



جمهوری اسلامی ایران



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات خاک و آب

راهنمای آبیاری گیاه کلزا

نویسندگان

علی اکبر عزیزی زهان و رقیه رضوی
محققین مؤسسه تحقیقات خاک و آب

با همکاری

سمانه پورمنصور

کارشناس مؤسسه تحقیقات خاک و آب

شماره ثبت: 562

سرشناسه	: عزیز زهان، علی اکبر، 1354-
عنوان و نام پدیدآور	: راهنمای آبیاری گیاه کلزا/ علی اکبر عزیز زهان، رقیه رضوی القیان؛ با همکاری سمانه پورمنصور؛ ویراستار: حمید قیومی محمدی.
مشخصات نشر	: کرج: موسسه تحقیقات خاک و آب، 1396.
مشخصات ظاهری	: 15 ص: مصور (رنگی)، جدول (بخشی رنگی)، نمودار.
شابک	: 978-600-98070-1-7
وضعیت فهرست نویسی: فیپا	
یادداشت	: سمانه پورمنصور متولد 1362/2/30 می باشد.
یادداشت	: واژه نامه
موضوع	: کلزا -- ایران
موضوع	: Rape (Plant) -- Iran
موضوع	: کلزا -- آبیاری
موضوع	: Rape (Plant) -- Irrigation
شناسه افزوده	: رضوی القیان، رقیه، 1337-
شناسه افزوده	: پورمنصور، سمانه، 1362-
شناسه افزوده	: موسسه تحقیقات خاک و آب
شناسه افزوده	: Soil & water research institute
رده بندی کنگره	: SB 299 / 4 1396ع 8
رده بندی دیویی	: 633/850955
شماره کتابشناسی ملی	: 5041833

عنوان: راهنمای آبیاری گیاه کلزا

نویسندگان: علی اکبر عزیز زهان و رقیه رضوی القیان با همکاری سمانه پورمنصور

ناشر: موسسه تحقیقات خاک و آب

کارشناس انتشارات: زهرا محمدی

ویراستار: حمید قیومی محمدی

صفحه آرا: سمانه پورمنصور

طرح روی جلد: سید هرمز سجادی

نوبت چاپ: اول - 1397

شمارگان: 100 نسخه

قیمت: 20000 تومان

شماره ثبت موسسه: 562

نشانی: کرج، میدان استاندارد، جاده مشکین دشت، بعد از رزکان نو، بلوار امام خمینی (ره) موسسه

تحقیقات خاک و آب، کد پستی: 3177993545 - صندوق پستی: 311-31785

دورنگار: 026-36210121

تلفن: 026-36201900

Website: www.swri.ir

Email: info@swri.ir

این اثر با شماره 54500 در تاریخ 97/8/22 در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت

رسیده است.

نقل مطالب با ذکر منبع بلامانع است.

فهرست مطالب

<u>عنوان</u>	<u>صفحه</u>
1- مقدمه.....	1
2- پرسش‌های اصلی آبیاری.....	3
3- نیاز آبی و مراحل رشد گیاه کلزا.....	4
3-1- نیاز آبی	4
3-2- مراحل رشد گیاه کلزا	5
4- نیاز آبیاری.....	9
5- برنامه‌ریزی آبیاری.....	10
5-1- تعیین برنامه آبیاری (عمق و دور) بر اساس مقدار آب مصرفی و ویژگی‌های خاک	11
5-2- برنامه‌ریزی آبیاری بر اساس تبخیر تجمعی از تشت تبخیر.....	15
5-3- برنامه‌ریزی آبیاری بر اساس مراحل رشد حساس به تنش آبی	15
6- سایر توصیه‌ها برای آبیاری گیاه کلزا.....	17
7- فهرست منابع	21

1- مقدمه

دستیابی به غذای کافی، سالم و مغذی به عنوان یکی از حقوق اساسی افراد جامعه در سند چشم‌انداز بیست ساله کشور برای افق 1404 مورد تأکید قرار گرفته است. در این راستا بخش کشاورزی خود را موظف به دستیابی به توانمندی لازم در برقراری امنیت غذایی و خوداتکایی در تولید محصولات اساسی از جمله دانه‌های روغنی و بویژه کلزا می‌داند. با تلقی امانت‌مدارانه، خاک و آب امانتی است در اختیار ما که به عنوان منابع پایه و بستر تولید از اهمیت بسزایی برخوردار است. به گونه‌ای که امنیت غذا در گرو امنیت خاک و آب است. در این راستا استفاده درست از آب در آبیاری مزارع و حصول تولید بیشتر به ازای هر واحد آب مصرف شده (بهره‌وری بیشتر آب)، نقش محوری در مدیریت درست مصرف منابع آب و پشتیبانی تولید عهده‌دار است.

از دیرباز تولید روغن، برای تأمین نیاز جامعه ایران کافی نبوده و در بیشتر سال‌ها، روغن تولیدی کشور حدود 10 درصد نیاز داخلی را تأمین نموده است. بنابراین از دهه 70، توسعه زراعت کلزا (*Brassica napus*. L) به عنوان یکی از گزینه‌های مناسب برای تولید روغن در کشور مورد توجه قرار گرفته است. امروزه کلزا به دلیل درصد بالای روغن، اثرات مفید در تناوب با محصولات زراعی، بویژه در تناوب با غلات (مانند گندم) داشته و برای پایداری تولید، قابلیت گسترش در شرایط آب و هوایی گوناگون کشور و در دامنه وسیعی از انواع خاک‌ها، در برنامه الگوی کشت مناطق قرار گرفته و سطح زیرکشت آن افزایش یافته است. بر اساس گزارش خلاصه آمار 36 ساله وزارت جهاد کشاورزی برای محصولات زراعی، گیاه روغنی کلزا در سال‌های زراعی 76-77، 85-86 و 92-1391 به ترتیب دارای سطح زیرکشت 0/38، 89/8 و 57/9 هزار هکتار، تولید 2/9، 205/5 و 120/4 هزار تن و عملکرد 764، 2289 و 2100 کیلوگرم در هکتار بوده است. در شرایط حاضر نیز توسعه کشت این محصول از اولویتهای وزارت جهاد کشاورزی برای دستیابی به خوداتکایی در تأمین روغن کشور است.

از آنجا که گیاه کلزا یک گیاه نسبتاً جدید در کشور است، در اسناد گوناگونی که به برآورد آب مورد نیاز گیاهان برای محصولات مختلف در نقاط گوناگون کشور پرداخته‌اند، اطلاعاتی در خصوص مدیریت آبیاری این گیاه وجود ندارد. مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور با توجه به رسالت خود در بیش از یک دهه‌ی گذشته، پژوهش‌های متعددی در زمینه‌های گوناگون خاکی و آبی، موثر بر مدیریت زراعی کلزا انجام داده است. از جمله این زمینه‌ها پژوهش در خصوص نیاز آبی، برنامه‌ریزی آبیاری و کم آبیاری برای این محصول در نقاط گوناگون کشور بوده است.

تعیین نیاز آبی گیاهان و نحوه‌ی توزیع آن در دوره‌ی رشد، از اساسی‌ترین اطلاعات می‌باشد که به منظور استفاده‌ی صحیح از آب و سایر برنامه‌ریزی‌های کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. تعیین نیاز آبی گیاهان بر این اصل استوار است که گیاه در دوره رشد خود از نظر آب در تنگنا نباشد و اگر دیگر عوامل و مؤلفه‌های تولید در حد بهینه باشند، بایستی بیشینه عملکرد بالقوه را انتظار داشت. برنامه‌ریزی صحیح آبیاری سبب استفاده بهینه از منابع محدود آب است؛ زیرا که واکنش گیاه به کمبود آب، به عوامل متعدد از جمله شدت تنش، طول دوره رشد و همچنین مرحله رشد گیاه بستگی دارد. با تامین آب کافی در مراحل حساس رشد گیاه، می‌توان اثرات نامطلوب تنش خشکی را تا حد معنی‌داری کاهش داد.

محدودیت منابع آب، ضرورت تولید بیشتر به ازای هر واحد آب مصرفی و ضرورت توسعه سطح زیرکشت کلزا، مدیریت علمی آبیاری در زراعت این محصول را اهمیت بیشتری داده است. نبود اطلاعات و منابع مناسب برای کارشناسان آبیاری، زراعت، ترویج و بهره‌برداران در مورد مدیریت آبیاری کلزا، انجام آن را با مشکل مواجه ساخته است. به منظور رفع نسبی این محدودیت نتایج بخشی از پژوهش‌های بخش تحقیقات آبیاری و فیزیک خاک مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور جمع‌بندی، تحلیل و در این نشریه با عنوان «راهنمای آبیاری گیاه کلزا»، برای استفاده کارشناسان و بهره‌برداران ارائه شده است. در این نشریه سعی شده است که نیاز آبی،

برنامه‌ریزی و توصیه‌های آبیاری به صورت ساده و منطبق با مراحل فنولوژیک رشد گیاه کلزا که برای مروجین و بهره‌برداران شناخته شده‌تر است، ارائه شود.

2- پرسش‌های اصلی آبیاری

برای مدیریت کارآمد آبیاری مزرعه کلزا در سطوح گوناگون باید برای سه پرسش زیر پاسخ معقول و مبتنی بر علم و تجربه فراهم کرد.

1- گیاه و مزرعه کلزا در هر مرحله از رشد به چه مقدار آب نیازمند است (نیاز آبی و نیاز آبیاری گیاه چقدر است)؟

2- در هر مزرعه، آب مورد نیاز گیاه کلزا در چه فواصل زمانی و به چه مقدار در هر نوبت آبیاری باید در اختیارش قرارگیرد (برنامه‌ریزی آبیاری چگونه است)؟

3- آب آبیاری باید به چه روشی به خاک افزوده شود (روش آبیاری)؟

پاسخ به این سوالات یا اطلاعات پایه مورد نیاز برای پاسخ دادن به این سوال‌ها، برای اغلب گیاهان در منابع گوناگون مرجع مانند نشریات 33، 56 و 66 فائو (سازمان خواربار کشاورزی جهانی (FAO)) (دورنباس و کسام، 1979، آلن و همکاران، 1998 و استدیوتو و همکاران، 2012)، کتاب برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور (فرشی و همکاران، 1376) و سند ملی آب¹ کشور (1376)، بطور مفصل یا به صورت کلی ارائه شده است؛ ولی در مورد گیاه کلزا غیر از اطلاعات مختصر در نشریه 56 فائو (آلن و همکاران، 1998) برای ضریب گیاهی، بیشینه عمق ریشه و ضریب تخلیه مجاز، اطلاعاتی در سایر مراجع علمی وجود ندارد. لذا در این نشریه برای پاسخ به سئوالات یک و دو که بیانگر نیاز آبی و برنامه‌ریزی آبیاری گیاه است، ضمن ارائه اطلاعات پایه، توصیه‌های عملی برای آبیاری کلزا

1- سند ملی آب کشور (این سند بعداً در نرم‌افزاری به نام Netwat ارائه شد).

با تاکید بر نتایج پژوهش‌های مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور، به اختصار و به صورت ساده و روان ارائه شده است.

3- نیاز آبی¹ و مراحل رشد گیاه کلزا:

3-1- نیاز آبی:

آب جزء اصلی ساختار گیاه کلزا است و نقش مهمی در جذب و انتقال مواد غذایی دارد. قسمت عمده آب جذب شده توسط کلزا از طریق روزنه‌های گیاه تبخیر² می‌شود، که به آن تعرق³ می‌گویند. تبخیر- تعرق⁴ حاصل تعرق گیاه و تبخیر از خاک و سطوح اندام‌های گیاهی می‌باشد. تبخیر- تعرق کلزا در شرایط استاندارد (ET_c)⁵ به تبخیر- تعرق از گیاهی که عاری از بیماری بوده و با تغذیه مناسب در مزرعه بزرگ که وضعیت آب خاک بهینه بوده و در شرایط آب و هوایی مورد نظر دارای عملکرد پتانسیل باشد، گفته می‌شود. تبخیر- تعرق گیاه کلزا در شرایط استاندارد با استفاده از رابطه زیر تعیین می‌شود (آلن و همکاران، 1998):

$$ET_c = K_c \times ET_o \quad (1)$$

که در آن: ET_c = تبخیر- تعرق گیاه کلزا در شرایط استاندارد (میلی‌متر)، ET_o = تبخیر- تعرق گیاه مرجع⁶ (چمن) در همان شرایط آب و هوایی که یک نمایه آب و هوایی و بیانگر تقاضای تبخیری اتمسفر است (میلی‌متر) و K_c = ضریب گیاهی کلزا⁷ و متاثر از ویژگی‌ها و مرحله رشد گیاه کلزا، آب و هوا و تبخیر از سطح خاک است (بدون واحد).

1 - Water requirement

2 - Evaporation

3 - Transpiration

4 - Evapotranspiration

5 - Crop evapotranspiration under standard conditions (ET_c)

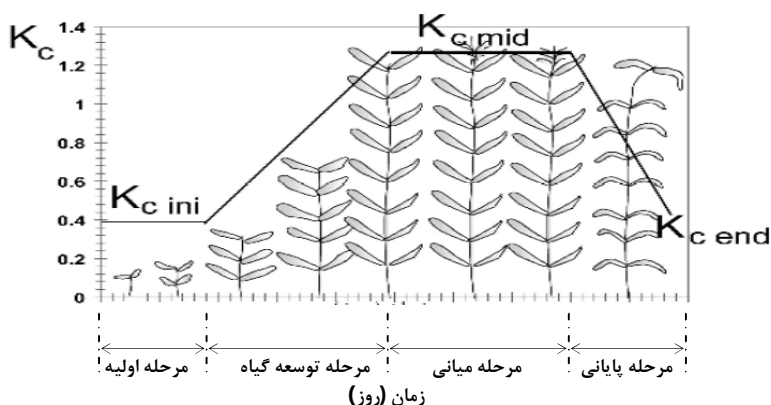
6 - Reference evapotranspiration (ET_o)

7 - Crop coefficient

3-2- مراحل رشد گیاه کلزا:

الف - مراحل رشد گیاه کلزا از نظر آبیاری:

پوشش سطح زمین، ارتفاع گیاه و سطح برگ با رشد گیاه کلزا تغییر می‌کند. در پی این تغییرات، ضریب گیاهی نیز در مراحل گوناگون رشد گیاه تغییر کرده و منحنی تغییرات آن شامل 4 مرحله جداگانه است (شکل یک). بنابراین برای تعیین و رسم منحنی ضریب گیاهی بر اساس نشریه 56 فائو (آلن و همکاران، 1998)، طول دوره رشد گیاه به چهار مرحله شامل: مرحله اولیه رشد¹ (از کاشت تا پوشش گیاهی 10%)، مرحله توسعه گیاه² (از پوشش گیاهی 10% تا پوشش کامل) مرحله میانی رشد³ (از پوشش کامل تا شروع رسیدن) و مرحله پایانی رشد⁴ (از شروع رسیدن تا برداشت)⁵ تقسیم‌بندی شده است.



شکل 1- فرم کلی تغییرات ضریب گیاهی و مراحل گوناگون رشد گیاه
(آلن و همکاران، 1998)

- 1 - Initial stage
- 2 - Crop development stage
- 3 - Mid-season stage
- 4 - Late season stage

ب - مراحل فنولوژیک رشد گیاه کلزا:

مراحل فنولوژیک رشد کلزا شامل شش مرحله به شرح زیر است (شکل دو):

ب- 1- مرحله جوانه‌زنی¹: این مرحله شامل جذب آب، تورم، شکافتن پوسته بذر و خروج نوک ریشه است. در این مرحله ریشه اصلی رشد کرده و ریشه‌های جانبی گسترش می‌یابد و گیاه دارای دو برگ قلبی شکل می‌شود.

ب- 2- مرحله دانه‌رست²: 4 تا 10 روز بعد از بذركاری یک ساقه 1/2 تا 2/5 سانتی‌متری تولید می‌شود.

ب- 3- روزت³ و شروع رشد رویشی: چند روز پس از رویش دانه‌رست‌ها، نخستین برگ حقیقی مشاهده می‌شود. گیاه به سرعت یک روزت با برگ‌های پیر و پایین که در حال بزرگ شدن است و برگ‌های کوچک و جوان‌تر که در مرکز آن در حال رشد هستند، ایجاد می‌نماید. طول ساقه بدون تغییر باقی‌مانده و ضخامت آن افزایش می‌یابد. سیستم ریشه‌ای به رشد و گسترش ادامه می‌دهد و ریشه‌های ثانویه به سمت اطراف و پایین ریشه اصلی، توسعه می‌یابند. پس از پایان مرحله روزت گیاه به رشد شدید رویشی متمایل شده و شروع به ساقه‌دهی می‌کند. در این مرحله میان‌گره‌ها قابل دیدن است.

ب- 4- مرحله غنچه‌دهی⁴: با بلند شدن طول روزها و افزایش دما، غنچه‌ها تشکیل می‌شوند. خوشه‌ای از غنچه‌های گل در مرکز روزت قابل مشاهده بوده و ساقه نیز شروع به رشد و بلند شدن می‌نماید. خوشه‌های غنچه‌های گل با رشد طولی ساقه بزرگتر شده و گل‌های باز نشده بزرگتر می‌شوند. شاخه‌های ثانویه از جوانه‌هایی که در محور اصلی برگ‌های بالایی ساقه اصلی قرار دارند، منشأ می‌گیرند.

1 - Germination

2 - Seedling

3 - Rosette

4 - Budding

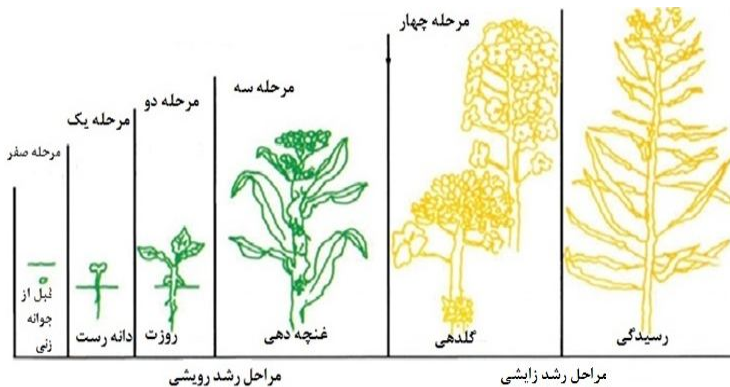
ساقه اصلی به 30 تا 60 درصد طول خود قبل از گلدهی می‌رسد و 30 تا 60 درصد بیشینه ماده خشک نیز در این مرحله، تولید می‌شود.

ب- 5- مرحله گلدهی¹: گلدهی با باز شدن پایین‌ترین غنچه بر روی ساقه اصلی، شروع شده و به سمت بالا ادامه می‌یابد. در طی گلدهی شاخه‌ها به رشد ادامه داده و طول‌تر می‌شوند و غنچه‌ها به گل و گل‌ها به خورجین تبدیل می‌شوند.

ب- 6- شکل‌گیری غلاف و رسیدگی²: این مرحله بسته به وضعیت رشد خورجین‌ها به 5 مرحله تقسیم می‌شود، که طی آن طول غلاف‌ها به مرور از کمتر از 2 سانتی‌متر به حدود 4 سانتی‌متر افزایش یافته و سرانجام خورجین‌ها به صورت توده‌ای در روی گیاه دیده می‌شوند. رسیدگی با افتادن گلبرگ‌ها شروع می‌شود. در طی هفته‌های اول رشد بذر، پوسته بذر گسترش می‌یابد تا به اندازه کامل خود برسد. بذر در این مرحله همانند یک بالون پر از آب می‌باشد. در این مرحله جنین در داخل پوسته بذر شروع به رشد می‌کند. وزن بذر افزایش می‌یابد. حدود 35 تا 45 روز بعد از شروع گلدهی، پرشدن بذر کامل می‌شود. بذره‌ای نارس وقتی پر می‌شوند که حاوی 40 درصد رطوبت باشند. سپس پوست بذر از رنگ سبز به زرد یا قهوه‌ای می‌گراید. رطوبت بذر به سرعت به میزان 2 تا 3 درصد در روز کاهش می‌یابد. 40 تا 60 روز بعد از نخستین گلدهی، بذره‌ای خورجین‌های پایینی می‌رسند (طهرانی و همکاران، 1393).

1 - Flowering

2 - Ripening



شکل 2- نمایی از مراحل گوناگون رشد کلزا (طهرانی و همکاران، 1393)

بر اساس پژوهش‌های لایسیمتری مؤسسه تحقیقات خاک و آب که توسط رضوی و همکاران (1390)، حقیقت و همکاران (1390)، مرادی دالینی و همکاران (1391) و ابراهیمی پاک و همکاران (1392) به ترتیب در مناطق ارومیه، اصفهان، حاجی‌آباد هرمزگان و قزوین اجرا شد و استفاده از نظر کارشناسان با تجربه در جمع‌بندی و تعمیم نتایج این پژوهش‌ها برای ارائه یک دستورالعمل راهنما در مناطق گوناگون کشور، ضریب گیاهی کلزا (K_c) که حاصل نسبت تبخیر- تعرق گیاه کلزا تحت شرایط استاندارد (ET_c) به تبخیر - تعرق گیاه مرجع (ET_0) است، برای مراحل گوناگون رشد گیاه کلزا تحت شرایط استاندارد برای دستیابی به بیشینه محصول در جدول یک ارائه شده است.

با توجه به این جدول برای دستیابی به محصول بهینه در ایران، تبخیر- تعرق کلزا به صورت میانگین در طول فصل رشد 420 تا 500 میلی‌متر برآورد شده است. در شکل سه میانگین سه ساله تبخیر- تعرق روزانه و تبخیر- تعرق تجمعی کلزا در شرایط استاندارد برای منطقه اصفهان نشان داده شده است.

جدول 1- مراحل رشد، ضریب گیاهی و تبخیر - تعرق گیاه کلزا تحت شرایط استاندارد (ET_c) (براساس نتایج پژوهش‌های مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور)

ET _c (میلی‌متر) *	ضریب گیاهی (K _c)	مرحله رشد فنولوژیک متناظر	مراحل رشد گیاه در تعیین نیاز آبی	
			درصد پوشش گیاهی (مرحله رشد)	مراحل چهارگانه رشد (فانو 56)
60 - 75	0/4	کاشت تا 6 برگی و انتهای روزت	صفر تا 10 درصد (رشد رویشی)	مرحله اولیه رشد
100 - 120	0/4 - 1/13	انتهای روزت تا شروع گلدهی	از پوشش گیاهی 10% تا پوشش کامل	مرحله توسعه گیاه
180 - 215	1/13	گلدهی تا غلاف- بندی کامل	از پوشش گیاهی کامل تا شروع رسیدن	مرحله میانی رشد
80 - 90	1/13 - 0/4	غلاف‌بندی کامل تا رسیدن و برداشت	از شروع رسیدن تا برداشت	مرحله پایانی رشد
420-500	جمع			

* در این ستون ارقام کمتر و بیشتر به ترتیب برای مناطق سرد و گرم توصیه می‌شود.

* در شرایطی که تبخیر- تعرق گیاه مرجع (ET₀) در دسترس باشد، با استفاده از ضریب گیاهی این جدول و رابطه یک، مقادیر ET_c می‌تواند به صورت روزانه، دهه‌ای، ماهانه یا مرحله رشد، محاسبه شود.

* به عنوان یک توصیه کلی برای انجام آبیاری کامل در سال‌هایی که مقدار بارندگی در هر مرحله رشد کمتر از متوسط دراز مدت بارندگی است، به مقدار 10 تا 15 درصد به مقادیر ارائه شده برای ET_c در این جدول اضافه شود.

* تامین مقدار ET_c در هریک از مراحل فوق، بسته به گنجایش نگهداری آب سهل الوصول خاک در ناحیه ریشه کلزا، مقدار باران موثر و نرخ تغییرات ET_c در طول هر مرحله، ممکن است با چند آبیاری در مزرعه انجام شود. نمونه آن در مثال یک ارائه شده است.

4- نیاز آبیاری¹

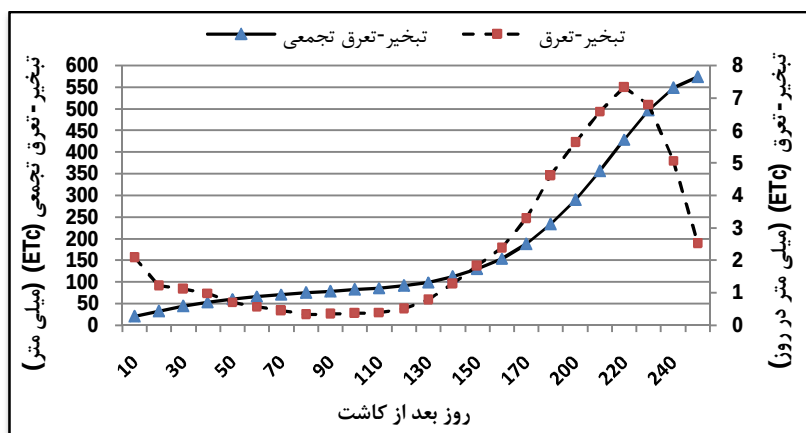
از آن جایی که در طول فصل رشد گیاه کلزا، بارندگی به وقوع می‌پیوندد، نیاز آبیاری (I_r) کلزا با کسر کردن باران موثر² (P_e) از نیاز آبی گیاه (ET_c) طبق رابطه زیر محاسبه می‌شود (فرشی و همکاران، 1376).

$$I_r = ET_c - P_e \quad (2)$$

1 - Irrigation requirement

2 - Effective precipitation

در این رابطه تمام مؤلفه‌ها باید هم واحد و بر اساس عمق (میلی‌متر) یا حجم باشد. مقدار ET_c برای هر مرحله از جدول یک قابل استخراج است. در ساده‌ترین حالت مقدار باران موثر (P_e) در هر مرحله از رشد را می‌توان معادل 75 درصد بارش در آن مرحله برای منطقه مورد بررسی، در نظر گرفت.



شکل 3 - تبخیر - تعرق روزانه و تبخیر - تعرق تجمعی کلزا در شرایط استاندارد (ET_c) برای منطقه اصفهان (بر اساس اطلاعات حقیقت و همکاران، 1390)

5- برنامه‌ریزی آبیاری¹

برنامه‌ریزی آبیاری به معنای مشخص نمودن زمان آبیاری (دور آبیاری²) و مقدار آب لازم در هر نوبت آبیاری (عمق آبیاری³) در طول دوره رشد گیاه است که برای استفاده بهینه از آب، انرژی و کلیه امکانات مورد نیاز در آبیاری ضروری است. هدف اصلی از یک برنامه آبیاری، تأمین نیاز آبی گیاه است.

1 - Irrigation scheduling

2 - Irrigation interval

3 - Irrigation depth

برنامه آبیاری را می‌توان بر اساس تامین تمامی آب مورد نیاز (آبیاری کامل)¹ و یا مقداری از آب مورد نیاز گیاه (کم آبیاری)² اجرا کرد. تعداد دفعات آبیاری و مقدار آب در هر آبیاری برای هر گیاه بستگی به شرایط آب و هوایی منطقه و ویژگی‌های خاک مزرعه دارد.

برای تعیین برنامه آبیاری گیاهان از جمله کلزا روش‌های گوناگونی وجود دارد. مهم‌ترین این روش‌ها که در شرایط آب و هوایی ایران نیز استفاده می‌شود، شامل:

1- تعیین برنامه آبیاری (دور و عمق) بر اساس مقدار آب مصرفی و ویژگی‌های خاک،

2- برنامه‌ریزی آبیاری بر اساس تبخیر تجمعی از تشت تبخیر و

3- برنامه‌ریزی آبیاری بر اساس تعیین مراحل رشد حساس به کم آبی و حذف یا کاهش آبیاری در مراحل غیر حساس است.

1-5- تعیین برنامه آبیاری (دور و عمق) بر اساس مقدار آب مصرفی و ویژگی‌های خاک

در این روش برنامه‌ریزی آبیاری با استفاده از داده‌های نیاز آبی گیاه (جدول یک)، باران موثر، ویژگی‌های فیزیکی خاک و مقدار رطوبت خاک، عمق ریشه گیاه و ضریب تخلیه مجاز آب، می‌تواند برای آبیاری کامل (در حالت کافی بودن منابع آب) و کم آبیاری (شرایط محدودیت منابع و وسعت اراضی تحت آبیاری)، ارائه شود. در ابتدا هریک از عوامل موثر در برنامه‌ریزی آبیاری به این روش، توضیح داده شده و سپس یک مثال در این خصوص حل شده است.

1 - Full irrigation

2 - Deficit irrigation

ویژگی‌های فیزیکی خاک:

آب قابل استفاده گیاه: مقدار رطوبت خاک در فاصله بین حد گنجایش مزرعه‌ای¹ (FC) و نقطه پژمردگی دائم² (PWP)، آب قابل استفاده برای گیاه محسوب می‌شود. مقدار آب قابل استفاده گیاه در خاک‌های گوناگون متفاوت است و باید در برنامه‌ریزی آبیاری مد نظر قرار گیرد (فرشی و همکاران، 1382).

آب سهل الوصول: مقدار آبی است که گیاه می‌تواند بدون روبرو شدن با تنش آبی، از خاک جذب نموده و مورد استفاده قرار دهد. آب سهل الوصول بسته به نوع گیاه و بافت خاک متفاوت بوده (فرشی و همکاران، 1382) و مقادیر آن برحسب میلی‌متر در یک متر عمق خاک برای کلاس‌های گوناگون بافت در جدول دو آمده - است. آب سهل الوصول برای هر گیاه از حاصلضرب ضریب تخلیه مجاز رطوبتی در مقدار آب قابل استفاده گیاه در خاک مورد نظر بدست می‌آید. ضریب تخلیه مجاز رطوبتی³ (P) با فرض تبخیر- تعرق برابر 5 میلی‌متر در روز برای گیاهان گوناگون توسط آلن و همکاران (1998) گزارش شده است. در شرایط متفاوت برای تبخیر- تعرق، مقدار ضریب تخلیه مجاز رطوبتی با استفاده از رابطه زیر اصلاح می‌شود (آلن و همکاران، 1998):

$$P = 0/6 + 0/04 (5 - ET_c) \quad (3)$$

ضریب تخلیه مجاز رطوبتی برای کلزا توسط آلن و همکاران (1998) برابر 0/6 گزارش شده است. بر این اساس مقدار آب سهل الوصول گیاه کلزا برای یک متر عمق خاک در کلاس‌های گوناگون بافت خاک محاسبه و در جدول دو ارائه شده است. آلن و همکاران (1998) بیشینه عمق ریشه کلزا را برابر 1/5-1 متر گزارش کردند.

1 - Field capacity (FC)

2 - Permanent Wilting point (WP)

3 - Soil water depletion fraction (P)

عمق آبیاری: عمق آب آبیاری عبارت است از عمق آبی که باید در هر نوبت آبیاری به خاک ناحیه ریشه گیاه داده شود تا گیاه بتواند رشد خود را تکمیل نموده و در نهایت محصول مناسب تولید نماید. در هر آبیاری عمق آبیاری بر اساس مقدار آب سهل الوصول تخلیه شده از ناحیه ریشه گیاه، تا زمان آبیاری قابل تعیین است.

جدول 2 - کل آب قابل استفاده و عمق آب سهل الوصول خاک¹ برای گیاه کلزا در کلاس‌های گوناگون بافت

عمق آب سهل الوصول برای کلزا (mm/m)	کل آب قابل استفاده ³ (mm/m) (فرشی و همکاران، 1382)	کلاس بافت خاک ² (فرشی و همکاران، 1382)
120	200	ریز بافت ⁴ (سنگین)
80	140	متوسط بافت ⁵ (متوسط)
40	60	درشت بافت ⁶ (سبک)

دور آبیاری: دور آبیاری به فاصله زمانی بین آغاز دو آبیاری متوالی گفته می‌شود. زمانی که نیاز آبی گیاه بیشینه است، فاصله بین آبیاری‌ها کوتاه‌تر می‌شود. این فاصله زمانی را می‌توان از تقسیم عمق خالص آب آبیاری⁷ (متاثر از گنجایش نگهداشت آب آب خاک) به بیشینه نیاز آبی گیاه در ماه یا زمان مربوطه، بدست آورد.

1 - Readily available soil water

2 - Soil texture classification

3 - Total available water

4 - Fine texture soil

5 - Medium texture soil

6 - Coarse texture soil

7 - Net irrigation requirement

مثال 1- برای آبیاری در مرحله میانی رشد یک مزرعه کلزا در منطقه‌ای سرد که دارای بافت خاک متوسط است؛ با فرض این که عمق بارش در این مرحله 60 میلی‌متر باشد، چند آبیاری نیاز است؟ عمق ریشه کلزا را برابر 70 سانتی‌متر فرض کنید.

حل: براساس جدول یک تبخیر- تعرق (نیاز آبی) کلزا در این مرحله برای منطقه سرد 180 میلی‌متر است. با فرض موثر بودن 75 درصد بارندگی، مقدار نیاز خالص آبیاری (Ir) کلزا برابر است با:

$$I_r = ET_c - P_e = 180 - 0/75 \times 60 = 135 \quad \text{میلی‌متر}$$

با توجه به متوسط بودن بافت خاک، مقدار آب سهل‌الوصول آن برابر 80 میلی-متر در هر متر عمق خاک است. با لحاظ کردن عمق ریشه کلزا (در این مثال 70 سانتی‌متر) مقدار آب سهل‌الوصول برای خاک ناحیه ریشه این مزرعه کلزا که معادل بیشینه نیاز خالص آبیاری، در هر نوبت آبیاری است، برابر خواهد بود با:

$$\text{میلی‌متر} \quad \text{عمق آب} = \frac{70}{100} \times 80 = 56$$

با معلوم بودن نیاز خالص آبیاری و گنجایش نگهداشت آب سهل‌الوصول خاک در ناحیه ریشه کلزا، اگر آبیاری پس از تخلیه کامل آب سهل‌الوصول ناحیه ریشه انجام شود، تعداد آبیاری‌های (n) مزرعه کلزا در این مرحله برای تامین نیاز خالص آبیاری برابر با 2/4 نوبت است.

$$n = \frac{135}{56} = 2/4$$

با توجه به ضرورت تامین نیاز گیاه در مرحله میانی رشد کلزا باید 3 نوبت آبیاری انجام شود؛ که بخشی از آب آبیاری داده شده در آبیاری سوم، در مرحله انتهایی رشد به مصرف گیاه خواهد رسید.

2-5- برنامه‌ریزی آبیاری بر اساس تبخیر تجمعی از تشت تبخیر

تشت تبخیر کلاس A ساده‌ترین وسیله‌ای است که با آن می‌توان مقدار تبخیر را از یک سطح نسبتاً آزاد آب بدست آورد. این مقدار که تحت تاثیر کلیه متغیرهای هواشناسی موثر بر تبخیر - تعرق است، نمایه خوبی برای توان تبخیری اتمسفر است. از این نمایه می‌توان برای برنامه‌ریزی آبیاری گیاهان استفاده کرد. آبیاری پس از مقدار مشخصی تبخیر آب از تشت تبخیر، یکی از روش‌های برنامه‌ریزی آبیاری است. در این خصوص شهابی‌فر و همکاران (1393) به منظور تعیین بهترین برنامه آبیاری بر اساس تبخیر تجمعی از تشت، پژوهشی سه ساله را در استان‌های خوزستان (اهواز)، هرمزگان، قزوین، کرمان، مرکزی، بوشهر و اصفهان انجام دادند. پژوهش‌های مشابهی نیز توسط ابراهیمی پاک و همکاران (1392) در قزوین، دادپور و همکاران (1391) در اراک و کیخا و همکاران (1379) در زابل انجام شده است. بر اساس نتایج این پژوهش‌ها، آبیاری پس از 75 میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشت تبخیر، برای مناطق خوزستان (اهواز)، هرمزگان، قزوین، کرمان، اراک، بوشهر و اصفهان مناسب و مقدار خالص آب مصرفی به ترتیب 3700، 4300، 4100، 3400، 4600، 5600 و 5600 مترمکعب در هکتار بوده است. قابل ذکر است که در صورت انتظار عملکرد کمتر از مقدار پتانسیل، مقدار آب مصرفی نیز می‌تواند کمتر از این مقادیر باشد.

3-5- برنامه‌ریزی آبیاری بر اساس مراحل رشد حساس به تنش آبی

کم آبیاری یکی از مهم‌ترین روش‌هایی است که باعث افزایش بهره‌وری آب محصولات زراعی می‌شود. کم آبیاری باعث تنش در یک یا چند دوره از رشد گیاه می‌شود، اما باید توجه داشت که تأمین نیاز آبی گیاه در مراحل حساس رشد، بهره‌وری آب را افزایش می‌دهد و بیشینه محصول به‌ازای واحد آب مصرفی حاصل می‌شود. همچنین کاهش آب مصرفی تا زمانی امکان‌پذیر است که کاهش درآمدها با تقلیل هزینه‌ها در تعادل باشد. کاهش محصول در این شیوه از مدیریت آبیاری امری

اجتناب‌ناپذیر است، ولی پژوهش‌های زیادی که در این مورد صورت گرفته همگی نشان داده‌اند که میزان کاهش محصول از نظر اقتصادی خیلی زیاد نیست، کشاورز ممکن است در مرحله خاصی از دوره رشد محصول، از مقدار آب کاسته و در سایر مراحل رشد آبیاری کامل را اعمال نماید و یا ممکن است مقدار آب کمتری را در هر تناوب به کار برده تا استفاده بهینه از آب موجود صورت پذیرد. مدیریت آبیاری در شرایط کم آبیاری با مدیریت آبیاری کامل تفاوت داشته و مهم‌ترین پارامتر برای برنامه‌ریزی و مدیریت آبیاری در مزرعه تعیین سطح بهینه کاهش آب برای هر محصول است که به ازای آن سود و بهره‌وری آب افزایش یابد، در ادامه نتایج پژوهش‌هایی که در این زمینه انجام شده است بیان می‌شود.

رضوی (1390) با انجام پژوهش سه ساله در ارومیه و مقایسه حذف آبیاری در برخی مراحل رشد کلزا، با آبیاری در کلیه مراحل رشد (آبیاری کامل) نشان داد که حساس‌ترین مرحله نسبت به تنش آبی، تشکیل غلاف و بعد از آن مرحله گلدهی است. در شرایط مدیریت کم آبیاری، حذف آبیاری در مرحله شروع غنچه قابل توصیه است. وی برای دستیابی به عملکرد بالا مقدار آب مصرفی گیاه (نیاز خالص آبیاری) را 4500 - 4000 و برای انجام کم آبیاری و حفظ محصول و کارایی مصرف آب مطلوب، 3500 - 3000 مترمکعب در هکتار توصیه کرد.

شهابی‌فر و وزیری (1393) در یک پژوهش سه ساله با بررسی اثرات کم آبیاری در مراحل گوناگون رشد گیاه کلزا برای مناطق اردبیل، شهرکرد، زنجان، کرمانشاه و همدان گزارش کردند که برای دستیابی به بیشینه محصول، آبیاری در مراحل رشد رویشی (طویل شدن ساقه)، غنچه‌دهی، گلدهی و اوایل غلاف‌بندی لازم است. حساس‌ترین مرحله به آبیاری مرحله گلدهی و اوایل غلاف‌بندی بوده و حذف آبیاری در این مراحل سبب کاهش شدیدتری در محصول نسبت به سایر مراحل می‌شود.

صلاحی فراهی (1389) سطوح گوناگون آبیاری در بعضی مراحل رشد کلزا در شهرستان گنبد را مطالعه و نشان داد که در شرایطی که مقدار بارندگی یا پراکنش زمانی آن برای تامین نیاز آبی گیاه کلزا کافی نباشد، یک آبیاری در مرحله گلدهی و یک آبیاری در مرحله پرشدن دانه، برای دستیابی به محصول مناسب کمک خواهد کرد.

بر اساس جمع‌بندی نتایج پژوهش‌های رضوی (1390)، شهابی‌فر و وزیری (1393) و صلاحی فراهی (1389)، مراحل حساس به کم آبی در زراعت کلزا به ترتیب اولویت عبارت از: 1- مرحله گلدهی¹ (حساس‌ترین مرحله که کم آبیاری در این مرحله به هیچ عنوان توصیه نمی‌شود)، 2- مرحله ابتدای غلاف‌بندی و 3- مرحله غنچه‌دهی و مرحله ساقه‌دهی است. در شرایط محدودیت آب، می‌توان با مدیریت درست کم آبیاری در مراحل رشد متحمل به تنش آبی، تولید را در حد قابل قبول حفظ کرد.

6- سایر توصیه‌ها برای آبیاری گیاه کلزا

1- کاشت صحیح، مدیریت زراعی مناسب و آبیاری به موقع گیاه کلزا موجب می‌شود که مزرعه بطور یکنواخت سبز شده و گیاه بتواند برای کسب آمادگی تحمل به سرما تا شروع فصل سرما به قدر کافی رشد کرده و به مرحله روزت برسد. پس از آبیاری اول (خاک آب)، در صورت نیاز آبیاری دوم به فاصله 5 تا 7 روز توصیه می‌شود.

2- نتایج پژوهش‌های مدیریت کم آبیاری گیاه کلزا در کشور نشان داد که این گیاه در سراسر دوره رشد به آب نیاز دارد. در صورتی که بارندگی موثر تامین‌کننده نیاز کامل گیاه نباشد، با انجام آبیاری باید آب مورد نیاز گیاه تامین شود. مراحل

1- زمانی که 50 درصد گل‌ها در مزرعه کلزا باز شده‌اند.

بحرانی و حساس که با کمبود رطوبت در خاک، کاهش محصول چشم‌گیر است، عبارت از دوره گل‌دهی و همچنین رشد کامل غلاف‌هاست. در دوره گل‌دهی کمبود رطوبت خاک سبب ریزش گل‌ها و کاهش معنی‌دار محصول می‌شود.

3- آبیاری بلافاصله پیش از گل‌دهی می‌تواند تعداد غلاف را افزایش دهد. پس از مرحله گل‌دهی حساس‌ترین مرحله، مرحله رشد کامل غلاف‌هاست. در این میان تعداد دانه در غلاف توسط تعداد غلاف، فراهمی آب، کربن آلی و وضعیت عناصر غذایی خاک تعیین می‌شود. با انجام آبیاری بویژه در مرحله گل‌دهی، علاوه بر افزایش وزن دانه، مقدار روغن دانه کلزا و همچنین کیفیت آن افزایش و بهبود می‌یابد. مصرف کودهای شیمیائی به میزان بهینه، سبب افزایش کارایی آب آبیاری می‌شود. آبیاری کمتر باعث ایجاد تنش در گیاه شده و کاهش محصول را سبب می‌شود و آبیاری بیشتر از حد نیز، موجب تلفات آب و همچنین افزایش احتمال آفات و بیماری‌ها می‌شود. تأمین آب در شروع مرحله رشد غلاف‌ها اهمیت زیادی دارد. تنش آب در شروع مرحله رشد غلاف‌ها، بر تعداد غلاف تأثیر می‌گذارد و پس از مرحله مزبور، تعداد دانه در غلاف را متأثر می‌سازد. تنش آب تأثیر عمده‌ای در کیفیت دانه نداشته ولی تنش در مرحله گلدهی محتوی روغن دانه را کاهش می‌دهد. از سوی دیگر کم آبیاری در مرحله شروع غنچه دادن تأثیر معنی‌داری در کاهش محصول و درصد روغن ندارد و کارایی مصرف آب را افزایش می‌دهد.

4- در مرحله رسیدن دانه نیز انجام آبیاری اهمیت دارد. آخرین آبیاری باید با توجه به زمان برداشت به گونه‌ای انجام شود که سبب تأخیر در رسیدن محصول و بروز مشکلاتی در برداشت نشود.

5- در شرایط آب و هوایی کشور معمولاً برنامه آبیاری گیاه کلزا بدین صورت است که تعداد دو الی سه آبیاری در شهریورماه و پاییز با مقدار آب کم، موجب سبز شدن کلزا می‌شود و پس از مرحله روزت دور آبیاری 15-10 روزه تا مرحله گل

دادن برای رشد کلزا کافی می‌باشد. مقدار آب آبیاری در شروع غنچه‌دهی باید افزایش یابد. در مراحل حساس رشد کلزا به آبیاری (شامل مرحله گل‌دهی و شروع مرحله رشد غلاف‌ها)، بایستی دور آبیاری را نسبت به قبل کوتاه‌تر نموده و مقدار آب مصرفی را افزایش داد تا این که محصول بیشتری حاصل شود. دور آبیاری در این مرحله بین 10-8 روز توصیه می‌شود. در زمان شروع رسیدن کلزا می‌توان دور آبیاری را افزایش (در حدود 15-10 روز) و مقدار آب مورد نیاز را کاهش داد.

6- در بیشتر مناطق دو تا سه نوبت آبیاری در پاییز و سه تا چهار نوبت آبیاری در بهار (مراحل ساقه‌دهی، گل‌دهی، غلاف‌دهی و پر شدن دانه) مورد نیاز است. حساس-ترین مرحله رشد کلزا به تنش خشکی، برای تولید دانه، مرحله غلاف‌دهی و برای تولید بذر، مرحله پُرشدن دانه می‌باشد. کمبود آب در این مراحل موجب کاهش تعداد غلاف و دانه‌بندی و نیز کوچک ماندن دانه‌ها و کاهش درصد روغن دانه می‌شود. در استان‌های گیلان، مازندران و غرب گلستان در صورتی که باران‌های پاییزه برای تامین نیاز آبی کلزا کافی باشد، در آن فصل آبیاری لازم نیست. در استان گلستان و شرق مازندران در صورت عدم بارندگی مناسب در تاریخ کاشت و دوره پُرشدن دانه، آبیاری مزرعه توصیه می‌شود.

7- آبیاری کلزا می‌تواند به صورت آبیاری جویچه‌ای یک در میان متناوب، در تمام فصل رشد بجز مراحل گلدهی و جوانه‌زنی (در این مراحل آبیاری کامل تمام جویچه‌ها لازم است) انجام شود. در این شیوه مدیریت، بدون کاهش معنی‌دار محصول، مقدار کارایی مصرف آب به طور معنی‌داری افزایش خواهد یافت (معاپوریان و همکاران، 1394).

8- برای داشتن تولید پایدار باید بهره‌وری استفاده از منابع، بویژه آب را افزایش داد. از جمله راهکارهای مناسب، تعدیل اثر تنش‌های مقطعی بویژه تنش خشکی است. یکی از راهکارهای افزایش تحمل به خشکی گیاه، افزایش غلظت عنصر

پتاسیم در خاک است. اگر پتاسیم با هدف افزایش کارایی مصرف آب، بیشتر از میزان مربوط به اثر این عنصر در تغذیه گیاه و افزایش تولید مربوط به آن مدنظر باشد، باید امکان جذب پتاسیم به مراتب بیشتر از نیاز تغذیه‌ای گیاه فراهم گردد و این مستلزم مصرف کود پتاسیمی بیشتر است (عزیزی زهان، 1395).

7- فهرست منابع

1. ابراهیمی پاک، ن. ع. 1392. تعیین دور و عمق آب آبیاری زراعت کلزا در قزوین. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. نشریه شماره 1812 مؤسسه تحقیقات خاک و آب. 30 صفحه.
2. ابراهیمی پاک، ن. ع. 1392. تعیین تبخیر - ترقق پتانسیل کلزا روش لایسیمتری در قزوین. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. نشریه شماره 1817. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. 22 صفحه.
3. حقیقت، ا. 1390. تعیین آب مصرفی کلزا در شرایط استاندارد (روش لایسیمتری). گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. نشریه شماره 1564 مؤسسه تحقیقات خاک و آب. 11 صفحه.
4. دادپور، م. 1391. مدیریت مصرف کود نیتروژن در رژیم‌های آبیاری گوناگون در زراعت کلزا در اراک. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. نشریه شماره 1756، مؤسسه تحقیقات خاک و آب. 24 صفحه.
5. رضوی، ر. 1390. ارزیابی برآورد نیاز آبی کلزا با آزمایش لایسیمتری تعیین تبخیر - ترقق کلزا و تعیین ضریب گیاهی کلزا در شرایط استاندارد. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. نشریه شماره 1635 مؤسسه تحقیقات خاک و آب. 22 صفحه.
6. رضوی، ر. 1390. بررسی واکنش کلزا به حذف آبیاری در مراحل گوناگون رشد و تعیین کارایی مصرف آب. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. نشریه شماره 1634 مؤسسه تحقیقات خاک و آب. 19 صفحه.
7. شهابی‌فر، م. و وزیری، ژ. 1393. تعیین عمق و دور آبیاری در زراعت کلزا. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. نشریه شماره 1864 مؤسسه تحقیقات خاک و آب. 20 صفحه.
8. شهابی‌فر، م. و وزیری، ژ. 1393. بررسی اثرات کم آبیاری و تعیین کارایی مصرف آب در کلزا. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. نشریه شماره 1865 مؤسسه تحقیقات خاک و آب. 11 صفحه.

9. صلاحی فراهی، م. 1389. بررسی محلول پاشی نیتروژن و سطوح گوناگون آبیاری بر عملکرد و اجزاء عملکرد کلزا در گنبد. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. نشریه شماره 1474 مؤسسه تحقیقات خاک و آب. 12 صفحه.
10. طهرانی، م. م. 1393. دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه برای محصولات زراعی راهبردی (جلد دوم: برنامه جامع حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه). ناشر مؤسسه تحقیقات خاک و آب. 419 صفحه.
11. عزیزی زهان، ع. ا. 1395. بررسی اثر پتاسیم بر افزایش تحمل به خشکی و کارایی مصرف آب ارقام کلزا در شرایط گلخانه‌ای. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. نشریه شماره 2049 مؤسسه تحقیقات خاک و آب. 23 صفحه.
12. فرشی، ع. ا.، خیرابی، ج.، سیادت، ح.، میرلطیفی، م.، دربندی، ص.، سلامت، ع. ر.، انتصاری، م. ر. و سادات میرئی، م. ح. 1382. مدیریت آب آبیاری در مزرعه. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. 200 صفحه.
13. فرشی، ع. ا.، شریعتی، م. ر.، جاراللهی، ر.، قائمی، م. ر.، شهابی فر، م. و تولائی، م. م. 1376. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور (جلد اول: گیاهان زراعی). نشر آموزش کشاورزی. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. 900 صفحه.
14. کیخا، غ. ع. 1379. بررسی اثر عمق و دور آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا (هیبرید Hyola 308) در منطقه سیستان. گزارش پروژه تحقیقاتی. مؤسسه تحقیقات خاک و آب.
15. مرادی دالینی، ا. 1391. تعیین نیاز آبی گیاه کلزا با استفاده از لایسیمتر در منطقه حاجی آباد. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. نشریه شماره 1731. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. 21 صفحه.
16. معافپوریان، غ. ر. 1394. اثرات تغذیه بهینه پتاسیم در کاهش مصرف آب در گیاهان عمده زراعی استان فارس. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. نشریه شماره 1957 مؤسسه تحقیقات خاک و آب. 34 صفحه.

17. وزارت جهاد کشاورزی. 1394. بررسی آمار سطح برداشت و میزان تولید 36 ساله محصولات زراعی (سال 1376 لغایت 1392). مرکز فن آوری اطلاعات و ارتباطات، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، وزارت جهاد کشاورزی.
18. وزارت جهاد کشاورزی. 1376. سند ملی آب کشور (نیاز آبی گیاهان، الگوی کشت، راندمان آبیاری). جلد اول. استان خوزستان.
19. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements. In: FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Rome, FAO.
20. Doorenbos, J. and Kassam, A.H. 1979. Yield Response to Water. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
21. Steduto, p., Hsiao, T., Fereres, E. and Raes, D. 2012. Crop Yield Response to Water. In: FAO Irrigation and Drainage Paper No. 66. Rome, FAO.