نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد ۱۳، مرداد - شهریور ۱۳۹۸، ص. ۸۴۴-۸۳۲

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 13, Agu.-Sept. 2019, p. 832-844

تعیین نیاز آبی گیاه کلزا با استفاده از لایسیمتر در منطقه حاجی آباد هرمزگان

ابوالفتح مرادی[۱]، حمیدرضا محمودیان فرد[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۷/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۸/۲۲

چکیده

روغن کلزا یکی از سالم‌ترین روغن‌های خوراکی است و از این رو، این گیاه جایگاه ویژه‌ای درتأمین روغن موردنیاز کشور پیدا کرده و کشت آن در بسیاری از مناطق ایران از جمله استان هرمزگان رایج شده است. علیرغم کاشت روزافزون این گیاه در هرمزگان، متاسفانه اطلاعات چندانی در زمینه نیاز آبی یا تبخیر-تعرق آن در منطقه موجود نیست. لذا این تحقیق به مدت چهار سال و با هدف تعیین نیاز آبی کلزا در ایستگاه تحقیقات کشاورزی حاجی آباد انجام گرفت. بدین منظور ابتدا اقدام به نصب یک دستگاه لایسیمتر در مرکز قطعه زمینی به مساحت ۴ هکتار گردید. سپس به مدت سه سال در داخل و اطراف لایسیمتر کلزا رقمHyula-401 کشت و نیاز آبی آن بطور هفتگی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که گیاه کلزا برای تولید ۲۹۵۰ کیلوگرم در هکتار دانه در منطقه مورد آزمایش به ۵۲۶/۵۵ میلی‌متر آب نیاز دارد که لازم است تا در طول دوره رشد و مطابق با نیاز روزانه گیاه در اختیار آن قرار گیرد. نیاز آبی روزانه کلزا از ۱/۶۶ میلی‌متر در روز در مرحله روزت تا حدود ۶/۵ میلی‌متر در روز در مرحله غلاف‌بندی و تشکیل دانه متغیر بود. از میزان کل نیاز آبی گیاه، حدود ۲۰ میلی متر در مرحله جوانه‌زنی، ۳۰ میلی متر در مرحله روزت، ۶۳ میلی متر از شروع ساقه‌دهی تا آغاز گل‌دهی، ۱۱۰ میلی‌متر در دوره گل‌دهی و ۲۳۵ میلی‌متر در طول دوره‌های غلاف‌بندی و دانه‌بندی موردنیاز می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: کلزا، لایسیمتر، نیاز آبی

مقدمه

امروزه با افزایش جمعیت و نیاز به تولید محصولات غذایی بیشتر، لزوم بهره برداری بهینه از منابع آب و تحصیل حداکثر منافع از واحد حجم آن خصوصاً درمناطق خشک و نیمه‌خشک از جمله منطقه حاجی آباد دراستان هرمزگان که با کمبود آب مواجه می‌باشد به وضوح روشن است. در این مناطق برای اینکه بتوان با آب موجود اراضی بیشتری را به زیر کشت برد و یا با افزایش تولید در واحد سطح، غذای موردنیاز جمعیت در حال رشد را تامین نمود باید به نحوی از هدررفت آب جلوگیری و به عبارت دیگر راندمان استفاده از آب را افزایش داد. بدون تردید، افزایش راندمان آب مستلزم آگاهی از نیاز آبی یا تبخیر-تعرق گیاه می‌باشد. معمولاً بیش از ۹۸ درصد آب جذب شده توسط ریشه‌های گیاه صرف تعرق شده و کمتر از ۲ درصد آن در فرآیندهای سلولی و رشد گیاه مورد استفاده قرار می‌گیرد. از سوی دیگر تبخیر از سطح خاک نیز همزمان با تعرق صورت می‌گیرد و به صفر رساندن آن در مزرعه عملاً امکان‌پذیر نبوده و مستلزم صرف وقت و هزینه زیاد است. بنابراین، متخصصین علوم آبیاری نیاز آبی گیاه را معادل تبخیر-تعرق در نظر می‌گیرند. تبخیر-تعرق عبارت است از فرآیند انتقال آب از سطح خاک و گیاه به اتمسفر و بستگی به شرایط آب و هوایی منطقه، نوع گیاه، درصد تاج پوشش و مرحله رشد گیاه دارد (Efetha, 2011; Hajare et al., 2008; Holder et al., 2018; Salama et al., 2015; Zhao et al., 2010). تبخیر-تعرق گیاه معمولاً به روش مستقیم از طریق کاشت گیاه در درون لایسیمتر (جعبه کشت) اندازه گیری و یا به روش غیرمستقیم در دو مرحله با استفاده از داده‌های آب و هوایی و ضرایب گیاهی برآورد می‌گردد (Djaman et al., 2018). اگرچه روش مستقیم وقت گیرتر بوده و مستلزم صرف هزینه بیشتری در مقایسه با روش غیرمستقیم است ولی از دقت و اطمینان بیشتری برخوردار بوده و داده‌های حاصل از این روش به عنوان مبنایی برای تست و واسنجی روش غیرمستقیم مورد استفاده قرار میگیرد.

کلزا گیاهی است که به واسطه درصد وکیفیت بالای روغن آن (بیش از ۴۰ درصد) درسال‌های اخیر جایگاه ویژه‌ای درتأمین روغن موردنیاز کشور پیدا کرده و کشت آن در بسیاری از مناطق ایران از

۱- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران
۲- مربی آموزشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران،
(* - نویسنده مسئول: Email: moradi1373@gmail.com)

جمله استان هرمزگان رایج شده است. عوامل متعددی در تولید و موفقیت آمیز بودن زراعت کلزا نقش دارد که یکی از مهمترین آنها آب است. نیاز آبی یا تبخیر–تعرق کلزا در اوایل رشد کم بوده و بتدریج با توسعه برگ‌ها و اندام‌های هوایی گیاه افزایش یافته و با پیری و ریزش برگ‌ها کاهش می‌یابد. علاوه بر ویژگی‌های رشد گیاه، نیاز آبی کلزا به شرایط آب و هوایی نیز بستگی داشته و مقدار آن در مناطق مختلف متفاوت می‌باشد. برای مثال، نیاز آبی کلزا در جنوب غربی اسپانیا ۴۹۵ میلی متر (Munaz and Fernandez, 1979)، در ایالت نبراسکای آمریکا ۵۸۲ میلی‌متر (Hergert et al., 2016)، در کانادا ۴۰۰ تا ۴۸۰ میلی‌متر (Efetha, 2011)، در ترکیه ۷۱۵ میلی‌متر (Istanbulluoglu et al., 2010)، در بلغارستان ۳۱۰ میلی‌متر (Moteva et al., 2016) و در آفریقای جنوبی ۷۰۹ میلی‌متر (Tesfamariam et al., 2008) گزارش شده است. نیاز آبی کلزا در مناطق مختلف ایران نیز متفاوت بوده و ارقام مختلفی توسط محققین مختلف گزارش شده است. برای مثال، نیاز آبی کلزا در منطقه زرقان فارس ۷۱۶ میلی‌متر (نیازی و فولادمند، ۱۳۸۵)، در بوشهر ۵۶۱ میلی‌متر (نوروزی و زلفی باوریانی، ۱۳۹۰)، در کرمانشاه ۳۹۲ میلی‌متر (قمرنیا و همکاران، ۱۳۹۵)،در اصفهان ۵۷۸ میلی‌متر (حقیقت، ۱۳۸۲)، در شهرکرد ۶۵۱ میلی‌متر (میرزایی‌دوست و همکاران، ۱۳۹۷)، در تبریز ۵۸۴ میلی‌متر (مجنونی هریس و همکاران، ۱۳۹۴)، در تیکمه داش آذربایجان شرقی ۶۰۵ میلی متر (فرج نیا، ۱۳۸۱)، در زنجان ۵۵۷ میلی‌متر (اسماعیلی و همکاران،۱۳۸۱) و در کرج ۶۷۵ میلی‌متر (زارعی و همکاران،۲۰۱۰) گزارش شده است.

علیرغم برنامه ریزی‌های وزارت جهاد کشاورزی برای توسعه کشت کلزا و ارائه مشوق‌های لازم به کشاورزان برای کاهش وابستگی به واردات روغن و همچنین گرایش روز افزون زارعین هرمزگانی به کشت این گیاه، متاسفانه تاکنون هیچگونه تحقیقی در خصوص اندازه‌گیری نیاز آبی یا تبخیر–تعرق کلزا در استان هرمزگان انجام نگرفته است. لذا هدف از این تحقیق اندازه‌گیری نیاز آبی گیاه کلزا با استفاده از لایسیمتر در منطقه حاجی‌آباد هرمزگان می‌باشد.

روش تحقیق

این تحقیق به مدت چهار سال و به منظور تعیین نیاز آبی یا تبخیر–تعرق گیاه کلزا در ایستگاه تحقیقات کشاورزی حاجی آباد به عرض جغرافیایی ۲۷/۱۳ درجه شمالی ، طول جغرافیایی۵۶/۲۲ درجه شرقی و ارتفاع۹۲۰ متر از سطح دریا در شمال استان هرمزگان انجام گرفت(شکل ۱). میانگین سالانه دمای هوا در حاجی آباد ۲۲/۳ درجه سانتیگراد و میانگین سالانه رطوبت نسبی آن ۴۰ درصد می‌باشد. شهرستان حاجی آباد دارای میانگین بارندگی سالانه ۲۲۶/۷ میلی متر و میزان تبخیر ۲۳۰۰ میلی‌متر در سال می‌باشد(محبی، ۱۳۷۷).

شکل ۱- محل آزمایش در شمال استان هرمزگان

در سال اول آزمایش، اقدام به نصب یک دستگاه لایسیمتر زهکش‌دار مربع شکل به ابعاد ۳×۳ متر و عمق ۱۹۰سانتیمر در مرکز قطعه زمینی به مساحت ۴ هکتارکه نماینده محل بود گردید(شکل۲). بدین منظور ابتدا در مرکز زمین موردنظر گودالی به ابعاد کمی بزرگتر

از لایسیمتر حفر شد. برای این کار ابتدا پروفیل خاک را به لایه‌های ۳۰ سانتی متری تقسیم و خاک هر لایه بطور جداگانه در مجاورت لایسیمتر قرار داده شد. پس از حفاری محل، سطوح داخلی و خارجی لایسیمتر به منظور جلوگیری از پوسیدگی قیرگونی گردید. در مرحله بعد، با استفاده از جرثقیل، لایسیمتر را در داخل گودال حفاری شده قرار داده و در کف آن بترتیب لایه‌هایی به ضخامت ۲۰ سانتی‌متر سنگریزه درشت، ۱۰ سانتی متر سنگریزه با ابعاد کوچکتر و ۱۰ سانتی متر شن ریخته شد. سپس یک توری گالوانیزه جهت جلوگیری از شسته شدن ذرات خاک بر روی آن قرار داده و خاک هر لایه مجددا" به جای اولیه برگردانده شد (Aboukhaled et al., 1982). پس از قرار دادن خاک هر لایه در داخل لایسیمتر، آن را فشرده و اشباع نموده تا نشست کند. سپس به منظور ایجاد یکنواختی خاک درون لایسیمتر با شرایط اطراف، به مدت یک سال لایسیمتر را رها نموده و در آن کشت صورت نگرفت. به منظور اندازه‌گیری آب زهکشی شده از لایسیمتر، اتاقکی در داخل زمین در فاصله ۱۵ متری آن احداث و از کف لایسیمتر به داخل اتاقک لوله‌کشی گردید. در سه سال بعد، در داخل و اطراف لایسیمتر کلزا رقمHyula-401 کشت و نیاز آبی آن بطور هفتگی و به روش بیلان آبی با استفاده از معادله (۱) محاسبه گردید (۶).

$$CWR=\frac{I+P-D+\sum_1^n \theta_1-\theta_2)\Delta s_i}{\Delta t} \qquad (۱)$$

در معادله فوق، cwr نیاز آبی گیاه حسب میلی‌متر، I، P و D بترتیب عمق آب آبیاری، میزان بارندگی و عمق آب زهکشی شده از خاک درون لایسیمتر حسب میلی‌متر، Θ_1 و Θ_2 بترتیب رطوبت حجمی خاک در ابتدا و انتهای دوره هفتگی، n تعداد لایه های خاک، ضخامت هر لایه خاک و Δt فاصله زمانی بین دو اندازه‌گیری است.

شکل ۲- مراحل نصب لایسیمتر در منطقه مورد آزمایش (حاجی‌آباد هرمزگان).

قبل از اجرای آزمایش از خاک درون لایسیمتر در عمق ۰ تا ۱۵۰ و در فواصل ۳۰ سانتیمتری نمونه برداری و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری گردید(جدول ۱). همچنین از آب مورد استفاده برای آبیاری گیاه نیز نمونه برداری و خواص شیمیایی آن اندازه گیری گردید(جدول ۲). جرم مخصوص ظاهری خاک با استفاده از نمونه دست نخورده و به روش استوانه (Blake and Hartge, 1986) اندازه گیری شد. رطوبت ظرفیت مزرعه(FC)و نقطه پژمردگی دائم(PWP) خاک در عمق ۰ تا ۴۰ سانتی‌متری نیز با استفاده از دستگاه محفظه فشاری اندازه‌گیری گردید. این مقادیر به ترتیب برابر۱۹/۵ و۸/۷ درصد جرمی بودند. مقدار آب آبیاری از طریق کنتور نصب شده در مسیر آب ورودی به لایسیمتر و مقدار بارندگی با استفاده از باران سنج اندازه‌گیری گردید. آب زهکشی شده از لایسیمتر نیز توسط لوله ای به چاهک اندازه‌گیری موجود در فاصله ۱۶ متری آن هدایت و از آنجا در بشکه‌ای جمع‌آوری و حجم آن اندازه‌گیری و سپس از تقسیم حجم اندازه گیری شده بر سطح لایسیمتر عمق معادل آب زهکشی شده بدست آمد. رطوبت خاک در داخل لایسیمتر تا عمق ۱۵۰ سانتیمتر و در فواصل ۳۰ سانتی‌متری به طور هفتگی قبل از آبیاری به روش جرمی اندازه‌گیری گردید. آبیاری کلزا زمانی صورت می‌گرفت که تقریباً ۴۰ درصد آب قابل استفاده گیاه در عمق ۰ تا ۴۰ سانتی متری خاک مصرف و میزان آب آبیاری برمبنای رساندن رطوبت خاک به حد ظرفیت مزرعه محاسبه و اعمال گردید.

جدول ۱- مقادیر برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک درون لایسیمتر در اعماق مختلف

ویژگی خاک	عمق خاک (سانتی‌متر)				
	۳۰-۰	۶۰-۳۰	۹۰-۶۰	۱۲۰-۹۰	۱۵۰-۱۲۰
بافت	لوم شنی	لوم	لوم	لوم شنی	لوم شنی
جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتیمتر مکعب)	۱/۳۵	۱/۴۰	۱/۳۹	۱/۴۲	۱/۴۴
هدایت الکتریکی عصاره اشباع (دسی زیمنس بر متر)	۲/۶۵	۲/۹۱	۲/۵۶	۲/۷۲	۲/۶۱
اسیدیته	۷/۸۹	۷/۹۷	۸/۰۶	۸/۰۵	۸/۰۲
کل مواد خنثی شونده (درصد)	۲۹/۷	۲۶/۹	۲۶/۴	۳۱/۵	۳۰/۹
ظرفیت تبادل کاتیونی (میلی‌اکی‌والان در صد گرم)	۹/۸۰	۱۴/۷۰	۱۵/۷۰	۸/۳۰	۸/۹۰
کربن آلی(درصد)	۰/۶۵	۰/۵۱	۰/۴۱	۰/۱۴	۰/۰۸
ازت کل(درصد)	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۰۷
فسفر قابل جذب(میلی‌گرم در کیلوگرم)	۶/۶۳	۳/۷۸	۳/۵۸	۲/۹۴	۲/۲۲
پتاسیم قابل جذب(میلی‌گرم در کیلوگرم)	۱۶۸/۰۰	۲۰۴/۰۰	۱۳۸/۰۰	۸۸/۰۰	۹۰/۰۰

جدول ۲- مقادیر برخی خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده برای آبیاری

پارامتر	مقدار
هدایت الکتریکی (میکروموس بر سانتی‌متر)	۱۶۲۵
اسیدیته	۷/۸۳
کلسیم (میلی‌اکی‌والان در لیتر)	۳/۴
منیزیم (میلی‌اکی‌والان در لیتر)	۴/۲
سدیم (میلی‌اکی‌والان در لیتر)	۸/۶
بیکربنات (میلی‌اکی‌والان در لیتر)	۴/۲
کلر (میلی‌اکی‌والان در لیتر)	۵/۲
سولفات (میلی‌اکی‌والان در لیتر)	۶/۸
نسبت جذب سدیم	۳/۱۲
کلاس آب (از نظر شوری و قلیائیت)	C3S1

به منظور اطمینان از تامین آب کافی در طول فصل رشد گیاه، میزان تخلیه رطوبت خاک در عمق ۰ تا ۴۰ سانتی متری خاک در فاصله بین دو آبیاری متوالی و محتوای نسبی آب برگ (RWC) در مراحل مختلف رشد گیاه اندازه‌گیری شد. میزان تخلیه رطوبت خاک با استفاده از معادله (۲) محاسبه شد.

$$SMD \frac{(\theta_{mFC}-\theta_{mi})\times A_s}{AW}\times 100 \qquad (۲)$$

در رابطه فوق SMD تخلیه رطوبت خاک حسب درصد، ΘmFC و Θmi بترتیب رطوبت جرمی خاک در ظرفیت مزرعه و در شرایط

موجود حسب درصد، As چگالی ظاهری خاک و AW رطوبت حجمی قابل استفاده گیاه در خاک می‌باشد.

برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ، تقریباً هر سه هفته یک بار، نمونه‌های مرکب از ۲۵ دیسک از جوان‌ترین برگ کاملاً باز شده گیاهان مختلف مزرعه برداشته و پس از انتقال به آزمایشگاه وزن شدند(FW). سپس نمونه ها برای مدت ۴ ساعت در آب غوطه‌ور شده و پس از بیرون آوردن از آب، آنها را سریعاً خشک نموده و وزن شدند(TW). در مرحله بعد، نمونه‌ها را برای مدت ۲۴ ساعت در آون در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد قرار داده و سپس وزن شدند(DW). سپس محتوای نسبی آب برگ با استفاده از معادله (۳) محاسبه شد.

$$RWC=\left[\frac{FW-DW}{TW-DW}\right]\times 100\% \qquad (۳)$$

پارامترهای اقلیمی از قبیل دما و رطوبت نسبی هوا ، سرعت باد، ساعات آفتابی و بارندگی در ایستگاه هواشناسی موجود در محل آزمایش اندازه گیری گردید. در پایان آزمایش و پس از برداشت محصول، عملکرد دانه و بیولوژیکی اندازه گیری و شاخص برداشت محصول و کارایی مصرف آب گیاه محاسبه شد.

نتایج و بحث

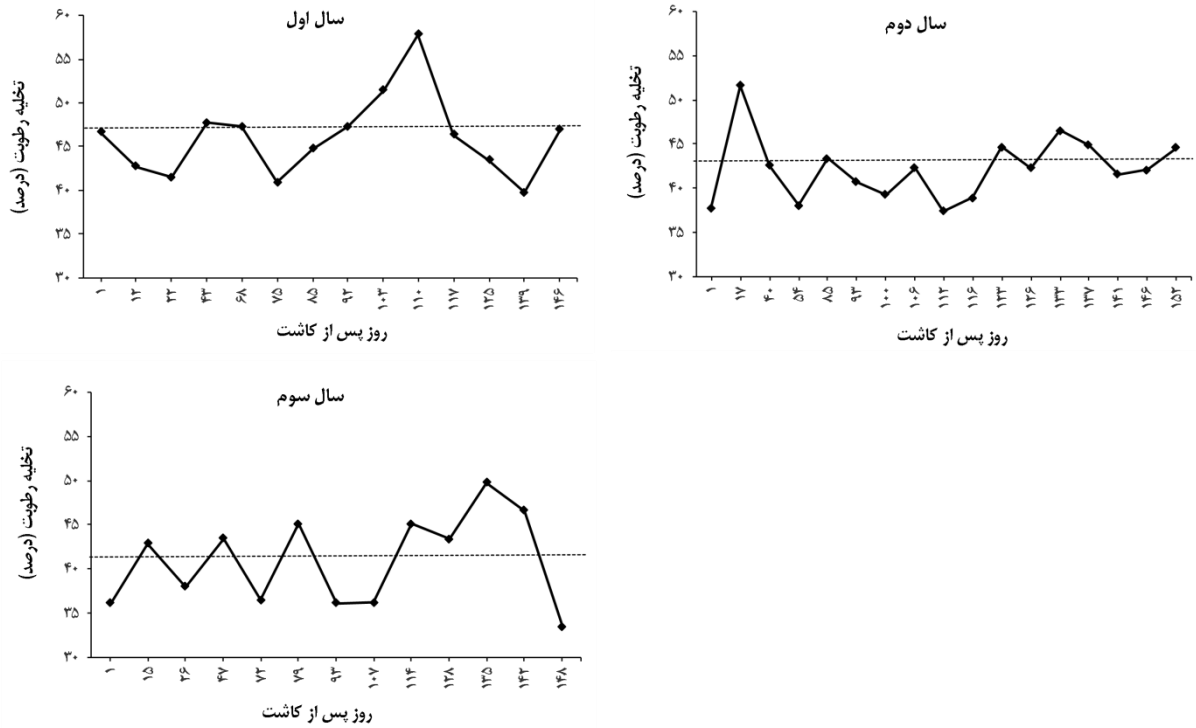
تخلیه رطوبت خاک

به منظور اطمینان از تامین آب کافی و عدم وقوع تنش کمبود آب در طول فصل رشد کلزا، میزان تخلیه رطوبت قابل استفاده گیاه در عمق ۰ تا ۴۰ سانتی متری خاک درون لایسیمتر در فاصله بین دو آبیاری متوالی اندازه گیری شد(شکل۳). همچنانکه در شکل نشان داده شده است میزان تخلیه رطوبت خاک در فاصله بین دو آبیاری متوالی در طول فصل رشد کلزا در سال های اول تا سوم آزمایش بترتیب در محدوده ۳۹/۷ تا ۵۷/۸، ۳۷/۴ تا ۵۱/۶ و ۳۶/۱ تا ۴۹/۸ درصد بوده است. میزان تخلیه مجاز رطوبت خاک باید حداکثر برابر آب سهل‌الوصول موجود در خاک باشد تا گیاه با تنش کم آبی مواجه نشود. آب سهل‌الوصول بخشی از آب قابل استفاده گیاه در خاک است که براحتی برای ریشه‌ها قابل دسترس بوده و تا زمانی که تمام نشود گیاه با کمبود آب مواجه نشده و محدودیتی برای رشد آن ایجاد نمی‌شود(Almasraf and Alhaddad, 2015). میزان آب قابل استفاده گیاه در عمق۰ تا ۴۰ سانتی متری خاک درون لایسیمتر ۵۸/۳ میلی متر بوده است که بر اساس نشریه شماره ۵۶ فائو، ۶۰ درصد آن (۳۵ میلی‌متر) برای کلزا سهل‌الوصول (Allen et al., 1998) بوده و می تواند از خاک تخلیه شود. مقایسه مقادیر تخلیه رطوبت خاک در فاصله بین دو آبیاری متوالی در طول دوره رشد کلزا در هر سه سال آزمایش با مقدار تخلیه مجاز توصیه شده توسط فائو (۶۰ درصد آب قابل استفاده گیاه در خاک) نشان میدهد که در طول آزمایش میزان تخلیه رطوبت خاک همواره از میزان تخلیه مجاز رطوبت کمتر بوده است. این امر بیانگر آبیاری به موقع و عدم محدودیت آب در ناحیه فعال ریشه گیاه در طول فصل رشد می‌باشد. بنابراین، با اطمینان می توان گفت که گیاه کلزا در طول آزمایش همواره از آب کافی برای رشد بهینه برخوردار بوده و تحت تنش آب قرار نگرفته است. البته بروز تنش کم‌آبی در اواسط روز به علت پیشی گرفتن تعرق از جذب محتمل بوده ولی به علت اینکه این امر تنها در اواسط روز اتفاق میافتد و بعداً با خنک‌تر شدن هوا و پیشی گرفتن مجدد جذب از تعرق جبران می‌شود مشکلی برای رشد گیاه ایجاد نمی‌نماید.

محتوای نسبی آب برگ

محتوای نسبی آب برگ شاخصی از وضعیت آب موجود در برگ‌های گیاه است و بر بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه از قبیل تعرق، آماس سلول، فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای گیاه اثر می‌گذارد(Raza et al., 2017). محتوای نسبی آب برگ در حالت تورم کامل سلول‌ها حداکثر بوده و با کاهش میزان آب برگ کاهش میابد. در بیشتر گیاهان، محتوای نسبی آب برگ در حالت تورم کامل ۹۸ درصد و در برگ‌های پژمرده شده بین۶۰ تا۷۰ درصد می‌باشد(Lugojan and Ciulca, 2011). بر اساس گزارش‌های ارائه شده توسط علی و همکاران (Ali et al., 2014)، اردستانی و راد (Ardestani and Rad, 2012) و فنایی و همکاران (Fanaei et al., 2009) محتوای نسبی آب برگ گیاه کلزا خوب آبیاری شده و در شرایط بهینه رشد در محدوده ۷۵ تا ۹۱ درصد بوده است.

جدول (۳) محتوای نسبی آب برگ در مراحل مختلف رشد کلزا در طول سه سال آزمایش در منطقه حاجی‌آباد هرمزگان را نشان می‌دهد. در هر سه سال آزمایش، در طول مراحل مختلف رشد گیاه، محتوای نسبی آب برگ کلزا در محدوده ۸۴/۱ تا ۹۴/۶ درصد متغیر بوده است. مقایسه این مقادیر با مقادیر گزارش شده توسط لوگوجان و کالکا (Lugojan and Ciulca, 2011)، علی و همکاران (Ali et al., 2014)، اردستانی و راد (Ardestani and Rad, 2012) و فنایی و همکاران (Fanaei et al., 2009) برای کلزا خوب آبیاری شده که محدودیت آب نداشته است بیانگر آبیاری به موقع گیاه و عدم وقوع تنش کمبود آب در گیاه در طول دوره رشد آن میباشد. محتوای نسبی آب برگ تابع رطوبت خاک و جذب آن توسط گیاه بوده و مادامیکه رطوبت خاک در حد بهینه برای رشد گیاه باشد جذب آب براحتی صورت گرفته و محتوای آب برگ افزایش می‌یابد. بنابراین، با توجه به اینکه در طول این آزمایش آبیاری همواره قبل از تخلیه کامل آب سهل‌الوصول خاک صورت می‌گرفت و هیچگاه تخلیه رطوبت خاک از حد مجاز آن (۶۰ درصد آب قابل استفاده گیاه) تجاوز نکرده است می‌توان گفت که بالا بودن محتوای نسبی آب برگ در مراحل مختلف رشد کلزا ناشی از تامین آب کافی در خاک بوده و بیانگر جذب مناسب آب توسط گیاه برای حفظ آماس سلولی و رشد بهینه گیاه بوده است.



شکل ۳- میزان تخلیه رطوبت خاک در فاصله دو آبیاری متوالی در سال‌های مختلف آزمایش

جدول ۳- محتوای نسبی آب برگ(درصد) در مراحل مختلف رشد کلزا درسال‌های مختلف

مرحله رشد	سال		
	۱	۲	۳
روزت	۹۰	۸۵/۳	۸۸/۴
ساقه‌دهی	۸۹/۸	۹۰/۶	۹۴/۶
آغاز گل‌دهی	۹۱	۸۶/۷	۹۰/۷
گل‌دهی	۸۷/۷	۸۵/۷	۹۲/۵
غلاف بندی	۸۹/۴	۸۸/۵	۹۱/۲
دانه بندی	۹۰/۵	۸۴/۱	۹۲/۳
میانگین	۸۹/۷	۸۶/۸	۹۱/۶

تغییرات عوامل آب و هوایی

جدول (۴) تغییرات ماهانه عوامل آب و هوایی در طول فصل رشد کلزا در مدت آزمایش را نشان می‌دهد. بطور کلی از ابتدای فصل رشد کلزا(نیمه دوم آبان) تا اوایل بهمن ماه دمای هوا و شدت تشعشع خالص رسیده به سطح مزرعه کاهش و از آن زمان به بعد افزایش یافته است. این در حالی است که روند تغییرات رطوبت نسبی هوا برعکس بوده و ابتدا افزایش و سپس کاهش یافته است. روند تغییرات رطوبت نسبی را می توان به وابستگی معکوس این عامل به دمای هوا ربط داد. با کاهش دمای هوا از اوایل فصل رشد تا اواسط بهمن ماه، میزان فشار بخار اشباع هوا کاهش و در نتیجه رطوبت نسبی هوا افزایش می‌یابد. از بهمن ماه به بعد به علت افزایش دما، میزان فشار بخار اشباع هوا افزایش یافته که به نوبه خود منجر به کاهش رطوبت نسبی هوا می‌گردد. سرعت باد در هر سه سال آزمایش نیز از بهمن ماه با گرم‌تر شدن هوا افزایش یافته است. بطور کلی سال سوم آزمایش هوا سردترین و سال دوم گرم‌ترین سال بوده و در نتیجه تشعشع خالص رسیده به سطح مزرعه در سال سوم کمتر از سال اول و آن هم کمتر از سال دوم بوده است. کمتر بودن دمای هوا در سال سوم منجر به افزایش رطوبت نسبی هوا در این سال در مقایسه با دو سال دیگر آزمایش شده است.

نیاز آبی گیاه

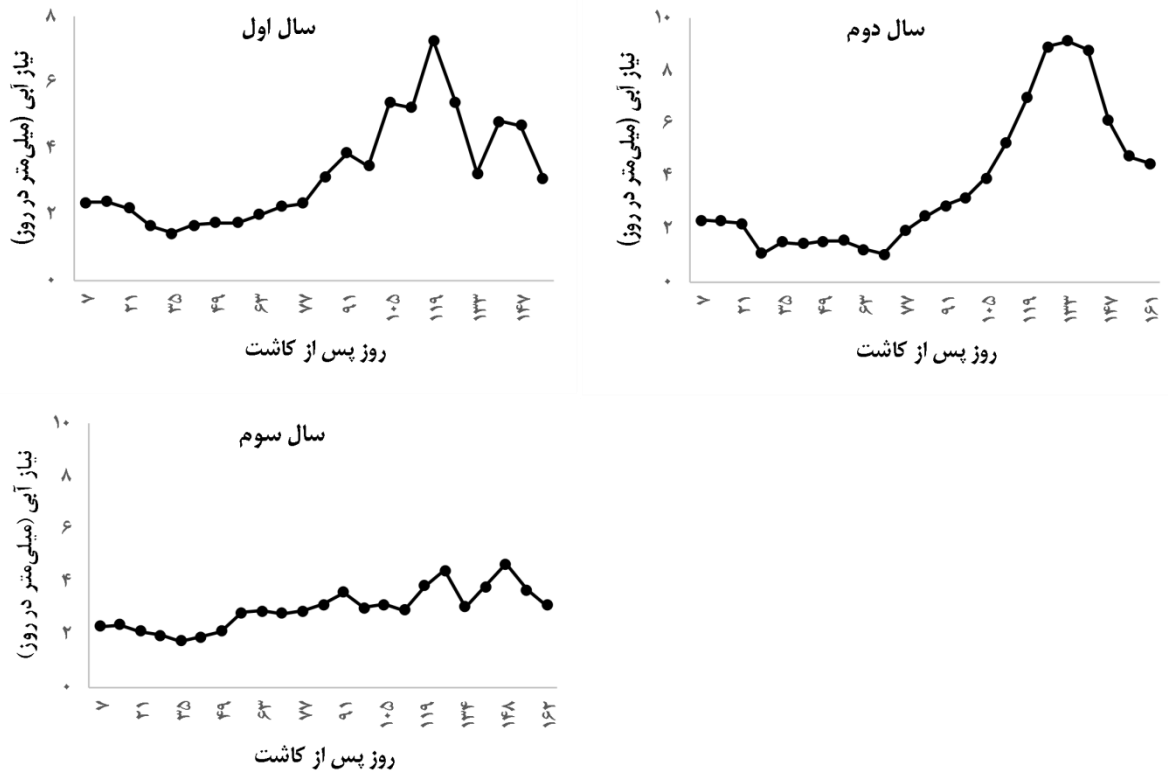
شکل (۴) تغییرات نیاز آبی گیاه کلزا در طول دوره رشد آن در سال‌های مختلف آزمایش را نشان می‌دهد. در هر سه سال، تغییرات نیاز آبی کلزا در طول فصل رشد روند مشابهی داشته اما در سال سوم از نوسان کمتری نسبت به دو سال دیگر آزمایش برخوردار بوده است. میزان نیاز آبی کلزا در سال اول، دوم و سوم آزمایش بترتیب در دامنه های ۱/۴۳ تا ۷/۲۸ ، ۱/۰۷ تا ۹/۱۵ و ۱/۷۷ تا ۴/۶۷ میلی‌متر در روز در نوسان بوده است.

جدول ٤- مقادیر ماهانه پارامترهای آب و هوایی در طول فصل رشد کلزا درسال‌های مختلف

سال	ماه	دما (درجه سانتیگراد)	تشعشع خالص (مگاژول بر متر مربع در روز)	رطوبت نسبی (درصد)	سرعت باد (متر بر ثانیه)
اول	آبان	۱۸/۰۱	۵/۰۷	۴۲/۷۹	۲/۷۲
	آذر	۱۴/۰۸	۴/۳۶	۵۱/۶۰	۲/۷۵
	دی	۱۰/۳۱	۴/۵۷	۵۴/۲۰	۲/۳۲
	بهمن	۱۳/۰۸	۴/۵۸	۵۴/۴۰	۲/۷۰
	اسفند	۱۶/۷۰	۵/۷۶	۴۷/۹۹	۲/۹۹
	فروردین	۲۱/۰۴	۶/۲۷	۵۰/۶۸	۳/۰۲
	میانگین	۱۵/۵۴	۵/۱۱	۵۰/۲۸	۲/۷۵
دوم	آبان	۱۶/۳۱	۴/۹۱	۳۸/۱۶	۲/۶۰
	آذر	۱۲/۸۹	۴/۲۳	۵۵/۸۸	۲/۵۸
	دی	۱۳/۸۴	۳/۹۹	۶۲/۱۶	۲/۶۴
	بهمن	۱۳/۲۳	۵/۳۲	۵۲/۴۱	۳/۳۰
	اسفند	۱۸/۴۶	۶/۳۹	۴۴/۵۷	۳/۱۳
	فروردین	۲۰/۵۸	۶/۷۲	۴۲/۹۴	۳/۸۷
	میانگین	۱۵/۸۹	۵/۲۶	۴۹/۳۵	۳/۰۲
سوم	آبان	۱۸/۲۶	۴/۹۸	۵۰/۷۲	۳/۳۴
	آذر	۱۴/۷۳	۴/۲۱	۶۰/۲۹	۳/۵۵
	دی	۱۰/۹۶	۴/۲۸	۶۳/۳۹	۳/۹۳
	بهمن	۱۰/۷۵	۴/۷۷	۶۲/۷۱	۴/۱۶
	اسفند	۱۳/۵۰	۴/۵۰	۵۸/۳۵	۴/۰۶
	فروردین	۱۸/۷۵	۶/۶۳	۴۰/۲۰	۴/۸۵
	میانگین	۱۴/۴۹	۴/۹۰	۵۵/۹۴	۳/۹۸

همچنین مقایسه نیاز آبی کلزا در سال‌های مختلف آزمایش نشان دهنده کاهش نیاز آبی در سال سوم آزمایش نسبت به دو سال دیگر در دوره رشد زایشی (از حدوداً ۱۰۵روز پس از کاشت) بوده است. در سال سوم آزمایش، از اوایل بهمن که تقریباً مصادف با شروع گل دهی است تا پایان فصل رشد گیاه ، دمای هوا و تشعشع خالص رسیده به سطح مزرعه (عوامل تشدید کننده نیاز آبی) کمتر و رطوبت نسبی هوا (عامل تعدیل کننده نیاز آبی) بیشتر از دوره‌های مشابه در سال‌های اول و دوم آزمایش بوده (جدول ۴) که منجر به کمتر شدن نیاز آبی در دوره رشد زایشی در سال سوم نسبت به دوره‌های مشابه در سال‌های اول و دوم آزمایش شده است. در سال سوم، دمای هوا در طول دوره رشد زایشی کلزا بطور متوسط ۲/۶۱ و ۳/۰۹ درجه سانتیگراد کمتر از دمای هوا در دوره مشابه در سال‌های اول و دوم آزمایش و میزان تشعشع خالص رسیده به سطح مزرعه در این سال بطور متوسط ۰/۲۴ نسبت به سال اول و ۰/۸۴ نسبت به سال دوم کمتر بوده است. متوسط رطوبت نسبی هوا در طول دوره رشد زایشی کلزا در سال سوم آزمایش بترتیب ۲/۷۳ و۷/۱۱ درصد بیشتر از سال‌های اول و دوم و میانگین سرعت باد در طول این دوره نیز بترتیب ۱/۴۵ و ۰/۹۲ متر بر ثانیه بیشتر از سرعت باد در دوره یادشده در سال‌های اول و دوم آزمایش بوده است. بنابراین کمتر بودن نیاز آبی کلزا در سال سوم نسبت به دو سال دیگر آزمایش علیرغم بیشتر بودن سرعت باد در این سال را می‌توان به کاهش نیاز آبی در دوره رشد زایشی در نتیجه کاهش دمای هوا و تشعشع خالص رسیده به سطح مزرعه و افزایش رطوبت نسبی هوا ربط داد.

شکل (۵) تغییرات میانگین سه ساله نیاز آبی گیاه کلزا در طول دوره رشد آن را نشان می‌دهد. در یک نگاه کلی می‌توان گفت که از ابتدای دوره رشد گیاه به علت مصادف شدن با فصل سرما و در نتیجه کاهش دمای هوا و شدت تشعشع خالص رسیده به سطح مزرعه و همچنین افزایش رطوبت نسبی هوا نیاز آبی کاهش یافته و به کمتر از ۲ میلی متر در روز در مرحله روزت و شروع ساقه‌دهی (حدوداً ۳۵ روز پس از کاشت) رسیده است. کاهش دمای هوا و شدت تشعشع، نیاز آبی گیاه را نه تنها از طریق کاهش انرژی موردنیاز برای انتقال آب از سطح خاک و گیاه کاهش میدهد بلکه با محدود نمودن رشد گیاه منجر به کاهش سطوح تعرق کننده و در نتیجه کاهش نیاز آبی می‌گردد.

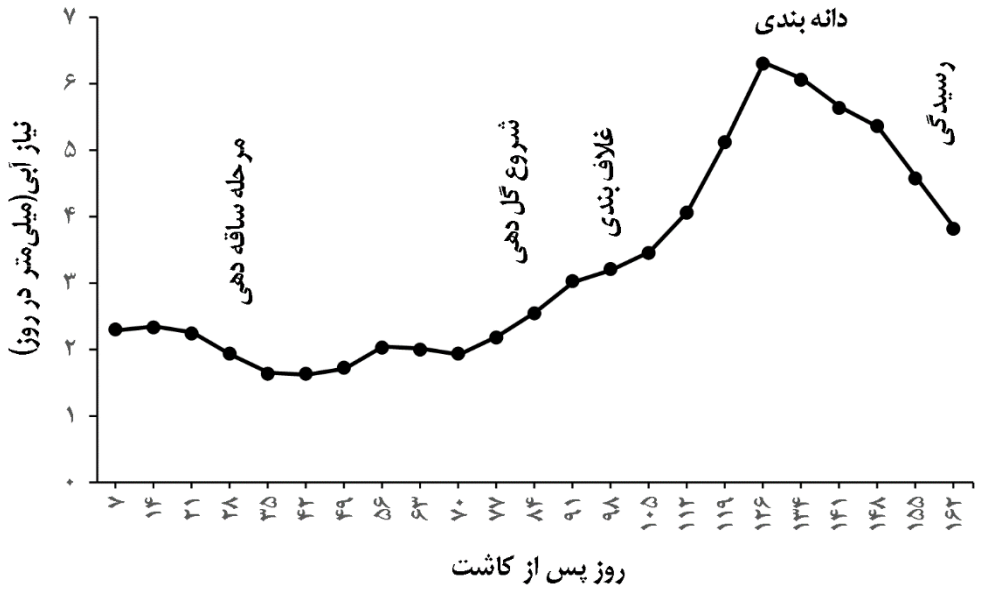


شکل ٤- تغییرات نیاز آبی کلزا در طول دوره رشد گیاه در منطقه حاجی‌آباد هرمزگان

افزایش رطوبت نسبی هوا از طریق کاهش شیب غلظت بخار آب بین سلول های مزوفیلی برگ‌های گیاه و لایه مرزی مجاور آنها (نیروی محرکه برای انتقال بخار آب از روزنه های گیاه به اتمسفر) نیاز آبی گیاه را کاهش می دهد. علیرغم کاهش دمای هوا و شدت تشعشع در مرحله ساقه دهی، به علت رشد تدریجی گیاه و افزایش سطوح تعرق کننده، شدت نیاز آبی تقریباً ثابت مانده و حدوداً یک هفته قبل از گلدهی (اوایل بهمن ماه) با گرم‌تر شدن هوا و افزایش شدت عوامل تشدید کننده نیاز آبی، مجدداً افزایش یافته و پس از رسیدن به حداکثر مقدار خود (حدود ۶/۵ میلی‌متر در روز) در مرحله دانه بندی (اوایل فروردین ماه)، مجدداً به علت تغییر درشرایط فیزیولوژیکی گیاه و پیری و ریزش برگ‌های آن و نزدیک شدن به زمان برداشت محصول کاهش یافته است.

مقدار فصلی نیاز آبی گیاه کلزا برای سال اول تا سوم آزمایش بترتیب برابر ۵۰۰/۵۰، ۵۹۷/۲۳ و ۴۸۱/۹۳ و میانگین سه ساله آن ۵۲۶/۵۵ میلی‌متر بوده است. از میزان کل نیاز آبی فصلی کلزا (۵۲۶/۵۵ میلی‌متر)، ۱۷۸/۹ میلی‌متر در طول دوره رشد رویشی بوقوع پیوسته و مابقی (۳۴۷/۶ میلی متر) مربوط به دوره رشد زایشی گیاه بوده است(جدول ۵). در منطقه حاجی‌آباد، گیاه کلزا برای جوانه‌زنی، به حدود ۱۹ میلی‌متر، از جوانه‌زنی تا شروع مرحله طویل شدن ساقه به ۳۰ میلی متر و از مرحله طویل شدن ساقه تا شروع گل‌دهی به حدود ۶۳ میلی‌متر آب نیاز دارد(جدول ۵). مرحله گل‌دهی گیاه کلزا در منطقه حاجی آباد هرمزگان تقریباً ۳۰ روز بطول می انجامد و گیاه در طول این دوره که حساس ترین مرحله رشد به کمبود آب است (Ahmadi and Bahrani, 2009;Aliakbari et al., 2014; Ghobadi et al., 2006; Faralli et al., 2017; Shekari et al., 2015; Tesfamariam et al., 2008) به ۱۱۰ میلی‌متر آب نیاز دارد. در طول مرحله تشکیل غلاف و پر شدن دانه نیز گیاه کلزا به ترتیب به حدود ۱۰۵ و ۲۳۸ میلی‌متر آب نیاز دارد.

مقایسه میانگین نیاز آبی یا تبخیر-تعرق فصلی کلزا با میزان باران موثر در طول دوره رشد این گیاه نشان میدهد که تنها ۳۲ درصد از آب موردنیاز برای جبران آب از دست رفته از طریق تبخیر-تعرق (۵۲۶/۵۵ میلی متر) توسط بارندگی تامین و بقیه باید از طریق آبیاری تامین شود. این در حالی است که توزیع بارندگی نیزدر طول فصل رشد یکنواخت نبوده و بخش عمده آن (۶۱ درصد) در دوره رشد رویشی گیاه بویژه در دوره طویل شدن ساقه (۵۳ درصد) رخ داده و بخش کمتری از آن در دوره رشد زایشی که مرحله حساس‌تری به کمبود آب بوده و همزمان با افزایش عوامل تشدید کننده تبخیر-تعرق از قبیل دمای هوا و شدت تشعشع است به وقوع می‌پیوندد.



شکل ۵- تغییرات میانگین سه ساله نیاز آبی کلزا در طول دوره رشد آن در منطقه حاجی‌آباد هرمزگان

بر اساس گزارش احمدی و بحرانی (Ahmadi and Bahrani, 2009) و فنایی و همکاران (Fanaei et al., 2009) تنش ناشی از کمبود آب در مرحله گل دهی، عملکرد دانه کلزا را به میزان ۳۰ درصد کاهش داد که این مقدار تقریباً ۱۰ درصد بیشتر از زمانی بود که کمبود آب در دوره رشد رویشی گیاه اتفاق افتاده بود. بنابراین، تامین آب به مقدار لازم و انجام آبیاری به موقع در دوره رشد زایشی از اهمیت ویژه‌ای در عملکرد گیاه برخوردار میباشد.

جدول ۵- نیاز آبی کلزا و میزان باران موثر در مراحل مختلف رشد گیاه در منطقه حاجی‌آباد هرمزگان

مرحله رشد		طول دوره (روز)	نیاز آبی تجمعی (میلی‌متر)	باران موثر (میلی‌متر)
رویشی		۸۴	۱۷۸/۹	۱۰۲/۸
	کاشت تا جوانه‌زنی	۸	۱۸/۵	۱/۱
	جوانه‌زنی تا رشد طولی ساقه	۲۴	۴۸/۹	۱۱/۷
	طویل شدن ساقه تا آغاز گل‌دهی	۵۲	۱۱۱/۵	۹۰/۰
زایشی		۷۳	۳۴۷/۶	۶۶/۷
	گل‌دهی	۳۰	۱۰۹/۸	۲۶/۱
	تشکیل غلاف	۱۹	۱۰۵/۴	۱۳/۲
	پر شدن دانه	۴۳	۲۳۸/۵	۴۰/۷
کل		۱۵۷	۵۲۶/۵	۱۶۹/۵

جدول (۶) مقادیر عملکرد دانه و بیولوژیکی، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب گیاه کلزا در مدت آزمایش را نشان می‌دهد. بیشترین عملکرد دانه (۳۲۶۰ کیلوگرم در هکتار) و بیولوژیکی(۱۲۷۸۲ کیلوگرم در هکتار) در سال اول و کمترین آنها (۲۶۵۰ کیلوگرم در هکتار دانه، ۱۱۲۳۷ کیلوگرم در هکتار عملکرد بیولوژیکی) در سال سوم آزمایش حاصل شده است. کمتر بودن عملکرد دانه و بیولوژیکی کلزا در سال سوم در مقایسه با سال های اول و دوم آزمایش، ناشی از سردتر بودن هوا در این سال در مقایسه با دو سال دیگر میباشد(جدول ۴). دمای هوا در طول فصل رشد کلزا در سال سوم آزمایش بطور میانگین ۱/۰۵ درجه سانتیگراد نسبت به سال اول و ۱/۴۰ درجه نسبت به سال دوم آزمایش سردتر بوده است. در شرایط بهینه آبیاری رعایت شده در این آزمایش، کارایی مصرف آب گیاه در سال‌های

مختلف در محدوده ۰/۵۰ تا ۰/۶۵ کیلوگرم بر متر مکعب بدست آمد که با مقادیر حاصله از تحقیقات انجام شده توسط کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2014) و رایر (Rair, 2015) همخوانی دارد. همچنین شاخص برداشت کلزا که عبارت از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیکی است در محدوده ۰/۲۴ تا ۰/۲۶ بوده که با مقادیر گزارش شده توسط سایر محققین از جمله رایر(Rair, 2015) و زلکه و همکاران(Zeleke et al., 2014) مطابقت دارد. بطور کلی، میانگین عملکرد دانه کلزا در منطقه مورد آزمایش ۲۹۵۰ کیلوگرم در هکتار بوده که بسیار بیشتر از میانگین تولید دانه کلزا توسط کشاورزان در استان هرمزگان (۱۵۹۵ کیلوگرم در هکتار(احمدی و همکاران، ۱۳۹۶) می‌باشد. بنابراین، نتیجه این تحقیق نشان دهنده این واقعیت است که می‌توان با رعایت مسائل مدیریتی مورد نیاز زراعت کلزا از جمله تامین آب کافی و آبیاری به موقع، میزان محصول دانه را تا حدود ۸۵ درصد افزایش داد.

جدول ٦- مقادیر عملکرد دانه و بیولوژیکی، شاخص برداشت، تبخیر-تعرق فصلی و کارایی مصرف آب کلزا در سال‌های مختلف آزمایش

سال	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت	تبخیر-تعرق (میلی‌متر)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)
اول	۳۲۶۰	۱۲۷۸۲	۰/۲۶	۵۰۰/۵۰	۰/۶۵
دوم	۲۹۸۶	۱۲۱۴۵	۰/۲۵	۵۹۷/۲۳	۰/۵۰
سوم	۲۶۵۰	۱۱۲۳۷	۰/۲۴	۴۸۱/۹۳	۰/۵۵
میانگین	۲۹۶۵	۱۲۰۵۵	۰/۲۴	۵۲۶/۵۵	۰/۵۶

نتیجه گیری

بر اساس نتایج بدست آمده در این تحقیق، گیاه کلزا برای دستیابی به عملکرد دانه ۲۹۶۵ کیلوگرم در هکتار در منطقه حاجی آباد هرمزگان، نیاز به ۵۲۶/۵۵ میلی متر آب دارد که لازم است در طول فصل رشد در اختیار گیاه قرار گیرد. از این میزان، حدود ۲۰ میلی‌متر برای مرحله جوانه‌زنی، ۳۰ میلی‌متر در مرحله روزت، ۶۳ میلی‌متر از پایان مرحله روزت (شروع ساقه‌دهی) تا شروع گل دهی و ۱۱۰ میلی‌متر در طول دوره گل‌دهی و ۲۳۵ میلی‌متر در طول دوره های غلاف بندی و دانه بندی مورد نیاز میباشد. در طول این دوره ها نیز آبیاری باید بر اساس نیاز روزانه گیاه تامین و در اختیار آن قرار گیرد. نیاز آبی روزانه گیاه کلزا در منطقه حاجی‌آباد از ۱/۶۶ میلی‌متر در روز در مرحله روزت و شروع ساقه‌دهی تا حدود ۶/۵ میلی‌متر در روز در مرحله دانه بندی متغیر میباشد. بنابراین، در این منطقه، برای دستیابی به عملکرد مطلوب گیاه کلزا و اجتناب از بروز تنش کم آبی یا هدررفت آب، لازم است تا در هر مرحله از رشد گیاه، آب مورد نیاز آن بر اساس نتایج این تحقیق تامین و در دسترس گیاه قرار گیرد.

منابع

احمدی، ک.، قلی زاده، ح.، عبادزاده، ح.ر.، حسین پور، ر.، عبدشاه، ه.، کاظمیان، آ. و رفیعی، م. ۱۳۹۶. آمارنامه کشاورزی ۹۵-۱۳۹۴، جلد اول، محصولات زراعی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی.

اسماعیلی، م.، گلچین، الف. و ن. دانشی. ۱۳۸۱ . بررسی تاثیر کم‌آبیاری بر عملکرد دانه کلزا در استان زنجان. چکیده مقالات هفتمین کنگره علوم زراعت ایران.

حقیقت ، اسماعیل. ۱۳۸۲.تعیین تبخیروتعرق پتانسیل کلزا در شرایط استاندارد(به روش لایسیمتری). مجموعه مقالات هشتمین کنگره علوم خاک ایران.

فرج نیا، اصغر. ۱۳۸۱. اثرات متقابل رژیم آبیاری و کود ازته بر درصد روغن و عملکرد کلزا. چکیده مقالات هفتمین کنگره علوم زراعت ایران.

قمرنیا، ه.، فروغی، ا. و دهقانیان، م. ۱۳۹۵. برآورد تبخیر و تعرق گیاه کلزا با استفاده از لایسیمتر زهکش دار در اقلیم کرمانشاه. مجموعه مقالات سومین کنگره علمی پژوهشی توسعه و ترویج علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست ایران.

مجنونی هریس، ا.، ناظمی، ا.ح.، صدرالدینی، ع.ا. نیشابوری، م.ر. و شکیبا، م.ر. ۱۳۹۴. تعیین تبخیر- تعرق، ضریب گیاهی و مراحل رشد کلزا با استفاده از داده های لایسیمتری. مجله دانش آب و خاک ۲۵، ۱: ۱۶۳-۱۵۳.

محبی، عبدالحمید. ۱۳۷۷. ایستگاه تحقیقات کشاورزی حاجی‌آباد. چاپ مرکز تحقیقات کشاورزی هرمزگان .

میرزایی دوست، ح.، قربانی، ب.، نوری امامزاده‌ای، م. ر.، دانش شهرکی، ع. ۱۳۹۷. برآورد تبخیر- تعرق، ضریب گیاهی و کارایی مصرف آب کلزا با استفاده از لایسیمتر زهکش دار. مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس بین المللی یافته های نوین در علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست.

نوروزی، م. و زلفی باوریانی، م. ۱۳۹۰. تعیین دور و عمق مناسب

آبیاری کلزا به روش تشت تبخیر در استان بوشهر. مجله تحقیقات آب و خاک ایران.۴۲، ۱: ۳۴-۲۷.

نیازی، ج. و فولادمند، ح. ۱۳۸۵. دور و نیاز آبی سه رقم مختلف کلـزا در منطقه زرقان استان فارس. مجله علـوم و فنـون کشـاورزی و منابع طبیعی. ۱۰. ۳: ۸۱-۷۱.

Aboukhaled, A., Alfaro, A. and Smith, M. 1982. Lysimeters. FAO Irrigation and Drainage Paper, no. 39, FAO, Rome, Italy.

Ahmadi, M. and Bahrani, M.J. 2009. Yield and yield components of rapeseed as influenced by water stress at different growth stages and nitrogen levels. Am-Euras. J. Agric. Environ. Sci. 5 (6):755-761.

Ali, M., Bakht, J. and Daraz Khan, G. 2014. Effect of water deficiency and potassium application on plant growth, osmolytes and grain yield of Brassica napus cultivars. Acta Bot. Croat. 73 (2): 299–314.

Aliakbari, M., Razi, H. and Kazemeini, S.A. 2014. Evaluation of drought tolerance in rapeseed (Brassica napus L.) Cultivars using drought tolerance indices. International journal of Advanced Biological and Biomedical Research 2(3): 696-705.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. Rome, Italy, FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56, 300p.

Almasraf, S.A.D. and Alhaddad, A.H. 2015. Irrigation scheduling as a tool to improve the water use efficiency for cherries plants. Al-Nahrain University, College of Engineering Journal 18 (2): 159-167.

Ardestani, H.G. and Rad, A.S.H. 2012. Impact of regulated deficit irrigation on the physiological characteristics of two rapeseed varieties as affected by different potassium rates. African Journal of Biotechnology 11(24): 6510-6519.

Blake, G.R. and Hartge, K.H. 1986. Bulk Density, In: Klute, A. (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. (2nd ed.), American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin USA., pp. 363-375.

Djaman, K., O'Neill, M., Owen, C.K., Smeal, D., Koudahe, K., West, M., Allen, S., Lombard, K. and Irmak, S. 2018. Crop evapotranspiration, irrigation water requirement and water productivity of maize from meteorological data under semiarid climate. Water 10 (405): 1-17.

Efetha, A. 2011. Irrigation scheduling for canola in Southern Alberta. Agri-Facts: practical information for Alberta's agricultural industries. Agdex 149/561-1. www.agriculture.alberta.ca. (accessed 15.05.17).

Fanaei, H.R., Galavi, M., Kafi, M. and Ghanbari Bonjar, A. 2009. Amelioration of water stress by potassium fertilizer in two oilseed species. International Journal of Plant Production 3 (2): 41-54.

Faralli, M., Grove, I.G., Hare, M.C. and Kettlewell, P.S. 2017. In-field film antitranspirant application shows potential yield protection from flowering-stage drought periods in winter canola (Brassica napus). Crop and Pasture Science 68(3): 243-253.

Ghobadi, M., Bakhshandeh, M., Fathi, G., Gharineh, M.H., Alami-Said, K. Naderi, A. and Ghobadi, M.E. 2006. Short and long periods of water stress during different growth stages of canola (Brassica napus L.): Effect on yield, yield components, seed oil and protein contents. Journal of Agronomy 5: 336-341.

Hajare, H.V., Raman, N.S. and Dharkar, E.J. 2008. New technique for evaluation of crop water requirement. WSEAS Transactions On Environment and Development 4(5): 436-446.

Hergert, G.W., Margheim, J.F., Pavlista, A.D., Martin, D.L., Supalla, R.J. and Isbell, T.A. 2016. Yield, irrigation response and water productivity of deficit to fully irrigated spring canola. Agricultural Water Management 168: 96-103.

Holder, A.j., Mccalmont, J.P., Mcnamara, N.P., Rowe, R. and Donnison, I.S. 2018. Evapotranspiration model comparison and an estimate of field scale miscanthus canopy precipitation interception. GCB Bioenergy 10: 353-366.

Istanbulluoglu, A., Arslan, B., Gocmen, E., Gezer, E. and Pasa, C. 2010. Effects of deficit irrigation regimes on the yield and growth of oilseed rape (Brassica napus L.). Biosystems Engineering 105: 388-394.

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Moradi, R. and Mansoori, H. 2014. Optimizing water, nitrogen and crop density in canola cultivation using response surface methodology and central composite design. Soil Science and Plant Nutrition 60: 286-298.

Lugojan, C. and Ciulca, S. 2011. Evaluation of relative water content in winter wheat. Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology 15(2): 173-177.

Moteva, M., Spalevic, V., Gigova, A. and Tanaskovik, V. 2016. Water use efficiency and yield-dependences for canola (Brassica napus, L.) under irrigation. Agriculture & Forestry 62 (1): 403-413.

Munaz, F.I. and Fernandez, J.L. 1979. Effects of different levels of irrigation on the yield of a crop of rape (Brassica napus L. var. Midas) in South- East Spain. Proceedings of the 5 th international rapeseed conference. V.1. 254-256.

Rair, A.S. 2015. Overcoming yield limitation of canola by improving water use efficiency. PhD thesis, University of Adelaide, South Australia. p. 222.

Raza, M.A.S., Shahid, A.M., Salim, M.F., Khan, I.H.,

2008. Water stress effects on winter canola growth and yield. Agronomy Journal 102 (2): 658-666.

Zarei, G.R., Shamsi, H. and Dehghani, S.M. 2010. The effect of drought stress on yield, yield components and seed oil content of three autumnal rapeseed cultivars (Brassica napus L.). Journal of Research in Agricultural Sciences 6: 29-37.

Zeleke, K.T., Luckett, D.j. and Cowley, R.B. 2014. Response of canola (Brassica napus L.) and mustard (B. juncea L.) to different watering regimes. Experimental Agriculture 50 (4): 573–590.

Zhao, W., Liu, B. and Zhang, Z. 2010. Water requirements of maize in the middle Heihe River basin, China. Agricultural Water Management 97 (2): 215–223.

Ahmad, S., Ali, M. and Iqbal, R. 2017. Effects and management strategies to mitigate drought stress in oilseed rape (Brassica napus L.): a review. Zemdirbyste-Agriculture 104 (1): 85–94.

Salama, M.A., Yousef, K.M. and Mostafa, A.Z. 2015. Simple equation for estimating actual evapotranspiration using heat units for wheat in arid regions. Journal of Radiation Research and Applied Sciences 8 (3): 418-427.

Shekari, F., Soltaniband, V., Javanmard, A. and Abbasi, A. 2015. The impact of drought stress at different stages of development on water relations, stomatal density and quality changes of rapeseed (Brassica napus L.). Iran Agricultural Research 34(2) 81-90.

Tesfamariam, E.H., Annandale, J.G. and Stein, J.M.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 13, Agu.-Sept. 2019, p. 832-844

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد ۱۳، مرداد - شهریور ۱۳۹۸، ص. ۸۴۴-۸۳۲

Determination of Canola Water Requirement Using Lysimeter in Haji Abad Region of Hormozgan

A. Moradi[1*] and H.R. Mahmoudianfard[2]

Recived: Oct.20, 2018 Accepted: Nov.13, 2018

Abstract

Canola oil is one of the healthiest edible oil for human consumption and has gained public attention in providing edible oil in Iran. Therefore, growers are increasingly being interested in the cultivation of canola in various parts of Iran such as Haji Abad in Hormozgan province. However, there is no reliable data on water requirement of canola in this area. Therefore, a four-year experiment was conducted at Haji Abad research station for agriculture to determine crop water requirement of canola. In the first year of the experiment, a lysimeter was installed in the center of a 4-ha ground area. Then, in the next three years, canola (Hayula-401 var.) was cultivated in and around the lysimeter and its water requirement was measured weekly over the entire growing season. Results showed that under optimal growth conditions met in this research, canola needed 526.55 mm water to produce 2950 kg ha^{-1} grain which should be provided according to its daily water requirement over the growing season. Daily water requirement of canola varied from1.66 mm day^{-1} at rosette stage to nearly 6.5 mm day^{-1} during pod and seed development stages. Of the total canola water requirement, about 20 mm used for seed germination, 30 mm during rosette stage, 63 mm from early stem elongation to flower initiation, 110 mm during flowering, and 235 mm during pod formation and grain filling periods.

Keywords: Canola, Crop water requirement, Lysimeter

1- Assistant Professor, Soil and water Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran
2- Instructor, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran
(*- Corresponding Author Email:Moradi1373@gmail.com)