نشریه دانش آب و خاک / جلد۲۵ شماره۱ صفحه‌های ۱۵۳ تا ۱۶۳/ سال ۱۳۹۴

Archive of SID

تعیین تبخیر – تعرق، ضریب گیاهی و مراحل رشد کلزا با استفاده از داده‌های لایسیمتری

ابوالفضل مجنونی هریس[1*]، امیر حسین ناظمی[2]، علی اشرف صدرالدینی[3]، محمد رضا نیشابوری[4] و محمد رضا شکیبا[5]

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۴/۰۴ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۴/۲۴

[1]- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

[2و3]- استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

[4]- استاد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

[5]- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

[*] مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی : majnooni@tabrizu.ac.ir

چکیده

به دلیل اهمیت کلزا به عنوان یک گیاه روغنی مهم و سازگاری آن با شرایط آب و هوایی مختلف، آزمایشی در سال ۱۳۸۹ برای تعیین تبخیر- تعرق لایسیمتری کلزا در اراضی ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز انجام گرفت. مقدارتبخیر- تعرق لایسیمتری در منطقه مورد مطالعه برابر ۵۸۳/۶ میلی متر تعیین گردید. نتایج نشان داد که بین تبخیر - تعرق لایسیمتری و تبخیر- تعرق حاصل از روش فائو پنمن مانتیث ۲۳/۳۶ درصد اختلاف وجود داشت. رابطه ضریب گیاهی بر اساس روزهای پس از کاشت، تابش جذب شده توسط گیاه، اصلاح شده با دما و شاخص سطح برگ ارائه شد. طول مراحل رشد کلزای بهاره شامل مرحله اولیه، توسعه، میانی و پایانی بر اساس درصد پوشش سطح زمین و شاخص سطح برگ به‌ترتیب برابر ۲۵، ۳۵، ۲۰ و ۲۰ روز به‌دست آمد. همچنین متوسط ضریب گیاهی برای مراحل اولیه، میانی و پایانی رشد به‌ترتیب برابر ۰/۷۲، ۱/۴۵ و ۰/۶۶ تعیین شد. بین ضرایب گیاهی حاصل شده از این تحقیق با مقادیر توصیه شده در نشریه فائو ۵۶ اختلاف معنی‌داری وجود داشت. ضمن آن‌که تغییرات درصد پوشش سطح زمین، شاخص سطح برگ، ارتفاع گیاه و شدت تبخیر- تعرق در روزهای مختلف پس از کاشت مورد بررسی قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: تبریز، درصد پوشش، شاخص سطح برگ، ضریب گیاهی، کلزا

www.SID.ir

Archive of SID

Determination of evapotranspiration, crop coefficient and growth stages of canola by lysimetric data

AMajnooni-Heris[1]*, AH Nazemi[2], AA Sadraddini[2], MR Neyshabouri[3] and MR Shakiba[4]

Received: 25 June 2013 Accepted: 15 July 2014
[1]Assist. Prof., Dept. of Water Engin., Faculty of Agric., Univ. of Tabriz, Iran
[2,3] Prof. Dept. of Water Engin., Faculty of Agric., Univ. of Tabriz, Iran
[4] Prof., Dept. of Soil Sci., Faculty of Agric., Univ. of Tabriz, Iran
[5] Prof., Dept. of Agron., Faculty of Agric., Univ. of Tabriz, Iran
*Corresponding author, E-mail: majnooni@tabrizu.ac.ir

Abstract

Because of the importance of canola as a major oil plant and its compatibility with different climatic conditions, an experiment was conducted in the Agricultural Research Station of Tabriz University to determine its lysimetric evapotranspiration. Lysimetric evapotranspiration was measured 583.6 mm in the study region. Results showed that there was 23.36 percent difference between lysimetric evapotranspiration and potential evapotranspiration resulting from FAO Penman-Monteith method. A relationship for crop coefficient was obtained based on the days after planting and radiation absorbed by plants and was corrected with temperature and leaf area index. The durations of growing stages of spring Canola including initial, development, middle and end stages based on percentage of land cover and LAI were obtained equal to 25, 35, 20 and 20 days, respectively. Also the mean values of crop coefficients were determined for the initial, middle and the end stages of growth equal to 0.72, 1.45 and 0.66, respectively. There was significant difference between crop coefficients resulting from this study with the recommended values in the FAO 56. In this study, changes in the ground cover percentage, LAI, plant height and evapotranspiration were investigated on different days after planting.

Keywords: Canola, Crop Coefficient, Ground cover, Leaf area index, Tabriz

مقدمه

بدون شک موضوع آب و آبیاری مهم‌ترین مسئله در بخش کشاورزی مناطق خشک و نیمه خشک جهان است. محدود بودن منابع آب کشور از یک طرف و نیاز به مصرف روز افزون آن در اثر افزایش جمعیت و گرم شدن کره زمین از طرف دیگر استفاده بهینه از منابع آب را ایجاب می‌کند. مصرف بهینه آب در بخش کشاورزی نیازمند یک برنامه‌ریزی دقیق است. تعیین نیاز آبی گیاهان، پایه و اساس یک برنامه‌ریزی دقیق می‌باشد. عدم تعیین دقیق تبخیر- تعرق گیاهان باعث آبیاری بیش از حد و یا کمتر از حد مورد نیاز می‌گردد. آبیاری بیشتر علاوه بر هدر رفت آب، زه‌دار شدن اراضی را به دنبال دارد و آبیاری کمتر باعث کاهش عملکرد محصول خواهد شد. تبخیر- تعرق گیاهان به دلیل شرایط آب و هوایی در مناطق مختلف متفاوت می‌باشد. برای محاسبه تبخیر- تعرق انواع گیاهان، با روش های مختلف نیاز به

www.SID.ir

Archive of SID

تعیین مقادیر ضرایب گیاهی (kc) آن‌ها، در مراحل مختلف رشد است.

مفهوم ضریب گیاهی توسط جنسن (۱۹۶۸) معرفی گردید و بعدها توسط پژوهشگرانی مانند دورنباس و پرویت (۱۹۷۷ و ۱۹۷۵)، بورمن و همکاران (۱۹۸۰) و آلن و همکاران (۱۹۹۸) توسعه یافت. ضریب گیاهی بصورت نسبت مقادیر تبخیر- تعرق پتانسیل گیاهی[1] (ETc) به تبخیر- تعرق مرجع[2] (ET0) تعریف می‌شود (دورنباس و کسام ۱۹۷۹، آلن و همکاران ۱۹۹۸، عزیزی زهان و همکاران ۲۰۰۸). ET0بصورت مستقیم با اندازه‌گیری تبخیر- تعرق چمن (پرویت و دورنباس ۱۹۷۷ و واتسون و بورنت ۱۹۹۵) و یا با استفاده از مدل‌های تجربی محاسبه می‌گردد. تا کنون مدل‌های مختلفی شامل مدل‌های دمایی (تورنث وایت ۱۹۴۸، دورنباس و پرویت ۱۹۷۷)، مدل‌های تابشی (دورنباس و پرویت ۱۹۷۷ و هارگریوز و سامانی ۱۹۸۵) و مدل‌های ترکیبی (آلن و همکاران ۱۹۹۸) برای تخمین ET0 ارائه شده است. لیکن از بین روش‌های مختلف روش پنمن مانتیث فائو به‌عنوان روش استاندارد توسط سازمان فائو پیشنهاد گردیده است (آلن و همکاران ۱۹۹۸ و کانگ و همکاران ۲۰۰۳). از طرفی در بسیاری از مناطق، فرمول فائو پنمن مانتیث، مقادیر ET0 را کمتر از مقدار واقعی نشان می‌دهد (کانگ و همکاران ۱۹۹۲، چن و همکاران ۱۹۹۵ ، هاول و همکاران ۱۹۹۷، کانگ و همکاران ۲۰۰۳ و مجنونی و همکاران ۱۳۸۶ و ۱۳۹۲). یکی از راه‌های برآورد دقیق ETc، اصلاح مقادیر ضریب گیاهی برای گیاهان مختلف در آن مناطق می‌باشد. آلن و همکاران (۱۹۹۰) پیشنهاد کردند که ضرایب گیاهی برای گیاهان مختلف در شرایط محلی با استفاده از داده‌های لایسیمتری تعیین گردند. کار و همکاران (۲۰۰۷) مقادیر ضریب گیاهی دانه‌های روغنی مورد مطالعه را به دلیل وجود پدیده پهن رفت گرمایی در دن‌کانال[3] هند بیشتر از مقادیر ضریب گیاهی گزارش شده در نشریه فائو ۵۶ به‌دست آوردند. علاوه بر پدیده پهن رفت گرمایی، صفات مشخصه گیاه، تاریخ کاشت، شرایط اقلیمی، مدیریت کاشت و روش آبیاری از دیگر عوامل مؤثر بر ضریب گیاهی می‌باشند (آلن و پرویت ۱۹۸۹ و کانگ و همکاران ۲۰۰۳). به دلیل تغییر ضریب گیاهی در شرایط مختلف پژوهشگران زیادی به تعیین آن در مناطق مختلف پرداختند. بسیاری از پژوهشگران علاوه بر روش‌های تجربی برای تعیین مقادیر ET0 از لایسیمتر نیز استفاده کرده‌اند (هاول و همکاران ۱۹۹۵، مارک و همکاران ۲۰۰۶ و پی سی نی و همکاران ۲۰۰۹).

تیاقی و همکاران (۲۰۰۰) برای گندم و سورگوم و کاشیاب و پاندا (۲۰۰۱) برای گوجه فرنگی مقادیر ضریب گیاهی و تبخیر- تعرق را با استفاده از داده‌های اندازه گیری شده در شرایط هند تعیین کردند. کانگ و همکاران در سال ۲۰۰۳ ابتدا با استفاده از لایسیمتر زهکش‌دار مقادیر ضریب گیاهی گندم و ذرت را برای روزهای مختلف پس از کاشت مشخص کرده و سپس رابطه kc را با شاخص سطح برگ در شمالغرب چین تعیین نمودند. برخی پژوهشگران با استفاده از روابط بیلان آب در خاک و بدون کاربرد لایسیمتر ضرایب گیاهی را مشخص کرده‌اند. برای مثال، ضرایب گیاهی دانه‌های روغنی در دن کانال هند (کار و همکاران ۲۰۰۷)، کلم در ارض‌روم ترکیه (ساهین و همکاران ۲۰۰۹) و زعفران در باجگاه شیراز (عزیزی زهان و همکاران ۲۰۰۸) با چنین روشی تعیین شده است. پی- سی‌نی و همکاران (۲۰۰۹) ضرایب گیاهی سورگوم و ذرت، کو و همکاران (۲۰۰۹) ضرایب فوق را برای گندم و کتان در منطقه تکزاس آمریکا بدست آوردند. همچنین ضرایب گیاهی ذرت و گندم در زین زیبانگ[4] چین توسط قائو و همکاران در سال ۲۰۰۹ تعیین و گزارش گردید. لیو و لو (۲۰۱۰) ضرایب پایه گیاهی گیاهان مذکور را برای شمال چین بدست آوردند. مقدار تبخیر –تعرق پتانسیل گیاه کلزا در جنوب غربی اسپانیا برابر ۵۳۷ میلی‌متر (موناز و فرناندز ۱۹۷۹) و در شمال آمریکا معادل ۲۲۵ میلی‌متر (اندرسون و همکاران ۲۰۰۳) گزارش شده است.

[1] -Potential crop evapotranspiration
[2] -Reference evapotranspiration
[3] -Dhenkanal
[4] -Xinxiang

www.SID.ir

Archive of SID

کلزا گیاهی است که در سال‌های اخیر توجه زیادی به کشت آن در ایران شده و در بسیاری از مناطق کشور کشت آن توسعه یافته است (وفابخش و همکاران ۱۳۸۷). با گسترش کشت آن مطالعاتی نیز در زمینه نیاز آبی کلزا در کشور انجام گردیده است. فرج نیا (۱۳۸۱) طی تحقیقی که در منطقه تیکمه‌داش آذربایجان شرقی انجام داد، بیشترین عملکرد دانه، میزان روغن و کارایی مصرف آب کلزا را از مصرف ۶۰۴ میلی‌متر آب گزارش نمود. مرادی دالینی و نیشابوری (۱۳۸۴) مقدار تبخیر- تعرق لایسیمتری کلزا را در منطقه حاجی آباد هرمزگان برابر ۵۰۰/۵ میلی‌متر در یک فصل رشد تعیین نمودند. نیازی و فولادمند (۱۳۸۵) مقدار تبخیر- تعرق کلزا را در منطقه زرقان فارس در طول سه سال آزمایش بترتیب برابر ۷۴۰، ۷۰۹ و ۷۰۰ میلی‌متر تعیین نمودند. مطالعه انجام شده توسط شعبانی و همکاران (۱۳۸۸) نشان داد مقدار آب آبیاری کلزا، در تیمار بدون تنش آبی در طول دو فصل رشد در منطقه باجگاه شیراز بترتیب برابر ۶۸۶ و ۶۸۹ میلی‌متر می‌باشد. ضمن آن‌که مقدار بارندگی در دو فصل زراعی فوق بترتیب برابر ۵۸۲ و ۳۶۸/۵ میلی‌متر بود.

در این تحقیق به دلیل اهمیت کلزا به‌عنوان یک گیاه روغنی مهم و گسترش کشت آن در کشور، مقدار تبخیر-تعرق لایسیمتری، مراحل رشد و ضرایب گیاهی کلزای بهاره در منطقه تبریز تعیین و سپس تغییرات درصد پوشش سطح زمین، شاخص سطح برگ و ارتفاع گیاه در طول فصل رشد بررسی شده و رابطه ضریب گیاهی با روزهای مختلف پس از کاشت و تابش جذب شده توسط گیاه و اصلاح شده با دما و شاخص سطح برگ تعیین گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۸۹ (اول اردیبهشت ماه تا اوایل مرداد ماه) در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز واقع در کرکج انجام شد. این ایستگاه از موقعیت عرض و طول جغرافیایی بترتیب برابر ۰۳' ° ۳۸ شمالی و ۳۷' ° ۴۶ شرقی و ارتفاع از سطح دریای آزاد ۱۵۶۷/۳ متر برخوردار است. مطالعه خصوصیات فیزیکی خاک نشان داد که خاک ایستگاه مورد استفاده دارای بافت لومی شنی می‌باشد. برای انجام تحقیق حاضر، بذور کلزای بهاره (*Brassica napus* L.) رقم RGS003 از مؤسسه نهال و بذر کرج تهیه و در زمینی به مساحت ۱/۶ هکتار و در داخل لایسیمتری زهکش‌دار به مساحت ۷ مترمربع و عمق ۲ متر واقع در وسط مزرعه کاشته شد. رطوبت خاک در هر هفته قبل از آبیاری با استفاده از دستگاه رطوبت سنج PR2 (Delta-T, Profile Probe) به‌طور همزمان در اعماق مختلف قرائت شد. با استفاده از مقادیر رطوبت‌های اندازه‌گیری شده و تفاضل آن‌ها از رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای، مقدار آب آبیاری لازم در ناحیه ریشه محاسبه و با استفاده از یک کنتور حجمی به لایسیمتر اضافه شد. برای تعیین رطوبت حد ظرفیت مزرعه‌ای در منطقه مورد مطالعه یک کرت ۲ در۲ ایجاد و اشباع گردید. به‌مدت ۴ روز از عمق‌های ۳۰ -۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه برداری شد و با انتقال نمونه‌ها به آون مقادیر رطوبت در روزهای مختلف تعیین و در نهایت رطوبت در حد ظرفیت مزرعه‌ای در اعماق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی متر برابر ۲۸ درصد حجمی به‌دست آمد.

برای تعیین تبخیر- تعرق کلزا با استفاده از لایسیمتر از رابطه زیر استفاده گردید:

$$ET = I + P - DP \pm \Delta\theta \qquad [۱]$$

که در آن مقادیر ET، I، P ، DP، $\Delta\theta$ به‌ترتیب نشان‌دهنده تبخیر- تعرق، آب آبیاری، بارش، آب زهکشی شده و عمق ناشی از تغییرات رطوبتی خاک می‌باشد.

اطلاعات هواشناسی مورد نیاز تحقیق از طریق ایستگاه هواشناسی خلعت پوشان واقع در داخل محدوده ایستگاه تحقیقاتی تهیه شد. برای تعیین درصد پوشش سطح زمین ($GC\%$)[1] در روزهای مختلف پس از کاشت (DAP)[2] با استفاده از دستگاه دوربین دیجیتالی از یک سطح مشخصی عکس‌برداری و با تحلیل عکس‌های تهیه شده در روزهای مختلف پس از

[1] -Ground cover
[2] -Days after planting

www.SID.ir

Archive of SID

کاشت درصد پوشش سطح زمین محاسبه گردید. جهت اندازه گیری سطح برگ‌ها در برخی از روزهای پس کاشت از دستگاه سطح برگ سنج قابل حمل (Portable leaf Area meter, ADC, AM300) استفاده شد و با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده، رابطه شاخص سطح برگ به ازای DAP مشخص گردید. ارتفاع گیاه بصورت هفتگی در داخل لایسیمتر با استفاده از نوار متر معمولی اندازه‌گیری شد.

برای محاسبه مقدار تابش جذب شده توسط کانوپی (I_{abs}) از رابطه زیر استفاده شد (مونسی و ساکی ۲۰۰۵):

$$I_{abs} = I_0(1 - e^{-k \times LAI}) \qquad [۲]$$

که در آن I_o، k و LAI به‌ترتیب تابش رسیده به بالای کانوپی(m^2/m^2)، ضریب خاموشی نور[1] و شاخص سطح برگ می باشد. ضریب خاموشی نور برای کلزا برابر ۰/۶ در نظر گرفته شد (گابریل و همکاران ۱۹۹۸). تابش جذب شده توسط کانوپی و اصلاح شده با دما ($ABRS$) با رابطه زیر محاسبه گردید:

$$ABSR = I_{abs} \times f_T \qquad [۳]$$

که در آن f_T ضریب اصلاحی اثر دما بر رشد گیاه می‌باشد. در این پژوهش از رابطه زیر برای محاسبه f_T استفاده شد (تورنلی ۱۹۹۸):

$$f_T = \frac{(T-T_n)^q (T_x - T)}{(T_{op}-T_n)^q (T_x - T_{op})} \qquad [۴]$$

که در آن T، T_n ، T_x ، T_{op} به‌ترتیب دمای هوا، حداقل دما برای فتوسنتز، حداکثر دما برای فتوسنتز، دمای اپتیمم برای فتوسنتز و q ضریب ثابت معادله می‌باشد. کمانین و همکاران (۲۰۰۴) برای گیاهان سه کربنه مقادیر T_n ، T_x و T_{op} را به‌ترتیب برابر صفر، ۴۵ و ۲۴/۵ درجه سانتی گرداد و q را برابر ۱/۲ در نظر گرفتند.

رابطه بین روزهای مختلف پس از کاشت، تابش جذب شده توسط گیاه و اصلاح شده با دما و ضریب گیاهی (k_c) بصورت زیر برای گیاه کلزا در منطقه در نظر گرفته شد:

$$k_c = AX^3 + BX^2 + CX + D \qquad [۵]$$

که در آن X متغیر مستقل بوده و می‌تواند روزهای پس از کاشت (DAP) و یا تشعشع جذب شده توسط گیاه و اصلاح شده با دما ($ABRS$) باشد. مقادیر A، B، C و D ضرایب واسنجی معادله برای منطقه می‌باشند.

تبخیر- تعرق پتانسیل گیاه مرجع با استفاده از رابطه فائو پنمن مانتیث محاسبه گردید (آلن و همکاران ۱۹۹۸):

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{(T+273)} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \qquad [۶]$$

که در آن مقادیر R_n و G بر حسب مگاژول بر متر مربع بر روز، ET_o تبخیر- تعرق پتانسیل گیاه مرجع بر حسب میلی متر بر روز و U_2 سرعت باد در ارتفاع ۲ متری سطح زمین با واحد متر بر ثانیه می‌باشد.

ضریب گیاهی (k_c) از تقسیم تبخیر- تعرق لایسیمتری بر تبخیر- تعرق پتانسیل گیاه مرجع به شکل زیر محاسبه گردید (آلن و همکاران ۱۹۹۸):

$$k_c = \frac{ET_l}{ET_0} \qquad [۷]$$

همچنین برای مقایسه با تبخیر- تعرق لایسیمتری، تبخیر- تعرق گیاه کلزای بهاره با روش فائو پنمن مانتیث و با اعمال ضرایب گیاهی ارائه شده در نشریه فائو ۵۶ محاسبه گردید. قابل ذکر است ضرایب گیاهی پیشنهادی فائو با توجه به متوسط سرعت باد و درصد رطوبت نسبی مطابق توصیه نشریه فائو ۵۶ اصلاح شدند.

نتایج و بحث

تبخیر- تعرق لایسیمتری

در این مطالعه تبخیر- تعرق لایسیمتری کلزا برابر ۵۸۳/۶ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. در بخش دیگر این تحقیق مقدار تبخیر- تعرق نظیر کلزا با استفاده از رابطه فائو پنمن مانتیث برابر ۴۴۷/۳ میلی متر در طول فصل رشد بدست آمد. نتایج نشان داد که بین مقادیر حاصل شده از لایسیمتر (۵۸۳/۶ میلی‌متر) و مقادیر محاسبه شده بر اساس روش فائو پنمن مانتیث (۴۴۷/۳ میلی‌متر) و با اعمال ضرایب گیاهی پیشنهادی نشریه فائو، ۲۳/۳۶ درصد اختلاف وجود دارد. این اختلاف

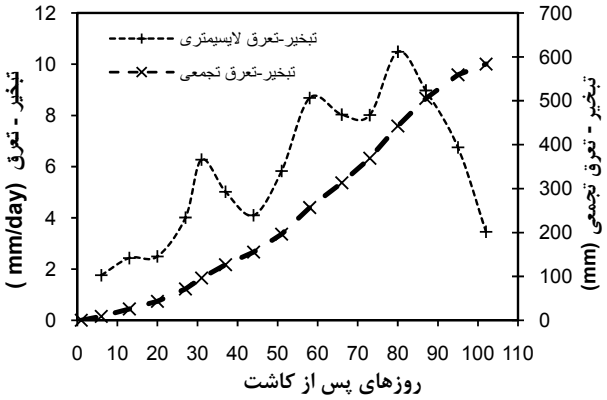
[1] -Extinction coefficient

www.SID.ir

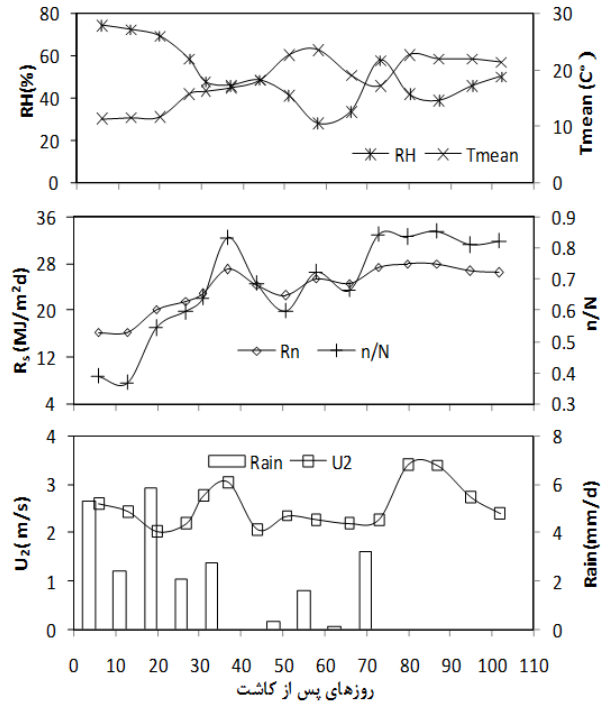
Archive of SID

می‌تواند ناشی از وجود پدیده فرارفت گرمایی در منطقه باشد. صدرالدینی و همکاران (۲۰۱۳) وجود پدیده فرارفت و تأثیر آن را روی افزایش تبخیر- تعرق گزارش کرده‌اند. مجنونی هریس و همکاران (۱۳۸۶) نشان دادند که فرمول پنمن مانتیث فائو مقدار تبخیر- تعرق ذرت را در باجگاه شیراز در طی دو سال ۲۹ و ۲۴ درصد کمتر برآورد می‌کند. بسیاری از پژوهشگران (کانگ و همکاران ۱۹۹۲ و ۲۰۰۳، چن و همکاران ۱۹۹۵) به کم برآورد شدن تبخیر- تعرق مرجع توسط معادله پنمن مانتیث و به زیاد برآورد شدن ضرایب گیاهی نسبت به مقادیر پیشنهادی فائو ۵۶ در مناطق مختلف چین که دارای اقلیم نیمه خشک می‌باشد، اشاره کرده‌اند. همچنین مقادیر ذخیره رطوبتی خاک، بارش، آب آبیاری و آب زهکشی شده در طول فصل رشد به‌ترتیب برابر ۶۹/۸، ۱۵۴، ۴۸۷/۳ و ۱۶۷/۵ میلی‌متر در لایسیمتر تعیین شدند.

در شکل ۱ مقادیر شدت تبخیر- تعرق لایسیمتری و تبخیر - تعرق تجمعی در طول فصل رشد آورده شده است. همان‌طوری که شکل ۱ نشان می‌دهد حداکثر شدت تبخیر- تعرق کلزا در ۸۰ روز پس از کاشت برابر ۱۰/۴۹ میلی متر بر روز می‌باشد. در زمان وقوع حداکثر شدت تبخیر- تعرق مقادیر دما، تابش خالص و نسبت ساعات آفتابی بالاترین مقدار و درصد رطوبت نسبی نیز کمترین مقدار را در طول فصل رشد داشتند. در شکل ۲ تغییرات متوسط عوامل اقلیمی شامل میانگین دما (T_{mean})، درصد رطوبت نسبی ($RH\%$)، نسبت ساعات آفتابی (n/N)، تابش خورشیدی (R_s)، سرعت باد (U_2) و بارش (P) در روزهای مختلف پس از کاشت نشان داده شده است. با توجه به شکل فوق در زمان وقوع حداکثر شدت تبخیر- تعرق، سرعت باد دارای بیشترین مقدار در طول فصل رشد (۳/۴۰ متر بر ثانیه) بوده و مقادیر دما و درصد رطوبت نسبی نیز به‌ترتیب برابر ۲۲/۶۴ درجه سانتی گراد و ۴۱/۵ درصد در آن روز بودند.



شکل ۱- شدت تبخیر - تعرق لایسیمتری و مقادیر تبخیر- تعرق تجمعی در طول فصل رشد



شکل ۲- روند تغییرات متوسط عوامل اقلیمی در روزهای مختلف پس از کاشت

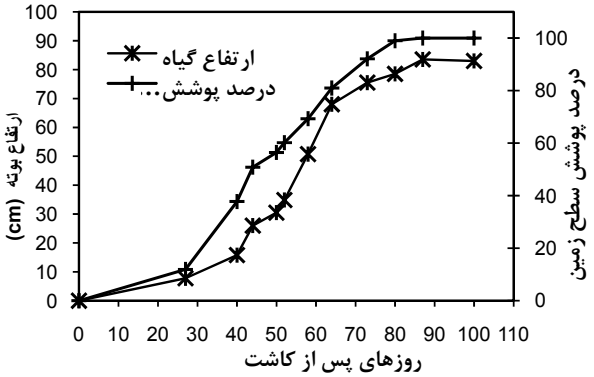
مراحل رشد و ضرایب گیاهی

یکی دیگر از اهداف این پژوهش تعیین مراحل رشد شامل مرحله اولیه، توسعه، میانی، پایانی و تعیین ضرایب گیاهی نظیر مراحل فوق می‌باشد. طبق توصیه نشریه فائو ۵۶ طول مدت مرحله اولیه رشد گیاهان زراعی از روز جوانه زنی تا ۱۰ درصد پوشش سطح

www.SID.ir

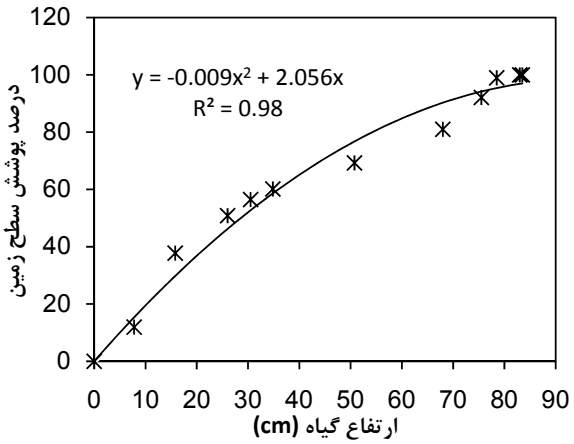
Archive of SID

زمین، مرحله توسعه از ۱۰ تا ۸۰ درصد و طول مدت مرحله میانی رشد از ۸۰ درصد تا شروع مرحله رسیدگی و طول مرحله انتهایی از شروع مرحله رسیدگی تا روز برداشت می‌باشد (آلن و همکاران ۱۹۹۸). برای تعیین مراحل مختلف رشد از روش تعیین درصد پوشش سطح زمین استفاده شد. در شکل۳ مقادیر درصد پوشش سطح زمین و ارتفاع گیاه کلزا نشان داده شده است. مطابق با درصد پوشش سطح زمین و توصیه فائو، طول دوره‌های رشد ابتدایی، توسعه، میانی و نهایی به‌ترتیب برابر ۲۵، ۳۵، ۲۰ و ۲۰ روز تعیین گردید.



شکل ۳- ارتفاع گیاه و درصد پوشش سطح زمین در روزهای مختلف پس از کاشت

به دلیل سهولت اندازه‌گیری ارتفاع گیاه، در بسیاری از طرح‌ها ارتفاع گیاه اندازه‌گیری می‌شود. با توجه به نتایج اندازه‌گیری شده، رابطه بین ارتفاع گیاه و درصد پوشش سطح زمین در شکل ۴ نشان داده شده است. همانطوری که مشاهده می‌شود رابطه ارتفاع گیاه با درصد پوشش سطح مزرعه به‌صورت یک چند جمله-ای درجه دو می‌باشد.



شکل ۴- رابطه بین ارتفاع گیاه و درصد پوشش سطح زمین

یکی دیگر از شاخص‌های مهم در بررسی وقوع تبخیر- تعرق شاخص سطح برگ (*LAI*) می‌باشد. با افزایش این شاخص، سطح تعرق بیشتر می‌شود و با فرا رسیدن مرحله پایانی رشد گیاه، به دلیل کاهش شاخص سطح برگ، شدت تبخیر - تعرق کاهش می‌یابد. شاخص سطح برگ بعنوان یکی از عوامل مهم در تخمین تابش عبوری از پوشش گیاهی و پیش بینی تبخیر از سطح خاک می‌باشد. روند تغییرات شاخص سطح برگ در طول فصل رشد در شکل ۵ آورده شده است.

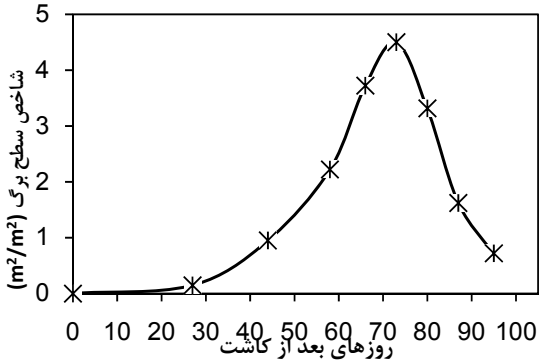
بررسی شکل ۵ نشان داد که شاخص سطح برگ در روز ۷۳ ام پس از کاشت به حداکثر مقدار خود یعنی ۴/۵ رسیده است. روند شاخص سطح برگ به دلیل رشد گیاه ابتدا افزایشی بوده و سپس با فرا رسیدن مرحله پایانی رشد از مقدار آن کاسته شده است. همانطوری که ملاحظه می‌شود تقریباً روند شدت تبخیر- تعرق لایسیمتری (شکل ۱) با روند شاخص سطح برگ همخوانی دارد. شاخص سطح برگ هم مانند درصد پوشش سطح زمین می‌تواند بعنوان معیاری برای تعیین مراحل رشد گیاه مطرح باشد. در شکل ۶ رابطه بین درصد پوشش سطح زمین و شاخص سطح برگ نشان داده شده است.

رابطه بین درصد پوشش سطح زمین و شاخص سطح برگ از روز کاشت تا رسیدن به حداکثر مقدار

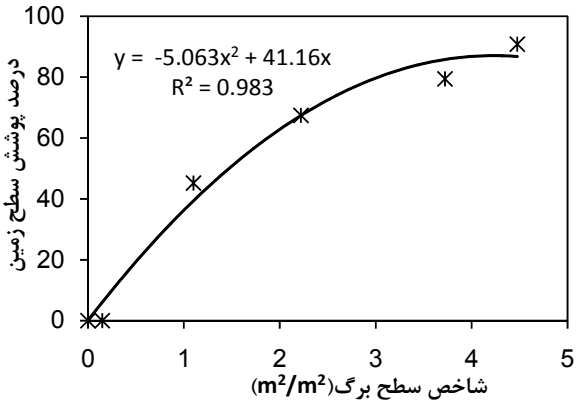
www.SID.ir

Archive of SID

شاخص سطح برگ برقرار گردید. همانطوری که ملاحظه می‌شود، رسیدن به ۱۰ درصد پوشش سطح زمین که پایان مرحله اولیه را نشان می دهد در شاخص سطح برگ ۰/۲۵ اتفاق افتاده است. حصول پوشش سطح زمین ۸۰ درصد در شاخص سطح برگ ۳/۲۲ روی داده است. با توجه به فاصله بین درصد پوشش ۸۰ و شروع مرحله رسیدگی و با در نظر گرفتن اندازه گیری‌های شاخص سطح برگ و درصد پوشش سطح زمین می‌توان نتیجه گرفت که با سپری شدن دوران حداکثر و رسیدن دوباره به شاخص سطح برگ ۲/۷ مرحله میانی تمام و مرحله پایانی رشد شروع می‌شود.



شکل ۵- روند تغییرات شاخص سطح برگ (*LAI*) در روزهای مختلف پس از کاشت



شکل ۶- رابطه بین درصد پوشش سطح زمین و شاخص سطح برگ

مقادیر ضریب گیاهی برای گیاهان مختلف می‌تواند بصورت معادله‌ی چند جمله‌ای وابسته به *DAP* و *ABRS* باشد. در مطالعه حاضر رابطه ضریب گیاهی کلزا بر اساس *DAP* و *ABRS* بصورت زیر ارائه گردید:

$$k_c = -6\times10^{-6}\mathrm{DAP}^3 + 8.05\times10^{-4}\mathrm{DAP}^2 - 1.5251\times10^{-2}\mathrm{DAP} + 0.801720 \quad R^2=0.72 \quad [8]$$

$$k_c = -8\times10^{-9}ABRS^3 + 8.04\times10^{-6}\mathrm{ABRS}^2 - 7.87\times10^{-4}\mathrm{ABRS} + 0.847547 \quad R^2=0.65 \quad [9]$$

بررسی معادلات واسنجی شده فوق نشان می‌دهد که ضریب همبستگی منحنی برازش داده شده بین k_c و *DAP* بیشتر از *ABRS* است. روند تغییرات ضریب گیاهی بر اساس *DAP* و *ABRS* در شکل ۷ آورده شده است. رشد و نمو گیاه از دما و تابش تأثیر می پذیرد. چنانچه در مراحل رشد تغییری در شرایط دمای هوا بوجود آید، این وضعیت بر رشد و مراحل رشد آن تأثیرگذار خواهد بود. موریسون و همکاران (۱۹۸۹) اثر دما را بر یک رقم کلزای بهاره در شرایط کانادا به‌وضوح نشان دادند. لذا بخاطر اثر دمای هوا و تابش بر رشد و در نهایت بر مراحل رشد گیاهان زراعی، ارائه رابطه ضریب گیاهی بر اساس *ABRS* مشکل احتمالی ناشی از اثر شرایط جوی بر طول دوره‌های رشد را تعدیل خواهد کرد.

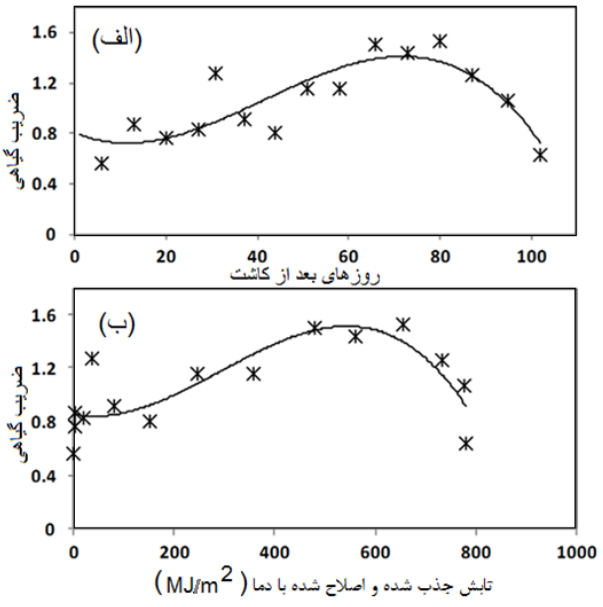
در این مطالعه متوسط ضریب گیاهی کلزا برای مراحل ابتدایی، میانی و پایانی به‌ترتیب معادل ۰/۷۲، ۱/۴۵ و ۰/۶۶ بدست آمد. مقادیر بدست آمده برای کلزا متفاوت از مقادیر نظیر گزارش شده در نشریه فائو ۵۶ برای گیاهان روغنی و کلزا می‌باشد. ضریب گیاهی حاصل شده، برای مرحله میانی کلزا ۲۶ درصد از مقدار توصیه شده نشریه فائو ۵۶ بیشتر است. مقدار ضریب گیاهی مرحله پایانی رشد نیز ۱/۸۸ برابر مقدار توصیه شده در نشریه فائو ۵۶ بدست آمد. کار و همکاران (۲۰۰۷) مقدار ضریب گیاهی حاصله را برای گیاهان مختلف ۱۱-۲۳ درصد بیشتر از مقادیر پیشنهادی فائو ۵۶ گزارش کرده‌اند. کانگ وهمکاران (۲۰۰۳) مقدار ضریب گیاهی مرحله میانی ذرت و گندم را به‌ترتیب برابر ۱۹ و ۱۶ درصد بیشتر از مقدار پیشنهادی فائو بدست آوردند. آنها مقدار ضریب گیاهی مرحله پایانی گیاهان فوق را به‌ترتیب ۱/۶۳ و ۲/۳۳

www.SID.ir

Archive of SID

برابر مقدار توصیه شده در نشریه فائو ۵۶ برای شمالغرب چین تعیین کردند. آنها همچنین علت زیاد برآورد شدن ضریب گیاهی را به فرارفت محلی و بالا بودن چگالی ظاهری خاک نسبت دادند. تیاقی و همکاران (۲۰۰۰) با استفاده از داده‌های لایسیمتری مقدار ضرایب گیاهی آفتاب گردان را در سه مرحله از رشد به‌ترتیب برابر ۰،۸ ۴۵/۳ و ۱۵/۱ درصد بیشتر از مقادیر پیشنهادی نشریه فائو ۵۶ در کارنال هند گزارش کردند.

ضریب گیاهی از نوع گیاه و پوشش سطح زمین تأثیر می‌پذیرد (ویلیامز و آیارز ۲۰۰۵). محققان زیادی (دی مدیروس و همکاران ۲۰۰۱، کانگ و همکاران ۲۰۰۳، قائو و همکاران ۲۰۰۹) نشان دادند که ضریب گیاهی با شاخص سطح برگ و درصد پوشش سطح زمین در ارتباط است. در شکل ۸ رابطه بین ضریب گیاهی با شاخص سطح برگ نشان داده شده است. همانطوری که مشاهده می‌شود وقتی شاخص سطح برگ به یک می‌رسد مقدارضریب گیاهی به یک و مقدار تبخیر- تعرق گیاه برابر تبخیر- تعرق گیاه مرجع می-شود. از شاخص سطح برگ یک به بعد ضریب گیاهی افزایش می‌یابد.



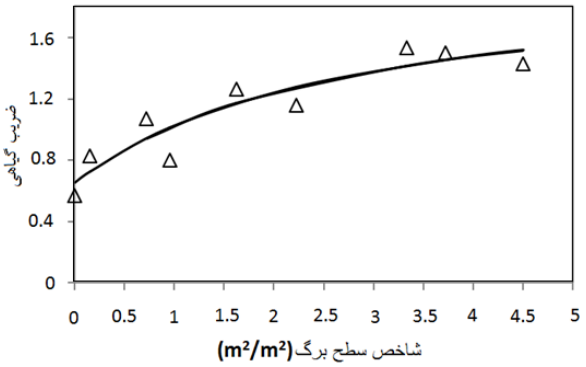
شکل ۷- رابطه ضریب گیاهی کلزا با روزهای پس از کاشت (الف) و تابش جذب شده و اصلاح شده با دما (ب)

رابطه بین ضریب گیاهی با شاخص سطح برگ بصورت زیر تعیین گردید:

$$k_c = \frac{1.78+2.04\mathrm{LAI}}{\mathrm{LAI}+2.71} \qquad R^2 = 0.86$$

[10]

مقدار ضریب همبستگی ضریب گیاهی با *LAI* بیشتر از مقدار همبستگی آن با *DAP* و *ABRS* بدست آمد. با توجه به مراحل رشد سه گانه گیاه مشخص شد که ضریب گیاهی دوره میانی رشد (۱/۴۵) از شاخص سطح برگ ۲/۷ شروع و تا حصول شاخص حداکثر (۴/۵) ادامه می‌یابد. حداکثر ضریب گیاهی کلزا در این پژوهش ۱/۵۳ در ۸۰ روز پس از کاشت و در شاخص سطح برگ ۳/۳۳ بدست آمد.



شکل ۸- رابطه بین ضریب گیاهی و شاخص سطح برگ

نتیجه گیری کلی

مقادیر فصلی تبخیر- تعرق لایسیمتری کلزا در منطقه مورد مطالعه برابر ۵۸۳/۶ میلی‌متر اندازه‌گیری شد، که از تبخیر- تعرق پتانسیل حاصل شده از روش فائو پنمن مانتیث با اعمال ضرایب گیاهی توصیه شده در نشریه فائو ۵۶، ۲۳/۳۶ درصد بیشتر بود. مقدار حاصل شده با مقادیر گزارش شده توسط موناز و فرناندز (۱۹۷۹) در اسپانیا، شعبانی و همکاران (۱۳۸۸) در شیراز و فرجنیا (۱۳۸۱) در آذربایجان شرقی همخوانی دارد. حداکثر شدت تبخیر- تعرق ۱۰/۴۹ میلی-متر بر روز در طول فصل رشد کلزا بدست آمد. حداکثر شدت تبخیر- تعرق حاصل شده در این تحقیق ۳/۲۱ میلی‌متر بر روز بیشتر از مقدار گزارش شده توسط مرادی دالینی و نیشابوری (۱۳۸۴) می‌باشد. آنها حداکثر شدت تبخیر-تعرق کلزا را در منطقه حاجی آباد

www.SID.ir

Archive of SID

هرمزگان برابر ۷/۲۸ میلی‌متر در روز تعیین نمودند. دلیل این امر می‌تواند وقوع پدیده فرارفت گرمایی در منطقه مورد مطالعه باشد. مجنونی هریس و همکاران (۱۳۹۲) و صدرالدینی و همکاران (۲۰۱۳) اثر فرارفت در منطقه را بر روی نیاز آبی کلزا ۳۳ درصد گزارش کرده‌اند. بر اساس توصیه نشریه فائو۵۶ و با در نظر گرفتن درصد پوشش سطح زمین و تغییرات شاخص سطح برگ در طول روزهای مختلف پس از کاشت، دوره رشد ابتدایی، توسعه، میانی و پایانی کلزای بهاره در منطقه به‌ترتیب برابر ۲۵، ۳۵، ۲۰ و ۲۰ روز تعیین شد. همچنین متوسط ضریب گیاهی برای مراحل اولیه، میانی و پایانی رشد به‌ترتیب برابر ۰/۷۲، ۱/۴۵ و ۰/۶۶ حاصل گردید. مقادیر بدست آمده ضریب گیاهی متفاوت از مقادیر نظیر گزارش شده در نشریه فائو ۵۶ برای گیاهان روغنی و کلزا می‌باشد. ضریب گیاهی حاصله برای مرحله میانی کلزا ۲۶ درصد از مقدار توصیه شده نشریه فائو ۵۶ بیشتر است. مقدار ضریب گیاهی مرحله پایانی رشد نیز ۱/۸۸ برابر مقدار توصیه شده در نشریه فائو ۵۶ تعیین شد. حداکثر ضریب گیاهی کلزا در این پژوهش برابر۱/۵۳ در شاخص سطح برگ ۳/۳۳ بدست آمد. نتایج این بخش از تحقیق با نتایج گزارش شده برای برخی گیاهان دیگر مطابقت دارد. حداکثر ضریب گیاهی برای گندم در شاخص سطح برگ ۳ (باندیوپادهیا و مالیک ۲۰۰۳) و برای گیاه سیر از شاخص سطح برگ ۲/۵ به بالا (ویلا لوبوس و همکاران ۲۰۰۴) گزارش شده است. روند تغییرات ارتفاع گیاه، درصد پوشش سطح زمین و شاخص سطح برگ در طول فصل رشد کلزا بررسی و رابطه بین ارتفاع گیاه، درصد پوشش سطح زمین و شاخص سطح برگ مشخص شد. رابطه ضریب گیاهی بر اساس *DAP*، *GDD*، *ABRS* و *LAI* ارائه شد. نتایج نشان داد که ضریب گیاهی با شاخص سطح برگ دارای ضریب همبستگی بیشتری نسبت به بقیه بود.

منابع مورد استفاده

شعبانی ع، کامگار حقیقی ع‌ا، سپاسخواه ع‌ر، امام ی و هنر ت، ۱۳۸۸. اثر تنش آبی بر ویژگیهای گیاه کلزا (*Brasica napus*). نشریه علوم آب و خاک دانشگاه صنعتی اصفهان. جلد ۱۳، شماره ۴۹، صفحه‌های ۳۱ تا ۴۲.

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

مالک ا و سپاسخواه ع‌ر، ۱۳۶۰. بررسی ادوکسیون در منطقه باجگاه. مجله علوم کشاورزی ایران. شماره ۱۲، صفحه‌های ۲۹ تا ۴۱.

مجنونی هریس ا، صدرالدینی ع‌ا، ناظمی ا‌ح، شکیبا م‌ر و نیشابوری م‌ر، ۱۳۹۲. تأثیر فرارفت بر توازن انرژی در فرایند تبخیر- تعرق گیاه کلزا در منطقه تبریز. دانش آب و خاک، جلد ۲۳، شماره ۱، صفحه های ۲۳۶-۲۲۳.

مرادی دالینی ا و نیشابوری م‌ر، ۱۳۸۴. تعیین نیازآبی گیاه کلزا با استفاده از لایسیمتر در منطقه حاجی آباد هرمزگان. نهمین کنگره علوم خاک ایران. شهریور ماه، تهران.

نیازی ج و فولادمند ح‌ر، ۱۳۸۵. دور و نیاز آبیاری سه رقم کلزا در منطقه زرقان استان فارس. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. جلد ۱۰، شماره ۳، صفحه‌های ۷۱ تا ۸۱.

وفابخش ج، نصیری محلاتی م و کوچکی ع، ۱۳۸۷. اثر تنش خشکی بر عملکرد و کارآیی مصرف نوردر ارقام کلزا. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. جلد ۶، شماره ۱، صفحه‌های ۱۹۳ تا ۲۰۳.

Allen RG and Pruitt WO, 1989. Rational use of the FAO Blaney-Criddle formula. Journal of Irrigation and Drainage Engineering 112(2): 139-155.

Allen RG, Pereria LS, Raes D, and Smith M, 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper, No, 56. Rome, Italy.

Anderson RL, Tanaka DL and Merrill SD, 2003. Yield and water use of broadleaf crops in a semiarid climate. Agricultural Water Management 58: 255-266.

www.SID.ir

Archive of SID

Azizi-Zohan A, Kamgar-Haghighi AA and Sepaskhah AR, 2008. Crop and pan coefficients for saffron in a semi-arid region of Iran. Journal of Arid Environment 72: 270–278.

Bandyopadhyay PK and Mallick S, 2003. Actual evapotranspiration and crop coefficients of wheat (Triticum aestivum) under varying moisture levels of humid tropical canal command area. Agricultural Water Management 59: 33–47.

Chen YM, Guo GS, Wang GX, and Kang SL, 1995. Water Requirement and Irrigation for Main Crops in China. China Water Resources and Hydro-Power Press, Beijing.

De Medeiros GA, Arruda F, Sakai E and Fujiwara M, 2001. The influence of crop canopy on evapotranspiration and crop coefficient of beans (Phaseolus vulgaris L.). Agricultural Water Management 49: 211–224.

Doorenbos J and Kassam AH, 1979. Yield Response to Water. FAO Irrigation and Drainage, Paper No 33. Rome, Italy.

Doorenbos J and Pruitt WO, 1977. Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No 24. Rome, Italy.

Doorenbos J and Pruitt WO, 1975. Guidelines for Predicting Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage Paper No. 24, FAO, United Nations, Rome, Italy.

Gao Y, Duan A, Sun J, Li F, Liu Z, Liu H and Liu Z, 2009. Crop coefficient and water-use efficiency of winter wheat/spring maize strip intercropping. Field Crops Research 111: 65–73.

Howell TA, Steiner JL, Schneider AD, Evett SR, and Tolk JA, 1997. Seasonal and maximum daily evapotranspiration of irrigated winter wheat, sorghum, and corn- southern high plains. Transactions of ASAE 40(3):623-634.

Howell TA, Schneider AD, Dusek DA, Marek TH and Steiner JL, 1995. Calibration and scale performance of Bushland weighing lysimeters. Transaction of the ASAE 38 (4):1019–1024.

Jensen ME, 1968. Water Consumption by Agricultural Plants, pp. 1–22. In: Kozlowski, TT (Ed), Water Deficits and Plant Growth, vol. II. Academic Press, Inc, New York, NY.

Kang S, Gu B, Du T and Zhang J, 2003. Crop coefficient and ratio of transpiration to eapotranspiration of winter wheat and maize in a semi-humid region. Agricultural Water Management 59: 239-254.

Kang SZ, He ZZ and Zhang X, 1992. Crop Water Requirement and Irrigation Scheduling in Shaauxi Province. China Water Resources and Hydro-Power press, Beijing.

Kar G, Kumar A and Martha M, 2007. Water use efficiency and crop coefficients of dry season oilseed crops. Agricultural Water Management 87: 73– 82.

Kemanian AR, Stockle CO and Huggins DR, 2004. Variability of barley radiation-use efficiency. Crop Sciences 44:1662–1672.

Ko J, Piccinni G, Marek T and Howell T, 2009. Determination of growth-stage-specific crop coefficients (Kc) of cotton and wheat. Agricultural Water Management 96:1691–1697.

Liu U and Luo Y, 2010. A consolidated evaluation of the FAO-56 dual crop coefficient approach using the lysimeter data in the North China Plain. Agricultural Water Management 97:31–40.

Morrison MJ, Mc Vetty PBE and Shaykewich CF, 1989. The determination and verification of a baseline temperature for the growth of Westar summer rape. Canadian Journal of Plant Science 69:455-464.

Monsi M and Saeki T, 2005. On the factor light in plant communities and its importance for matter production. Annals of Botany 95: 549-567

Munoz FI and JLM Fernandez, 1979. Effect of different levels of irrigation on the yield of a crop of rapeseed (B. napus, 2., var. Midas) in South-East Spain. Pp. 254-256. Proceed. 5th Inter Rapeseed Conference. Malmo, Sweden.

Piccinni G, Ko J, Marek T and Howell T, 2009. Determination of growth-stage-specific crop coefficients (KC) of maize and sorghum. Agricultural Water Management 96:1698–1704.

Pruitt WO and Doorenbos J, 1977. Background and development of methods to predict reference crop evapotranspiration (ETO), 108–119. In Irrigation and Drainage paper No 24, 2nd ed, FAO, Rome, Italy.

Sadraddini AA, Nazemi AH and Majnooni-Heris A, 2013. Quantifying the effects of advection phenomenon on canola evapotranspiration in east azarbaijan region, Iran. The journal of Ege University. Special issue. 121-129.

Sahin U, Kuslu Y, Tunc T and Kiziloglu FM, 2009. Determining crop and pan coefficients for cauliflower and red Cabbage crops under cool season semiarid climatic conditions. Agricultural Sciences in China 8(2):167-171.

Thornley JHM, 1998. Grassland Dynamics: An Ecosystem Simulation Model. CAB International, Cambridge, UK.

Thornthwate CW, 1948. An approach towards a rational classification of climate. Geographical Review 38: 55–94.

Tyagi NK, Sharma DK and Luthra SK, 2000. Determination of evapotranspiration and crop coefficients of rice and sunflower with lysimeter. Agricultural Water Management 45: 41-54.

Villalobos FJ, Testi L, Rizzalli R and Orgaza F, 2004. Evapotranspiration and crop coefficients of irrigated garlic (Allium sativum L.) in a semi-arid climate. Agricultural Water Management 64: 233–249.

Watson I and Burnett AD, 1995. Hydrology: An Environmental Approach. CRC Press, Boca Raton, FL.

Williams LE and Ayars JE, 2005. Grapevine water use and the crop coefficient are linear functions of the shaded area measured beneath the canopy. Agriculture and Forest Meteorology 132: 201–211.

www.SID.ir