عمق خاک زراعی و همچنین ارتفاع سطح ایستابی، در رسیدن رطوبت به بذوری که در عمق بیشتری کاشته شده‌اند، تأمین رطوبت کافی خاک برای جوانه‌زنی، کاهش اثرات سله بستن خاک‌های رسی و مرگ

گیاچه‌ها، سبزشدن، دستیابی به تراکم مناسب بوته در واحد سطح (سطح سبز مناسب)، استقرار موفق و رشد مناسب کلزا مستلزم اعمال آبیاری دوم در فاصله ۴ الی ۷ روز پس از آبیاری خاک آب است. زمان ظهور حدود ۹۰ درصد جوانه‌های کلزا (شکل ۸)، زمان سبز شدن یا آغاز رشد محسوب می‌شود.



شکل ۸ - گیاچه‌های جوانه زده (دو کوتیلدون و برگ‌های اصلی) کلزا

پس از استقرار گیاچه‌ها، مصرف بیش از حد آب آبیاری و انجام آبیاری غیر ضروری در مرحله اولیه رشد ضمن شستشوی مواد مغذی خاک، باعث رشد و توسعه سطحی و افشان ریشه شده، مقاومت به سرمای کلزا را کاهش می‌دهد.

۵،۲- مراحل و دور آبیاری

کلزا در مرحله جوانه‌زنی و رشد گیاچه به رطوبت آماس بذر، شوری و سله خاک سطحی حساس است. مرحله اولیه رشد از جوانه‌زنی تا ظهور ۶ الی ۸ برگی (شکل ۹) با متوسط نیاز آبی حدود یک میلی‌متر در روز این دوره با رطوبت حاصل از آبیاری‌های اول و دوم تأمین می‌شود (معیری، ۱۳۹۷) این دوره تا ظهور میان‌گره به طول می‌انجامد وجود رطوبت کافی و در دسترس گیاه برای ظهور میان‌گره ضروری (شکل ۱۰) است که در صورت عدم وقوع بارش به‌ویژه در

مناطق گرم و معتدل گرم می‌بایست رطوبت مورد نیاز گیاه و تغذیه کلزا (کود سرک) با انجام آبیاری تأمین شود. هم‌زمان با سرد شدن هوا، فعالیت گیاه به‌ویژه در مناطق سرد و معتدل سرد، کم می‌شود این دوره همراه با کوتاه شدن روز، کاهش تبخیر و شروع بارش‌های فصلی است و حداقل نیاز روزانه گیاه توسط بارش‌ها، شبنم‌ها و مه‌های محلی تأمین می‌شود. در مرحله رشد سریع ساقه کلزا (تا قبل از گلدهی) متوسط نیاز آبی گیاه حدود ۱ الی ۱/۵ میلی‌متر در روز برآورد می‌شود (معیری، ۱۳۹۷) در این مرحله خشکی‌های طولانی مدت باعث کوتاه ماندن بوته و کاهش تعداد گل و شاخه شده به عملکرد دانه خسارت می‌زند. ویژگی این دوره از رشد گیاه حساسیت کمتر به زمان آبیاری است به این معنا که انجام آبیاری با تأخیر چند روزه، می‌تواند خسارات خشکی قبلی را جبران کند. در مرحله انتهایی رشد ساقه و با رویت غنچه‌های گل می‌بایست به رطوبت خاک مزرعه توجه خاص نمود و به‌ویژه همراه با تأمین نیاز تغذیه‌ای (تقسیم کود نیتروژن)، مزرعه را آبیاری کرد. این آبیاری و تغذیه در تشکیل گل‌های بارور بسیار مؤثر است (معیری، ۱۳۹۷).



شکل ۹- ظهور شش برگ حقیقی و مرحله روزت



شکل ۱۰ - ظهور میان گره

دور آبیاری در مراحل مختلف رشد بر اساس نیاز آبی و رطوبت در دسترس نیمرخ خاک در عمق توسعه ریشه گیاه تعیین می‌شود و در این خصوص از مشخصه‌های گیاه (ظاهر گیاه، دما و رطوبت برگ و...)، داده‌های هواشناسی (تبخیر جمعی از تشتک تبخیر) و یا رطوبت خاک (اندازه‌گیری رطوبت خاک یا نصب تانسیومتر، بلوک گچی و...) به صورت مستقیم یا غیر مستقیم استفاده می‌شود. مشخصه ظاهری گیاه در تعیین زمان آبیاری رنگ برگ‌های کلزا است در صورت مشاهده رنگ سبز تیره برگ‌ها می‌بایست نسبت به آبیاری اقدام شود.

۱,۱,۵. تعیین دور آبیاری با استفاده از داده‌های تشتک تبخیر

نیاز آبی گیاه رابطه مستقیم با رطوبت هوای مجاور و سرعت باد در سطح پوشش گیاهی دارد از اینرو با تبخیر از سطح آزاد آب قابل شبیه سازی است. یکی از روش‌های تعیین دور آبیاری بر اساس حداقل داده هواشناسی موجود، روش مقایسه تبخیر جمعی از تشتک تبخیر است. با توجه به پراکندگی و وجود

تعیین نیاز آبی و مدیریت جامع آبیاری مزارع کلزا

ایستگاه‌های سینوپتیک هواشناسی و امکان دسترسی به آمار روزانه در مناطق مختلف کشت کلزا، متوسط دور آبیاری بر اساس تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر در مراحل مختلف رشدی در جدول ۸ ارائه شده است.

جدول ۸- دور آبیاری براساس میلی متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر در خاک‌های مختلف (معیری، ۱۳۹۷)

مرحله رشدی/یافت خاک	رشته	شنی لومی	لومی شنی	لومی	لومی سیلینی	سیلینی	لومی رشته شنی	لومی رشته	لومی رشته سیلینی	رشته شنی
توسعه ای	۳۵	۴۰	۶۰	۸۰	۱۰۰	۱۲۵	۶۰	۸۰	۱۰۵	۶۰
میانی	۳۰	۳۵	۵۰	۶۵	۸۰	۱۰۰	۵۰	۶۵	۸۵	۵۰
پایانی	۴۵	۵۰	۷۵	۱۰۰	۱۲۰	۱۵۵	۷۵	۱۰۰	۱۳۰	۷۵

۱، ۲، ۵. تعیین دور آبیاری با ارزیابی رطوبت قابل دسترس خاک

پس از تعیین کلاس بافتی خاک مزرعه، آب قابل دسترس گیاه در عمق یک متری خاک قابل برآورد است (جدول ۴). آب در دسترس تابعی از عمق توسعه ریشه گیاه است و به تناسب کاهش عمق ریشه (به دلیل شرایط مزرعه‌ای) میزان رطوبت قابل دسترس نیز کاهش می‌یابد. رشد ریشه کلزا از جوانه‌زنی شروع و تا مرحله میانی رشد به حداکثر رشد خود تا حدود ۸۰ الی ۱۰۰ سانتی متر می‌رسد.

مثال: اگر ریشه کلزا تا عمق ۰/۷۵ متری یک خاک لومی شنی نفوذ کرده باشد مقادیر قرمز رنگ موجود در جدول ۴ را باید در عدد ۰/۷۵ ضرب کرد بدین ترتیب در رطوبت ظرفیت زراعی، آب سهل الوصول در این خاک شنی $۴۸ = ۳۶ \times ۰/۷۵$ میلی متر است.

تغییرات متوسط رطوبت عمقی خاک در عملکرد کلزا بسیار تأثیر گذار است و انتخاب هر کدام از مدیریت‌های دور آبیاری پس از تخلیه ۴۰ الی ۱۰۰ درصد آب خاک (فاصله رطوبتی حد ظرفیت زراعی تا نقطه پژمردگی دائم) علاوه بر نوع خاک، بستگی به هزینه‌های روش آبیاری، افزایش عملکرد و ارزش دانه تولیدی دارد. گیاه برای جذب رطوبت در دسترس از ۴۰ درصد تا ۵۵ درصد و متناسب با آن انرژی بیشتری صرف می‌کند (شروع تنش). کلزا در مواجهه با کاهش ۶۰ درصدی آب در دسترس خاک، روزنه‌های برگ خود را بسته وارد مرحله تنش شدید می‌شود. وقوع شرایط تنش از حالت ملایم تا شدید باعث کاهش عملکرد دانه کلزا می‌شود (موسوی زاده و همکاران، ۲۰۱۶؛ زلک^۱ و همکاران، ۲۰۱۱). از این رو پیشنهاد می‌شود در یک برنامه‌ریزی آبیاری بدون تنش با تخلیه رطوبتی ۴۰ درصد آب در دسترس خاک مزرعه کلزا آبیاری شود.

خلاصه برآوردهای دور آبیاری متناسب با متوسط عمق توسعه ریشه و نیاز آبی روزانه کلزا در خاک‌های مختلف در جدول ۹ ارائه شده است.

جدول ۹- متوسط دور آبیاری (روز) در خاک‌های مختلف قبل از بروز تنش خشکی (معیری، ۱۳۹۷)

مرحله رشدی/بافت خاک	رطوبت	لومی لومی	لومی شن	لومی	لومی سیلتی	سیلتی	لومی رسی شن	لومی رسی	لومی رسی سیلتی	رسی شن
توسعه ای	۱۵	۱۷	۲۵	۳۴	۴۲	۵۵	۲۵	۳۴	۴۵	۲۵
میانی و پایانی	۱۰	۱۲	۱۸	۲۵	۳۰	۴۰	۱۸	۲۵	۳۱	۱۸

آب سهل الوصول ستون اعداد قرمز رنگ جدول ۴ است.

۶. عمق آبیاری

برای کاهش تلفات آب آبیاری و جلوگیری از نفوذ آن به اعماق پایین‌تر خاک (که ریشه به آن دسترسی ندارد) عمق آبیاری با توجه به مقدار نگهداشت آب در خاک‌های مختلف تعیین می‌شود این عمق با فرض تعیین زمان آبیاری بر اساس تخلیه آب سهل الوصول خاک، در جدول ۱۰ ارائه داده شده است. همانطور که در جدول مذکور نشان داده شده است، متناسب با افزایش نفوذ و توسعه ریشه یا به عبارت دیگر با سپری شدن دوره رشد کلزا، عمق آب آبیاری افزایش پیدا می‌کند.

جدول ۱۰- عمق خالص آبیاری (میلی‌متر) متناسب با عمق ریشه در بافت خاک‌های مختلف

عمق ریشه (سانتی‌متر)	ریشه	لومی رسی	لومی شن	لومی	لومی سیلتی	سیلتی	لومی رسی	لومی رسی سیلتی	رسی شن
۳۰	۸	۱۰	۱۴	۱۹	۲۴	۳۱	۱۴	۲۵	۱۴
۶۰	۱۷	۱۹	۲۹	۳۸	۴۸	۶۲	۲۹	۳۸	۲۹
۹۰	۲۵	۲۹	۴۳	۵۸	۷۲	۹۴	۴۳	۵۸	۴۳

با اضافه کردن تلفات آب به مقدار نیاز آبی، آب ناخالص مورد نیاز هر آبیاری به دست می‌آید. در مرحله میانی رشد کلزا، با فرض تلفات آبیاری سطحی (نفوذ عمقی، رواناب خروجی و تبخیر در زمان آبیاری) معادل ۳۵٪ عمق خالص آبیاری (فرض بازده آبیاری ۶۵٪)، مقدار آب ورودی به مزرعه ۱/۵ برابر مقادیر پیشنهادی در جدول ۱۰ است.

مثال: در یک خاک لومی رسی با عمق ریشه کلزا ۶۰ سانتی‌متری، عمق خالص آبیاری ۳۸ میلی‌متر و عمق ناخالص آبیاری جویچه‌ای ۵۵ میلی‌متر یا ۵۵۰ مترمکعب در هکتار است.

۷. زمان آخرین آبیاری

کلزا گیاهی گل متناوب است و پس از تشکیل دانه در غلاف‌های اولیه، با مهیا بودن شرایط محیطی و به ویژه رطوبت خاک، فعالیت رویشی ایجاد شاخه‌های جانبی و زایشی شامل گلدهی و تشکیل غلاف‌های جدید را ادامه داده و برداشت محصول را با مشکل مواجه خواهد کرد از طرفی تأمین آب مورد نیاز گیاه در مرحله پر شدن دانه به لحاظ تأثیر بر وزن هزار دانه و عملکرد ضروری است. وقوع بارش‌های فصلی یا انجام آبیاری‌های غیر ضروری در این مرحله علاوه بر تلفات آب با به تعویق افتادن عملیات برداشت و افزایش ریزش دانه‌های کلزا باعث کاهش عملکرد می‌شود.

آخرین آبیاری ضامن عملکرد مناسب و تعیین کننده زمان برداشت دانه کلزا است و از اینرو متناسب با پر شدن دانه‌های غلاف شاخه اصلی تعیین می‌شود حدود ۲۵ الی ۳۰ روز پس از پایان گلدهی (مشاهده حدود ۵ درصد گل در مزرعه کلزا) مصادف با رسیدگی فیزیولوژیکی کلزا است و آخرین آبیاری در خاکهای رسی سنگین حدود ۲۵ روز و در خاکهای شنی سبک تا ۱۵ روز قبل از برداشت و مصادف با قهوه‌ای شدن حدود ۲۰ درصد غلاف‌های ساقه اصلی در ابتدای مرحله چهارم رشدی یا رسیدگی (جدول ۲) انجام می‌شود.

۸. مدیریت‌ها و روش‌های آبیاری کلزا

در طیف وسیعی از گیاهان تابستانه و زمستانه، کلزا یکی از گیاهان زراعی حساس به آبیاری و مدیریت آبیاری است ضمن اینکه انتخاب روش آبیاری در شیوع و خسارت برخی بیماری‌های منطقه‌ای از جمله پوسیدگی ساقه آن مؤثر است (مک‌کافری و همکاران، ۲۰۰۹). امکان برداشت از منابع آب موجود در فصل کشت کلزا برای تعیین سطوح زیر کشت و برنامه‌ریزی مطمئن تأمین آب کلزا

به‌ویژه در مراحل حساس گلدهی و تشکیل غلاف‌ها با هدف دستیابی به عملکرد مناسب بسیار ضروری است. متوسط کارایی مصرف آب دانه کلزا در ایران ۳ الی ۴ کیلوگرم در هکتار به ازای هر میلی‌متر آب مصرفی گیاه (آب آبیاری + بارش مؤثر) است که با مدیریت صحیح در انتخاب مزرعه بدون محدودیت سطح ایستابی با بافت خاک مناسب، روش آبیاری، تاریخ و روش کاشت، مدیریت تغذیه و برنامه‌ریزی آبیاری در بهار می‌تواند تا بیش از ۱۰۰ درصد افزایش داشته باشد.

۸.۱. آبیاری بارانی

در این روش به دلیل تلفات کمتر آب آبیاری در مقایسه با آبیاری‌های سطحی، بهره‌وری آب بالاتر است ضمن اینکه خطر تنش ماندابی نیز کاهش می‌یابد. در اراضی با خاک سبک دارای سرعت نفوذ آب بالا و اراضی تسطیح نشده که هزینه زیادی برای تسطیح نیاز دارند این روش آبیاری توصیه می‌شود اما 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.

مزیت مهم آبیاری بارانی، انعطاف در برنامه‌ریزی آبیاری است. در این روش انتخاب زمان و مدت آبیاری با توجه به مراحل رشد گیاه و بیلان رطوبت خاک در کاهش تنش‌های کم آبی و خطر آب ماندگی در بهبود تولید دانه کلزا به‌ویژه در فصول زمستان یا بهار خشک بسیار مؤثر است. مهمترین محدودیت آبیاری‌های بارانی هزینه اولیه سرمایه‌گذاری، بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری این سامانه‌ها است.

در آبیاری‌های بارانی با توجه به عمق آبیاری حدود ۲۵ الی ۴۰ میلی‌متر، دفعات آبیاری تقریباً دو برابر آبیاری‌های سطحی است. انجام آبیاری بارانی قبل از بروز گرما یا پیش‌بینی بادهای گرم توصیه می‌شود.

انواع آبیاری‌های بارانی در کشت کلزا قابل استفاده هستند اما آبیاری‌های سنتریپوت (دوار مرکزی) و متحرک خطی با اسپریرهای کم فشار برای آبیاری و تأمین نیاز آبی تا حداکثر ۶ میلی‌متر در روز فصل بهار مناسب هستند. این سامانه‌ها، آبیاری کشت‌های تابستانه با نیاز آبی تا ۱۲ میلی‌متر در روز سایر گیاهان را پاسخگو هستند که البته بسته به نیاز آبی الگوی کشت هر منطقه می‌بایست سامانه آبیاری سنتریپوت یا متحرک خطی انتخاب، اجرا و بهره‌برداری شود. برنامه‌ریزی آبیاری شامل عمق و دور آبیاری با توجه به نیاز آبی کلزا به گونه‌ای اعمال می‌شود که از هرگونه تنش کم آبی یا خطر آب ماندگی در اثر رواناب اجتناب گردد.

در سامانه‌های بارانی، آبیاری‌های با عمق کم تا زمان رسیدگی انجام می‌شود. استفاده از سامانه آبیاری بارانی دوار مرکزی (سنتریپوت) در مزارع کلزا دو محدودیت دارد، یکی تلفات بادبردگی به خاطر وزش باد در طول روز و دیگری تلفات رواناب سطحی در اثر نفوذ کم خاک به دلایلی نظیر کاهش مواد آلی یا تراکم خاک به سبب تردد ادوات سنگین کشاورزی. همچنین در صورت استفاده از آب شور محدودیت تجمع املاح سدیم و کلر روی برگ کلزا می‌بایست مورد توجه قرار گیرد اگرچه بارش‌های زمستان و بهار با شستشوی این املاح محدودیت‌ها را کاهش می‌دهند.

در آبیاری‌های بارانی با تغییر ارتفاع آبپاش‌ها در سطح تاج گیاه، می‌توان نقایص تلفات تبخیر و باد بردگی را به حداقل رساند (شکل ۱۱).

در آبیاری با دستگاه سنتریپوت شدت پاشش از مرکز دستگاه به سمت خارج زیاد شده و بسته به مشخصات خاک در قسمت‌های برج‌های بیرونی امکان وجود رواناب مهیا می‌شود وجود آب در سطح زمین نشان دهنده بیشتر بودن شدت پاشش نسبت به سرعت نفوذ آب به خاک است که باعث ایجاد رواناب سطحی در

مزرعه خواهد شد. این جابجایی آب آبیاری به صورت رواناب، باعث غیر یکنواختی آب نفوذ یافته در زمین شده، می‌تواند باعث آب ماندگی در بخش‌هایی از مزرعه و خشکی در قسمت دیگر مزرعه بشود. انتخاب آپاش مناسب، افزایش سرعت حرکت دستگاه آبیاری (کاهش پاشش آب)، کشت روی منحنی‌های تراز و کرت بندی مزرعه از مهمترین راه کارهای جلوگیری از ایجاد رواناب در این مزارع است.



شکل ۱۱- آبیاری سنتریوت در کشت کلزا پاییزه

۸،۲- آبیاری سطحی-جویچه‌ای

کشت روی پشته برای مزارع آبی کلزا به‌ویژه در اراضی با شیب ۱:۱۵۰۰ و ملایم‌تر از آن توصیه می‌شود. مناسبترین شیب زمین به بافت و ساختمان خاک مزرعه بستگی دارد که تعیین کننده سرعت و میزان نشت از جویچه آبیاری به روی پشته است. ردیف‌کاری کلزا روی پشته در اراضی بدون محدودیت شوری خاک بر کشت خطی روی سطح زمین ترجیح داده می‌شود. در این روش آب با حداقل احتمال وقوع حالت غرقابی و بدون خطر تخریب خاکدانه‌های اطراف بوته (سله بندی)، در اختیار گیاه قرار می‌گیرد.

قبل از ایجاد پشته‌ها، تسطیح و حذف پستی و بلندی‌ها طولی و عرضی مزرعه در انجام آبیاری یکنواخت با حداقل امکان آب‌ماندگی مؤثر و ضروری است. خاک‌های غیرسردیمی‌رسی با خاکدانه مناسب دارای مواد آلی، مناسبترین خاک برای استفاده از سیستم کشت روی پشته هستند.

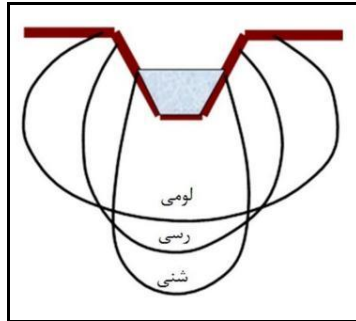
در کشاورزی با سیستم جوی و پشته‌ای، محل قرار گیری بوته‌ها و تولید محصول (روی پشته) از خطوط ترافیکی (مسیرهای چرخ یا جویچه‌ها) از هم مجزا هستند و سبب می‌شود که تراکم خاک مزرعه و به‌ویژه خاک اطراف محل استقرار بوته در اثر وزن ادوات کشاورزی متراکم نشود. پس از اجرای پشته‌ها، برای جلوگیری از تراکم خاک جویچه‌ها تا حد ممکن از تردد ادوات کشاورزی اجتناب شود. در زمان عملیات کشاورزی، توجه به رطوبت خاک و باد چرخ تراکتور یا کمباین می‌تواند در کاهش تراکم خاک مؤثر باشد.

عرض پشته‌ها و خطوط کشت در آبیاری جویچه‌ای به توزیع نشت در محیط جویچه آبیاری بستگی دارد که آن هم وابسته به بافت خاک مزرعه است در یک خاک لومی‌صعود آب به طرف پشته‌ها و نفوذ جانبی آن بیشتر از خاک شنی است از اینرو در خاک‌های لومی‌امکان استفاده از خطوط کشت و پشته‌های با فواصل بیشتر فراهم‌تر از خاک‌های شنی است و از این منظر خاک‌های رسی شرایط بینابینی را دارا هستند (شکل ۱۲) و بر این اساس می‌بایست ادوات مورد نیاز تهیه یا ادوات موجود اصلاح شوند.

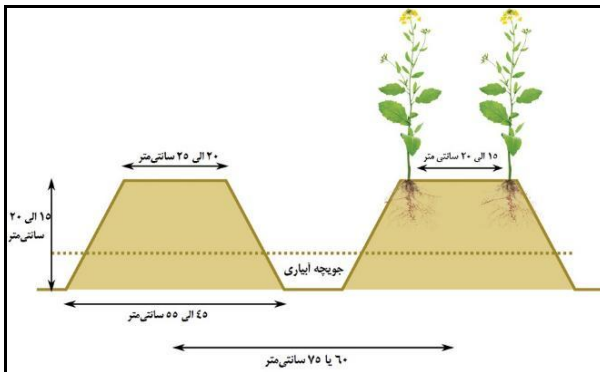
روش آبیاری سطحی جویچه‌ای با فواصل ۶۰ یا ۷۵ سانتی‌متری شیوه رایج مناطق مختلف کشور است (شکل ۱۳). از آنجاییکه کلیه عملیات کاشت تا برداشت کلزا بصورت مکانیزه انجام می‌شود، کشاورزان علاقمند به استفاده از حداکثر طول زمین به عنوان طول کشت یا آبیاری هستند اما استفاده از روش آبیاری جویچه‌ای با طول بیش از مقادیر توصیه شده قطعاً با تلفات آب آبیاری، بیش آبیاری ابتدای

تعیین نیاز آبی و مدیریت جامع آبیاری مزارع کلزا

مزرعه و کم آبیاری انتهای آن همراه خواهد بود از اینرو توصیه می‌شود که بر اساس شیب طولی مزرعه، بافت خاک و عمق آبیاری حداکثر طول جویچه ارائه شده در جدول ۱۱ رعایت شود.



شکل ۱۲- توزیع رطوبت اطراف جویچه آبیاری در خاک‌های با بافت مختلف



شکل ۱۳- ابعاد پشته‌ها و جویچه‌های آبیاری و محل استقرار گیاه

کشت در قطعات زراعی با شکل منظم، تسطیح مزرعه، استفاده از سیفون در انتقال آب از نهر سر زمین به جویچه‌ها (شکل ۱۴) و در صورت امکان استفاده از لوله‌های دریچه‌دار (هیدروفلوم) در ایجاد مزرعه‌ای با بوته‌های یکنواخت و حصول عملکرد بالاتر مؤثر است.

در اراضی نسبتاً شور، نمک در اثر تبخیر خاک در سطح پشته‌ها تجمع پیدا می‌کند. برای کاهش اثرات شوری، کاشت کلزا در طرفین جوی و در محل داغ آب، مؤثر و کاربردی است. این روش کاشت اقدامی مناسب در جهت استفاده بهینه از آب، مخصوصاً در اراضی با بافت شنی نیز به شمار می‌آید.

جدول ۱۱- حداکثر طول جویچه‌ی آبیاری بر اساس شیب طولی، بافت و عمق آبیاری

شیب جویچه	متوسط مقدار آبیاری (سانتی‌متر)											
	۷/۵	۱۵	۲۲/۵	۳۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۵	۷/۵	۱۰	۱۲
	رس				لوم				شن			
درصد	متر											
۰/۰۵	۳۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۱۲۰	۲۷۰	۴۰۰	۴۰۰	۶۰	۹۰	۱۵۰	۱۹۰
۰/۱	۳۴۰	۴۴۰	۴۷۰	۵۰۰	۱۸۰	۳۴۰	۴۴۰	۴۷۰	۹۰	۱۲۰	۱۹۰	۲۲۰
۰/۲	۳۷۰	۴۷۰	۵۳۰	۶۲۰	۲۲۰	۳۷۰	۴۷۰	۵۳۰	۱۲۰	۱۹۰	۲۵۰	۳۰۰
۰/۳	۴۰۰	۵۰۰	۶۲۰	۸۰۰	۲۸۰	۴۰۰	۵۰۰	۶۰۰	۱۵۰	۲۲۰	۲۸۰	۴۰۰
۰/۵	۴۰۰	۵۰۰	۵۶۰	۷۵۰	۲۸۰	۳۷۰	۴۷۰	۵۳۰	۱۲۰	۱۹۰	۲۵۰	۳۰۰
۱/۰	۲۸۰	۴۰۰	۵۰۰	۶۰۰	۲۵۰	۳۰۰	۳۷۰	۴۷۰	۹۰	۱۵۰	۲۲۰	۲۵۰
۱/۵	۲۵۰	۳۴۰	۴۳۰	۵۰۰	۲۲۰	۲۸۰	۳۴۰	۴۰۰	۸۰	۱۲۰	۱۹۰	۲۲۰
۲/۰	۲۲۰	۲۷۰	۳۴۰	۴۰۰	۱۸۰	۲۵۰	۳۰۰	۳۴۰	۶۰	۹۰	۱۵۰	۱۹۰



شکل ۱۴- آبیاری جویچه‌ای کلزا با استفاده از سیفون

۸،۳- آبیاری سطحی - نواری یا کرت های شیبدار

این روش آبیاری کلزا در طیف وسیع تری از انواع بافت خاک قابل استفاده است. مقدار شیب اراضی و امکان زه کشی یا تخلیه رواناب سطحی از عوامل تعیین کننده انتخاب آبیاری نواری یا کرت های شیبدار است ضمن اینکه در اراضی با محدودیت یا خطر شوری از روش کاشت روی سطح زمین و آبیاری کرت های شیبدار استفاده می شود. در این نوع آبیاری سطح خاک کل کرت شیبدار در تماس آب قرار می گیرد بنابراین احتمال آب ماندگی (به ویژه در مزارعی که انتخاب روش و طول نوارهای آبیاری با شیب و بافت خاک متناسب نباشد)، تخریب (سله بندی)، آبستگي و رسوبگذاری خاک سطحی در مزرعه افزایش پیدا کرده و احتمال بوجود آمدن مزرعه ای با بوته های غیر یکنواخت از نظر مراحل رشد و ارتفاع را افزایش می دهد. در اراضی با بافت خاک سنگین و بدون شیب آبیاری کرتی کاربرد دارد و انتخاب روش و ابعاد طولی و عرضی کرت یا نوار بگونه ای است که مجموع زمان فازهای آبیاری و تخلیه آب مازاد در یک نوار یا کرت آبیاری بیشتر از ۵ الی ۷ ساعت نباشد (مک کافری و همکاران، ۲۰۰۹).

آبیاری نواری در اراضی با شیب ۱:۱۰۰۰ تا ۱:۷۵۰ استفاده می شود و در شیب های کمتر مثل ۱:۱۵۰۰، می بایست طول نوار با رعایت زمان آبیاری و تخلیه ۵ الی ۷ ساعت تعیین شود. شیب عرضی نوارها باید کم باشد تا عمق آب آبیاری یکنواخت باشد. اراضی با بافت خاک شنی، برای آبیاری نواری مناسب نیستند در این اراضی با تأمین آب مورد نیاز گیاه در انتهای نوار، مقدار آب نفوذ یافته به پایین تر از عمق توسعه ریشه گیاه در ابتدای نوار ضمن افزایش تلفات آبیاری و کاهش بازده آبیاری باعث ورود آب و آلودگی های شیمیایی احتمالی به آب های زیرزمینی خواهد شد.

۹. تنش آبی در زراعت کلزا

یخبندان، تنش کم آبی و تنش گرمایی عملکرد دانه و درصد روغن کلزا را کاهش می‌دهد. وقوع یخبندان در مرحله تشکیل غلاف‌ها بیشترین خسارت را به بار می‌آورد.

کلزا به تنش‌های کم آبیاری و آب ماندگی در تمام طول دوره رشد خود حساس است. در یک مزرعه بعد از استقرار گیاهچه کلزا، رطوبت کافی در زمان ظهور گره میانی و شروع گلدهی تا تشکیل غلاف‌ها ضروری است. پاسخ گیاه مستقر شده کلزا به تنش‌های آبی، سپری کردن سریعتر مراحل رشدی و رسیدن به مرحله گلدهی است.

در اواخر زمستان نیاز آبیاری یک مزرعه کلزا نسبت به مزرعه مشابه گندم بیشتر است ضمن اینکه تحمل به تنش خشکی و ماندابی کلزا به‌ویژه در مرحله گلدهی تا تشکیل غلاف‌ها نسبت به گندم در مرحله گلدهی تا ظهور خوشه کمتر است.

قبل از شروع گلدهی تا پر شدن دانه در غلاف‌ها، بسته به بارش‌های فصلی و رطوبت سهل الوصول گیاه، انجام دو الی چهار نوبت آبیاری سطحی در عملکرد دانه، درصد روغن و همچنین کیفیت روغن دانه کلزا بسیار مؤثر است. حذف هر آبیاری در مرحله گلدهی، عملکرد را کاهش می‌دهد و در این بین، آبیاری در مرحله شروع گلدهی بیشترین تأثیر را در عملکرد دانه کلزا دارد تأمین رطوبت ابتدای گلدهی بر تعداد غلاف‌ها و آخرین آبیاری بر اندازه دانه‌های غلاف‌ها تأثیرگذار است. در جدول ۱۲ برخی اثرات تنش‌های کم آبی در مراحل رشد کلزا ارائه شده است.

جدول ۱۲- اثرات تنش کم آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا (معیری، ۱۳۹۷)

اثرات	مرحله رشد
کاهش تراکم، حساس به تنش سرمایی	جوانه‌زنی تا استقرار (الی ۸ برگی)
کاهش سطح برگ، کاهش رشد رویشی، کاهش ارتفاع بوته، کاهش تعداد شاخه‌های فرعی، کاهش تعداد آغازی‌های گل و کاهش ظرفیت تولید	ظهور میان گره و ساقه‌دهی
کاهش حجم ریشه و قدرت جذب آب	تنش شدید قبل از گلدهی
کاهش سطح برگ، دوام برگ، تعرق، فتوسنتز، ماده خشک، طول دوره گلدهی، تعداد شاخه فرعی، غلاف، طول غلاف و تعداد دانه در غلاف	تنش در مرحله گلدهی

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توسعه کشت کلزا پاییزه علاوه بر نقش مؤثر و مفید در تناوب زراعی اراضی کشاورزی، می‌توان نیاز به روغن کشور را برآورده نمود. به دلیل تقارن دوره رشد کلزا با حداقل روزانه ظرفیت تبخیر و تعرق، این کشت از مزیت نسبی به‌ویژه در شاخص بهره‌وری آب برخوردار است. بوته استقرار یافته کلزا با بهره‌مندی از بارش‌ها، مه و شبنم‌های موجود با شرایط تطابق پیدا کرده با تأمین نیاز آبیاری به‌ویژه در مراحل ظهورمیان گره، قبل از گلدهی تا قهوه‌ای شدن ۲۰ درصد از غلاف‌های ساقه اصلی، عملکرد دانه قابل قبولی را عاید کشاورز خواهد کرد. ضمن اینکه استفاده از آب‌های با کیفیت پایین‌تر را به دلیل تحمل و آستانه خسارت آن به شوری و آبشویی برگ و خاک توسط بارش‌های فصلی دارا است.

در شرایط کمبود منابع آب، اعمال کم آبیاری در تأمین بخشی از نیاز آبیاری با محدود کردن آبیاری‌های مزرعه کلزا در مراحل حساس تر همچنین استفاده از روش آبیاری یک در میان جویچه‌های آبیاری در مراحل رشد رویشی تا برداشت در کشت کلزا توصیه می‌شود. استفاده از روش‌های نوین آبیاری با اولویت آبیاری

دوار مرکزی در زراعت کلزا باعث افزایش کارایی مصرف آب آبیاری می‌شود. برای تعیین زمان آبیاری به ترتیب ارزیابی وضعیت ظاهری گیاه، استفاده از داده‌های تجمعی تبخیر از تشتک تبخیر و رطوبت خاک قابل دسترس گیاه کم‌هزینه‌ترین روش‌ها و در بهبود بهره‌وری آب بسیار مؤثر هستند.

منابع

بی‌نام. ۱۳۸۷. دستورالعمل تولید کلزا در اقلیم چهارگانه کشور. بخش تحقیقات دانه‌های روغنی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی.

معیری، م. و ف. کاوه. ۱۳۸۸. تحلیل بازده آبیاری سطحی در مزارع غیر یکپارچه شبکه آبیاری دز. مجله مهندسی کشاورزی. ۹(۳): ۱۵۲-۱۳۵.

معیری، م. ۱۳۹۷. دوره ملی آموزش مدیریت آبیاری کلزا. کارکنان وزرات جهاد کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد- دزفول. بهمن ماه ۹۷.

FAO. 1977. Crop water requirements (revised). J. Doorembos and W.O. Pruitt. Irrigation and Drainage Paper 24. FAO, Rome.

Francois, L. E. 1994a. Growth, seed yield, and oil content of canola grown under saline conditions. *Agron. J.*, 86: 233-237.

McCaffery, D., Potter, T., Marcroft., S and Pritchard, F 2009, 'Canola best practice management guide for south-eastern Australia', Grains Research and Development Corporation.

McCaffery, D., Fowler, j., Jones, D., Victoria, K., and Horan, T., 2017. Irrigated canola in southern cropping systems. NSW Department of Primary Industries and the Grains Research and Development Corporation.

- Mousavizadeh, S. F., Honar, T., and Ahmadi, S. H. 2016. Assessment of the AquaCrop Model for simulating Canola under different irrigation managements in a semiarid area. *International J. of Plant Production* 10 (4),425-445.
- Penney, D. C., Nyborg, M., Hoyt, P. B., Rice, W. A., Siemens, B., and Laverty, D. H. 1977. An assessment of the soil acidity problem in Alberta and northeastern British Columbia. *Can. J. Soil Sci.* 57:157-164.
- Stephuhn, H., Volkmar, K. M. and Miller, P. R. 2001. Comparing canola, field pea, dry bean, and durum wheat crops grown in saline media. *Crop Science* 41:1827-1833.
- 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.
- Zeleeke, K. T., Luckett, D., and Cowley, R. 2011. Calibration and Testing of the FAO AquaCrop Model for Canola. *Agron. J.* 103:1610–1618.