

تعیین ضریب گیاهی ذرت و لوبیا در شرایط کشت مخلوط جهت افزایش دقت برنامه‌ریزی آبیاری

داود زارع حقی^{1*}، محمدرضا نیشابوری²، ابوالفضل مجنونی هریس³، زینب جلیلیان⁴

تاریخ دریافت: 94/12/19 تاریخ پذیرش: 94/10/13

¹ - استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه تبریز

² - استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه تبریز

³ - استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه تبریز

⁴ - دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه تبریز

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Davoudhaghi@tabrizu.ac.ir

چکیده

تعیین تبخیر- تعرق گیاهان از جمله مهم‌ترین عوامل مؤثر در ارتقاء سطح بهره‌برداری از منابع آب در کشاورزی است. این عامل بیانگر تخلیه بالقوه از سطح خاک مرطوب و پوشش گیاهی بوده و از این رو مطالعه آن حائز اهمیت است. این پژوهش به منظور اندازه‌گیری و برآورد تبخیر- تعرق بالقوه و ضریب گیاهی کشت مخلوط ذرت علوفه‌ای رقم سینگل کراس 704 (*Zea mays L.*) و لوبیاچیتی رقم تلاش (*Vicia faba L.*) با استفاده از لایسیمتر زهکش‌دار واقع در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تبریز صورت گرفته است. مقدار تبخیر- تعرق بالقوه کشت مخلوط 969/37 میلی‌متر در طول فصل رشد به دست آمد. در این تحقیق مقدار تبخیر- تعرق مرجع با استفاده از معادله فائو-پنمن-مانتیث، برابر 955/77 میلی‌متر در منطقه تعیین گردید. طول دوره‌های رشد کشت مخلوط شامل دوره‌های اولیه، توسعه، میانی و پایانی رشد به ترتیب برابر 18، 37، 41 و 17 روز و میزان درجه روز رشد نیز برای مراحل مختلف رشد 179، 567، 678 و 227 روز تعیین شد. ضریب گیاهی برای مرحله ابتدایی، میانی و انتهای رشد به ترتیب 0/67، 1/17 و 1/09 به دست آمد. با توجه به نبود ضریب گیاهی برای حالت کشت مخلوط استفاده از این ضرایب برای برنامه‌ریزی آبیاری این نوع کشت توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: تبخیر- تعرق، ذرت، ضریب گیاهی، کشت مخلوط، لوبیا

Determining Crop Coefficient of Corn and Bean in Intercropping in Order to Increase the Precision of Irrigation Planning

D Zarehaghi^{*1}, MR Neyshabouri², A Majnooni-Heris³, Z Jalilian⁴

Received: 10 March 2015 Accepted: 3 January 2016

¹- Assist. Prof., Dept. of Soil Science, University of Tabriz, Tabriz, Iran

²- Prof., Dept. of Soil Science, University of Tabriz, Tabriz, Iran

³- Assist. Prof., Dept. of Water Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran

⁴- M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science, University of Tabriz, Tabriz, Iran

*Corresponding Author, Email: Davoudhaghi@tabrizu.ac.ir

Abstract

Determination of plants evapotranspiration is one of the most important factors in promoting the utilization of water resources in agriculture. This factor is indicative of the potential depletion rate from wet soil surface and vegetation; hence, it is important to be studied. This research has been done to measure and estimate potential evapotranspiration, and single crop coefficients based on intercropping of forage maize single cross 704 (*Zea mays* L.) cultivar and bean effort (*Vicia faba* L.) cultivar, using the drainage Lysimeter, located in the research farm of the University of Tabriz. The potential evapotranspiration of intercropping was obtained, 967.37 mm during the growing season. In this research reference evapotranspiration was determined, 955.77 mm using FAO-Penman-Monteith equation for the studied area. Length of intercropping growth periods in initial, development and final stages, were determined equal to 18, 37, 41 and 17 days, respectively. Also the amount of growing degree days at the same stages were 179, 567 and 227, respectively. Single crop coefficient was obtained, for initial, middle and final growth stages equal to 0.67, 1.17 and 1.09 respectively. Due to lack of crop coefficients for the case of intercropping, using the obtained coefficients are recommended for this type of crop irrigation scheduling.

Keywords: Bean, Crop Coefficient, Evapotranspiration, Intercropping, Maize

مقدمه

مخلوط، منابع کشاورزی، زمین، عناصر غذایی، آب و منابع انرژی به‌طور کارآمدتری در بعد زمان و مکان بکار گرفته می‌شود (ردریگو و همکاران 2001). مطالعات زیادی بهره‌وری بیشتر از تابش خورشیدی (آول و همکاران 2006)، کارایی بیشتر مصرف عناصر غذایی (رو و همکاران 2005)، کارایی بیشتر مصرف آب (والکر و آکیندو 2003) را در اثر به‌کارگیری کشت مخلوط نشان داده‌اند. در مقایسه با سیستم تک‌کشتی، عملکرد بالاتری در بسیاری از سیستم‌های کشت

کشاورزی پایدار تلفیقی از دانش مدیریتی است که می‌تواند در بلندمدت از نظر بیولوژیک، زیست‌محیطی و اقتصادی ارزش‌افزوده مطلوبی به‌همراه داشته باشد. یکی از راهکارهای حرکت به‌سمت کشاورزی پایدار، به‌کارگیری مخلوطی از گیاهان و ارقام مختلف در زراعت هست (آنیل و همکاران 2000).

کشت مخلوط (کشت دو یا چند محصول به‌همراه هم در یک مزرعه به‌طور هم‌زمان) مدیریت ویژه‌ای جهت تولید محصول محسوب می‌گردد به‌طوری‌که در کشت

آلن و همکاران (1998) در نشریه شماره 56 فائو ضرایب گیاهی را برای برخی از گیاهان در سیستم تککشتی ارائه نموده‌اند. K_c در قالب ضریبی منفرد منعکس‌کننده اثرات توأم میزان پوشش خاک به وسیله گیاه، نوع گیاه و وضعیت رطوبتی خاک روی ET_c است (ریزالی و همکاران 2002). تحقیقات زیادی در مناطق مختلف جهان با استفاده از لایسیمتر جهت تعیین نیاز آبی و ضریب گیاهی ذرت و لوبیا به صورت تککشتی انجام گرفته است. قیصری و همکاران (1385) در پژوهشی با هدف اندازه‌گیری نیاز آبی و ضریب گیاهی ذرت علوفه‌ای در منطقه ورامین گزارش دادند که مقادیر ضریب گیاهی برای مراحل مختلف رشد اولیه، توسعه، میانی و پایانی به ترتیب برابر $0/45$ ، $9/13$ و $0/7$ حاصل شده است. در تحقیقی که توسط جرسون و همکاران (2001) در سائوپولوی برزیل روی تأثیر پوشش گیاهی بر ET_c و K_c لوبیا انجام گرفت مشخص گردید که شاخص سطح برگ روی ضریب گیاهی و میزان تبخیر-تعرق مؤثرند. بنابراین برای واریته‌های مختلف یک گیاه که دارای شاخص سطح برگ متفاوتی هستند نمی‌توان ضریب گیاهی یکسانی توصیه کرد. مقدار K_c برای لوبیا در مرحله اول رشد $0/3$ تا $0/4$ ، مرحله توسعه $0/65$ تا $0/75$ ، مرحله میانی $0/95$ تا $1/05$ و موقع برداشت $0/85$ تا $0/90$ توسط ناصری و پور عباس (1384) تعیین گردید.

آلبرتو و همکاران (2014) به منظور به دست آوردن مقدار تبخیر-تعرق واقعی و ضریب گیاهی ذرت آزمایشاتی طی سال‌های 2011 و 2012 در فیلیپین انجام دادند. مقدار تبخیر-تعرق ذرت برای سال‌های 2011 و 2012 برابر 484 و 453 میلی‌متر و متوسط ضریب گیاهی برای این دو سال در مراحل مختلف رشد به ترتیب $0/75-0/6$ ، $0/99-0/79$ ، $1/21-1/03$ و $0/95-0/7$ حاصل گردید. آزمایشی در چین جهت اندازه‌گیری ضریب گیاهی و کارآیی مصرف آب در کشت مخلوط ذرت بهاره و گندم زمستانه صورت گرفت. ضریب

مخلوط شامل ذرت-لوبیا (تسوبو و والکر 2002)، گندم- نخود (ماندل و همکاران 1996)، ذرت-بادام‌زمینی (آول و همکاران 2006) و گندم-پنبه (ژانگ و همکاران 2007) گزارش گردیده است.

بخش زیادی از وسعت کشور ایران در اقلیم خشک و نیمه‌خشک واقع شده است. لذا آگاهی در زمینه روابط بین پارامترهای اقلیمی و تبخیر-تعرق کمک زیادی به متخصصان در زمینه مدیریت منابع آب منطقه به صورت فعالیت‌های آبخیزداری و عملیات کشاورزی می‌کند (آلن و همکاران 2002). تبخیر-تعرق گیاه فاکتور اصلی در تدوین برنامه آبیاری است. تبخیر-تعرق را می‌توان با اندازه‌گیری پیوسته تغییرات آب خاک با استفاده از لایسیمتر تعیین یا بر اساس تبخیر-تعرق مرجع و استفاده از ضریب گیاهی برآورد نمود. ضریب گیاهی (K_c) پارامتر خیلی مهمی جهت ارزیابی تبخیر-تعرق گیاه (آلن و همکاران 1998) بوده و به صورت نسبت تبخیر-تعرق واقعی گیاه (ET_c) به تبخیر-تعرق مرجع (ET_0) تعریف می‌گردد (دورنباس و کاسم 1979). تاکنون بیش از 50 روش تخمین ET_0 در قالب روش‌های ترکیبی، آنرودینامیک و تجربی ارائه شده است، که اغلب با توجه به داده‌های هواشناسی نتایج متفاوتی دارند (گریسمر و همکاران 2002). دهقانی سانچ و همکاران (2004) مدل پنمن مانیتث و پنمن را به ترتیب برای یک نمونه اقلیمی نیمه‌خشک در ایران و اقلیم مرطوب در ژاپن بر مبنای مقادیر لایسیمتری معرفی کردند. در عین حال محققان زیادی روش پنمن مانیتث را به دلیل جامع بودن آن، به عنوان روشی مناسب در بیشتر مناطق دنیا پیشنهاد داده‌اند که حاصل آن در مطالعات سان و سونگ (2008)، رحیمی خوب (2008) و گانگ و همکاران (2006) منتشر شده است. مقدار ضریب گیاهی به عواملی مانند نوع گیاه، مرحله رشد، وضعیت رطوبتی خاک و شرایط آب و هوایی محل بستگی دارد و در طول دوره رشد تغییر می‌کند (آلن و همکاران 1998). دورنباس و پروت (1977) و

دوره‌های سه و چهار روزه توسط دستگاه نوترون‌متر انجام گرفت. معادله مربوط به دستگاه نوترون‌متر برای خاک مورد مطالعه به صورت رابطه زیر واسنجی گردید:

$$\theta_m = 0.1376CR + 0.045 \quad [1]$$

که در آن θ_m درصد وزنی رطوبت خاک در هر لایه و CR نسبت میانگین قرائت در هر لایه به میانگین قرائت استاندارد می‌باشد. در طول انجام آزمایش رطوبت خاک در حدی نگهداشته شد تا تنش به گیاه وارد نشود و در نهایت تبخیر- تعرق بالقوه گیاه با استفاده از بیلان آب خاک در دوره‌های سه و چهار روزه از طریق معادله زیر محاسبه شد:

$$ET_c = I + P - D \pm \Delta S \quad [2]$$

در آن ET_c تبخیر- تعرق گیاهی، I ارتفاع آب آبیاری، D ارتفاع آب زهکشی شده و ΔS تغییرات آب ذخیره‌ای خاک داخل لایسیمتر و همگی بر حسب میلی‌متر، می‌باشد. همچنین تبخیر-تعرق مرجع با استفاده از رابطه فائو پنمن-مانتیت محاسبه گردید. روش فائو-پنمن مانیتیت جزء مدل‌های ترکیبی بوده و از دو بخش آئروپودینامیکی و توازن انرژی تشکیل شده است (آلن و همکاران 1998):

$$ET_0 = \frac{0.480 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{680}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 U_2)} \quad [3]$$

در رابطه فوق G شار گرمای خاک ($MJ m^{-2} day^{-1}$)، T میانگین دمای روزانه در ارتفاع دو متری (e_s ، e_a) فشار بخار اشباع (KPa)، e_a فشار بخار واقعی (KPa)، Δ شیب منحنی فشار بخار ($Kpa \ ^\circ C^{-1}$)، γ ضریب ثابت سایکرومتری ($Kpa \ ^\circ C^{-1}$)، R_n تابش خالص خورشیدی ($MJ m^{-2} day^{-1}$) است. ET_0 تبخیر- تعرق مرجع بر حسب میلی‌متر بر روز و U_2 سرعت باد در ارتفاع 2 متری سطح زمین ($m s^{-1}$) می‌باشد.

برای محاسبه ضریب گیاهی (K_c) از نسبت بین تبخیر- تعرق واقعی گیاه به تبخیر- تعرق مرجع ($\frac{ET_c}{ET_0}$) استفاده گردید (مالک و عالمی 1365). برای تعیین درصد پوشش سطح زمین ($\%GC$) در روزهای مختلف پس از

گیاهی برای تک کشتی این محصولات در مراحل مختلف رشد گندم (0/26-0/36، 1/09-1/15 و 0/27-0/41) و برای ذرت بهاره (0/36-0/37، 1/18-1/19 و 0/22-0/28) برای مرحله ابتدایی، میانی و پایانی حاصل گردید. در کشت مخلوط آنها مقدار K_c در مرحله ابتدایی و میانی رشد گندم به ترتیب 0/31-0/35 و 1/14-1/23 و در مرحله‌ای که رشد این دو گیاه با هم همراه بود 0/65-0/7 و در مراحل میانی و پایانی رشد ذرت به- ترتیب 1/24-1/25 و 0/21-0/27 اندازه‌گیری گردید (گائو و همکاران 2009).

با توجه به مزایای کشت مخلوط و گسترش این نوع کشت در کشور، هدف از این تحقیق تعیین مقدار تبخیر- تعرق و ضرایب گیاهی جهت استفاده در برنامه‌ریزی آبیاری برای شرایط کشت مخلوط ذرت با لوبیا می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال 1392 در منطقه کرکج تبریز با عرض و طول جغرافیایی به ترتیب برابر $38^\circ 3'$ شمالی و $46^\circ 37'$ شرقی و ارتفاع از سطح دریای آزاد 1567/3 متر با استفاده از لایسیمتر زهکش‌دار انجام شد. خاک ایستگاه دارای بافت لومی شنی بوده و مقادیر رطوبت در حد ظرفیت مزرعه‌ای و چگالی ظاهری خاک آن به- ترتیب برابر $0/28 (m^3 m^{-3})$ و $1/58 (g cm^{-3})$ می‌باشد. در این مطالعه ذرت و لوبیا در داخل جویچه‌هایی به فاصله 50 سانتی‌متر کشت شدند. فاصله بوته‌ها برای ذرت علوفه‌ای (رقم سینگل کراس 704) و لوبیا چیتی (رقم تلاش) به ترتیب برابر 20 و 10 سانتی‌متر در نظر گرفته شد. تبخیر از سطح خاک با استفاده از میکرو لایسیمتر وزنی نصب شده در داخل جویچه‌ها اندازه‌گیری گردید. اطلاعات هواشناسی مورد نیاز از طریق ایستگاه هواشناسی خلعت پوشان واقع در محدوده ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز تهیه شد. اندازه‌گیری تغییرات رطوبتی خاک تا عمق 1/5 متری در

(1391) برای تبخیر و تعرق گیاه ذرت به ترتیب برابر 546 و 243 میلی‌متر بود که نسبت به مقادیر این تحقیق، تعرق 21/94 درصد و تبخیر 9/94 درصد کمتر می‌باشد. در تحقیقی دیگر توسط شاهرخ‌نیا و سپاس‌خواه (2013) که به منظور تعیین ضرایب گیاهی در کشت ذرت انجام شد، میزان تبخیر- تعرق و تبخیر برای کل فصل رشد به ترتیب برابر 900 و 275 میلی‌متر به دست آمد که 29/8 درصد از تبخیر-تعرق ذرت به تبخیر از خاک اختصاص داشت. در کشت مخلوط به خاطر افزایش در آبیاری میزان تبخیر نسبت به تک کشتی افزایش یافته ولی این افزایش به علت پوشش بیشتر زمین در کشت مخلوط اندک می‌باشد. در شکل 1 مقادیر شدت تعرق، تبخیر از سطح خاک، تبخیر- تعرق لایسیمیتری و مرجع در طول فصل رشد آورده شده است. بیشینه شدت تبخیر- تعرق کشت مخلوط در روز 58 پس از کاشت، برابر 11/73 میلی‌متر بر روز به دست آمد. همان‌طور که در شکل 1 ملاحظه می‌شود در اوایل به دلیل نبود گیاه مقادیر تعرق صفر بوده و رفته رفته با گسترش سطح برگ گیاه به بیشینه مقدار خود رسید و دوباره با سپری شدن فصل رشد و در دوره انتهایی میزان تعرق کمتر گردید. همچنین مقادیر ذخیره رطوبتی خاک، بارش، آب آبیاری و آب زهکشی شده در طول فصل رشد به ترتیب برابر 42/37، 14/2، 918/9 و 6/1 میلی-متر در لایسیمتر تعیین شدند. مقادیر تجمعی تعرق، تبخیر، تبخیر-تعرق واقعی و مرجع کشت مخلوط در شکل 2 ارائه شده است. با توجه به بررسی داده‌های هواشناسی مشاهده گردید که در زمان وقوع بیشینه شدت تبخیر- تعرق، دما دارای بیشترین مقدار (28/9 درجه سلسیوس) در آن روز نسبت به سایر روزها بوده و باد و درصد رطوبت نسبی نیز به ترتیب برابر 2/85 متر بر ثانیه و 29 درصد در آن روز بوده که به افزایش تبخیر-تعرق کمک نموده‌اند.

کاشت (DAP)¹ با استفاده از دستگاه دوربین دیجیتالی از یک سطح مشخصی عکس‌برداری و با تحلیل عکس-های تهیه شده در روزهای مختلف پس از کاشت درصد پوشش سطح زمین محاسبه گردید. تغییرات K_c را می‌توان به صورت تابعی از روز پس از کاشت (DAP) یا روز از سال (رایت 1982) و درجه روز رشد² (GDD) (سامیس و همکاران 1985) ارائه کرد. درجه روز رشد (GDD) برابر با مجموع اختلاف میانگین دمای کمینه و بیشینه از دمای مبنا می‌باشد (دمای مبنا برای ذرت 10 درجه سلسیوس است). رابطه بین روزهای مختلف پس از کاشت، درجه روز رشد و ضریب گیاهی به صورت زیر برای کشت مخلوط در منطقه در نظر گرفته شد:

$$y = AX^2 + BX + C + D \quad [4]$$

که در آن X متغیر مستقل بوده و می‌تواند روزهای پس از کاشت (DAP) و یا درجه روز رشد (GDD) باشد. مقادیر A, B, C و D ضرایب ثابت معادله برای منطقه مورد مطالعه می‌باشند.

نتایج و بحث

تبخیر-تعرق لایسیمیتری

مقادیر تغییرات تبخیر، تعرق و تبخیر- تعرق مرجع و واقعی گیاه در شرایط کشت مخلوط برای گیاهان ذرت و لوبیا در طول فصل رشد در جدول 1 آورده شده است. در این مطالعه مقدار تبخیر- تعرق لایسیمیتری گیاهان ذرت و لوبیا در شرایط کشت مخلوط برابر 969/37 میلی‌متر برای منطقه تبریز تعیین گردید. مقدار تبخیر-تعرق مرجع نیز با استفاده از رابطه فائو پنمن مانیتث برابر 955/77 میلی‌متر در طول فصل رشد برآورد شد. مقدار تعرق و تبخیر به صورت جداگانه در کل فصل رشد به ترتیب برابر 699/52 و 269/85 میلی‌متر حاصل شدند که تعرق 72/16 و تبخیر 27/84 درصد از ET_c را به خود اختصاص داده‌اند. مقادیر گزارش شده توسط مجنون‌هریس و همکاران

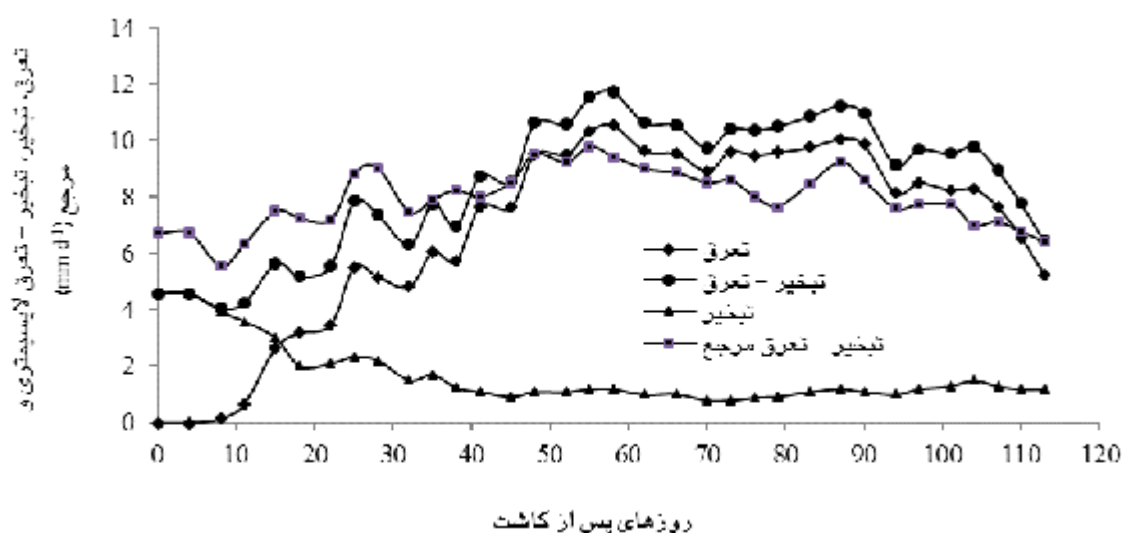
¹- Days after planting

²- Growing degree day

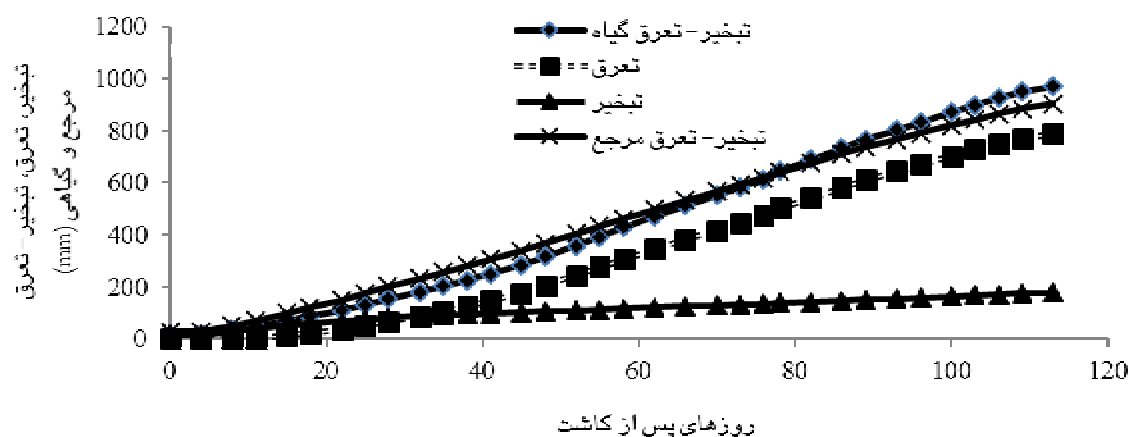
جدول 1- تغییرات تبخیر، تعرق و تبخیر- تعرق مرجع و واقعی کشت مخلوط در طول فصل رشد (mm).

ماه	تبخیر- تعرق کشت مخلوط	تبخیرکشت مخلوط	تبخیر- تعرق مرجع
خرداد*	153/62	101/75	213/43
تیر	316/60	74/81	313/18
مرداد	296/34	55/59	252/09
شهریور*	202/80	37/7	177/05
جمع کل	969/37	269/85	955/77

* از دوم خرداد تا 21 شهریور



شکل 1- تغییرات تبخیر- تعرق مرجع، تبخیر- تعرق واقعی، تبخیر درکشت مخلوط در طول فصل رشد.

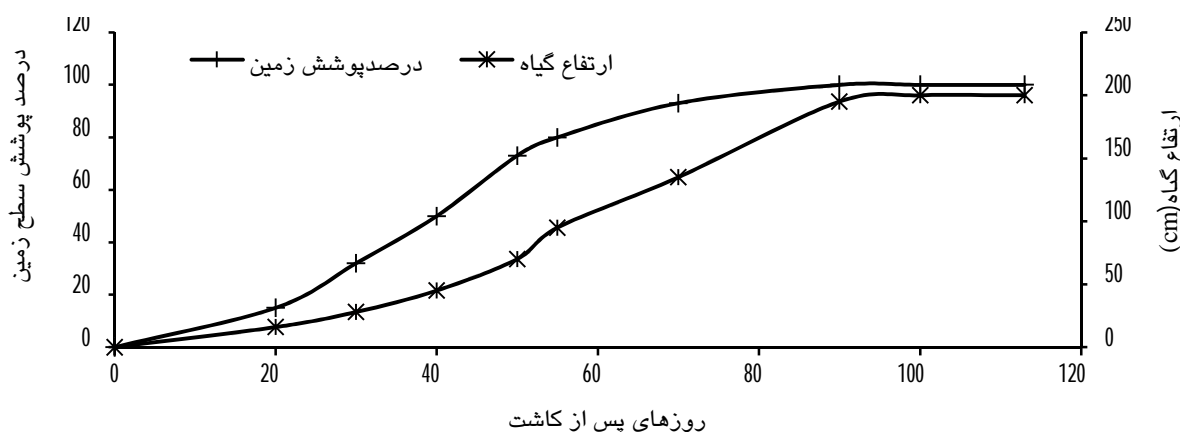


شکل 2- نمودار تجمعی تبخیر- تعرق مرجع، تبخیر- تعرق واقعی، تبخیر در شرایط کشت مخلوط.

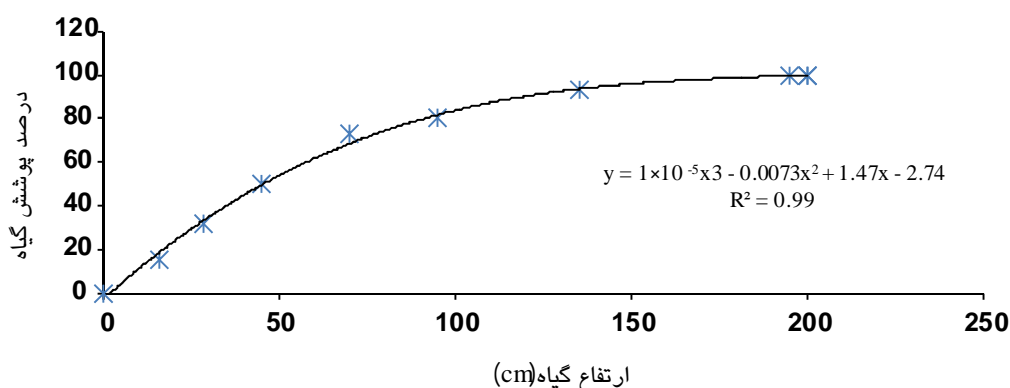
مراحل رشد و ضریب گیاهی

درصد پوشش زمین یک معادله درجه سوم برازش داده شد که در شکل 4 ارائه شده است. تغییرات ضریب گیاهی در طول فصل رشد نسبت به DAP و GDD در شکل‌های 5 و 6 ارائه شده‌اند. تغییرات ضریب گیاهی در طول فصل رشد در شکل 7 نشان می‌دهد که ابتدا روند این تغییرات افزایشی بوده و سپس از سرعت افزایش آن کم شده و با رسیدن گیاه به مرحله پایانی روند آن رو به کاهش است. مقدار ضریب گیاهی برای کشت مخلوط در ابتدای فصل رشد برابر 0/67، به دست آمد. در مرحله توسعه با گسترش گیاه، مقدار آن 0/91 و در مرحله میانی رشد، بیشینه مقدار ضریب گیاهی برابر 1/17 حاصل گردید. پس از آن منحنی سیر نزولی را طی کرده، که این روند تا زمان برداشت محصول 1/01 به دست آمد (جدول 2).

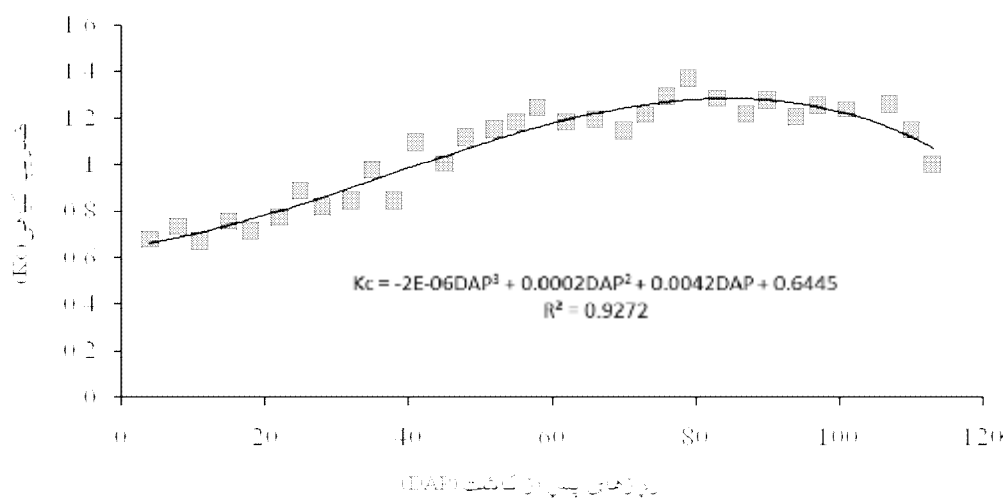
مرحله اولیه، توسعه، میانی، پایانی و تعیین ضرایب گیاهی طبق توصیه نشریه فائو 56 طول مدت مرحله اولیه رشد گیاهان زراعی از روز جوانه زنی تا 10 درصد پوشش سطح زمین، مرحله توسعه از 10 تا 80 درصد و طول مدت مرحله میانی رشد از 80 درصد پوشش تا شروع مرحله رسیدگی و طول مرحله انتهایی از شروع مرحله رسیدگی تا روز برداشت می‌باشد (آن و همکاران 1998). برای تعیین مراحل مختلف رشد از روش تعیین درصد پوشش سطح زمین استفاده شد. در شکل 3 مقادیر درصد پوشش سطح زمین توسط کشت مخلوط نشان داده شده است. مطابق با درصد پوشش سطح زمین و توصیه فائو، طول دوره‌های رشد ابتدایی، توسعه، میانی و نهایی به ترتیب برابر 18، 37، 41 و 17 روز در منطقه حاضر تعیین گردید. بین ارتفاع گیاه و



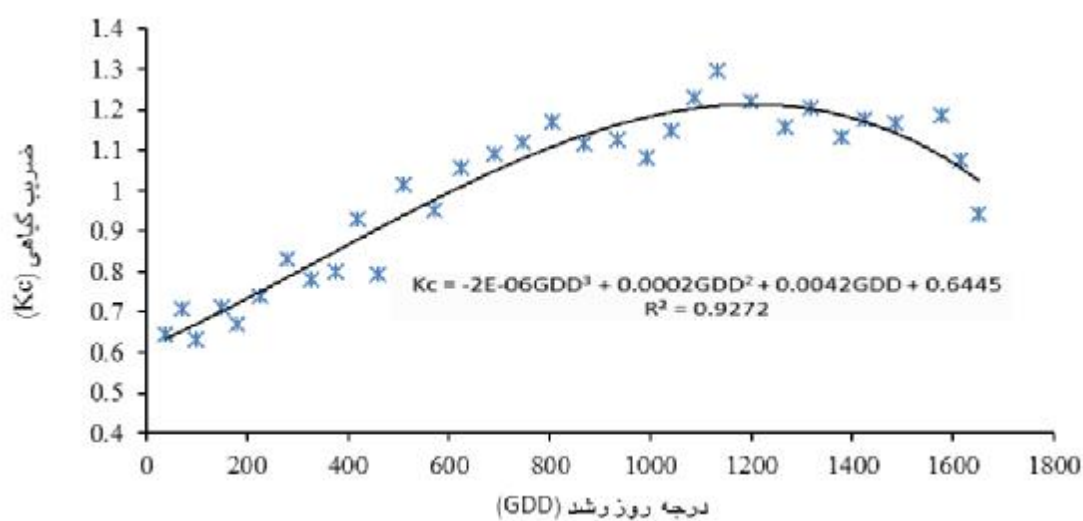
شکل 3- تغییرات ارتفاع گیاه و پوشش سطح زمین در طول دوره رشد.



شکل 4- تغییرات درصد پوشش سطح زمین نسبت به تغییرات ارتفاع گیاه در طول فصل رشد.



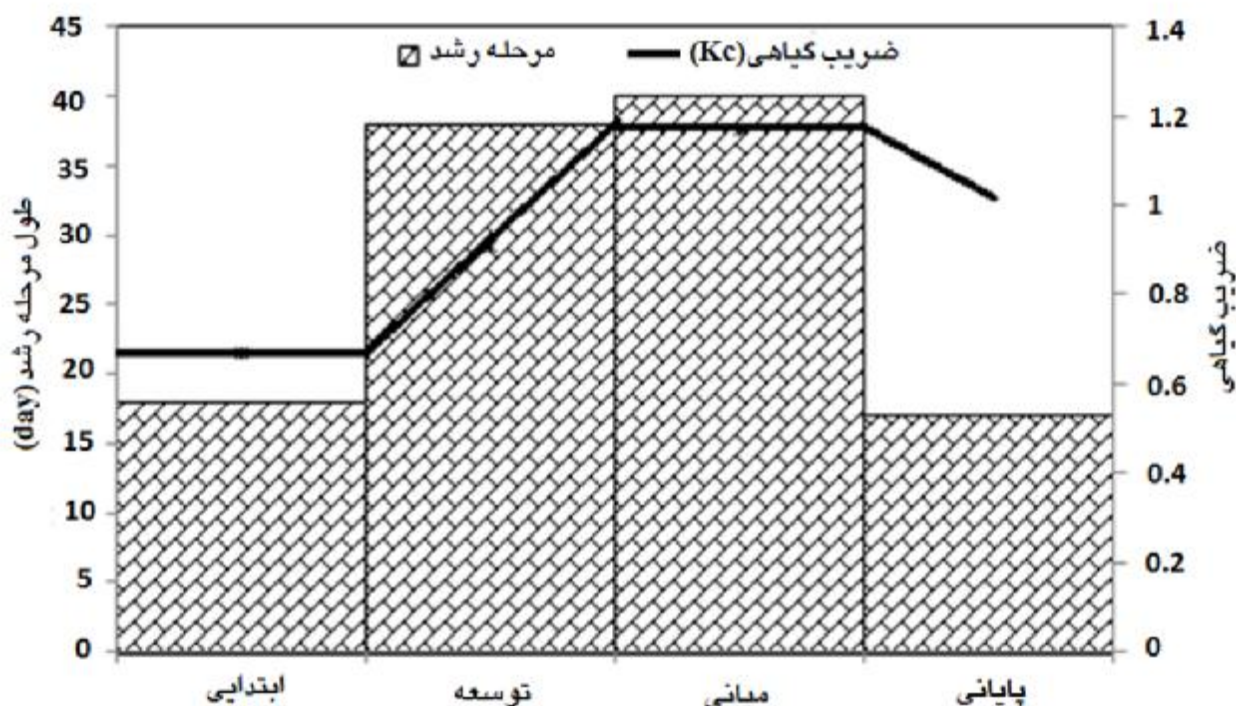
شکل 5- تغییرات ضریب گیاهی کشت مخلوط در طول فصل رشد.



شکل 6- تغییرات ضریب گیاهی کشت مخلوط نسبت به درجه روز رشد (GDD).

جدول 2- مراحل رشد و ضرایب گیاهی کشت مخلوط ذرت و لوبیا.

مرحله رشد				پارامتر
پایانی	میانی	توسعه	اولیه	
17	40	38	18	طول دوره (day)
1630	1375	745	180	طول دوره (روز درجه رشد)
1/01	1/17	0/91	0/67	ضریب گیاهی (Kc)



شکل 7- تغییرات طول مراحل رشد چهارگانه و ضرایب گیاهی مرتبط با آنها در شرایط کشت مخلوط.

شود. بنابراین اگرچه میزان تبخیر- تعرق کشت مخلوط نسبت به تککشتی افزایش نشان می‌دهد اما این مقدار برای تولید دو محصول بوده و در نتیجه در اثر کشت مخلوط در مصرف آب صرفه‌جویی شده است. طول مراحل رشد کشت مخلوط شامل مرحله اولیه، توسعه، میانی و پایانی بر اساس درصد پوشش سطح زمین به ترتیب برابر 18، 37، 41 و 17 روز به‌دست آمد. رابطه ضریب گیاهی بر اساس DAP و GDD نشان داد که ضریب گیاهی با درجه روز رشد همبستگی بیشتری نسبت به روزهای پس از کاشت دارد.

نتیجه‌گیری کلی

مقدار تبخیر- تعرق کشت مخلوط در این منطقه با استفاده از لایسیمتر برابر 969/37 میلی‌متر اندازه‌گیری شد. مقدار حاصل شده با مقادیر گزارش شده برای تک کشتی ذرت علوفه‌ای توسط اسدی (1381) در منطقه تبریز (828/55 میلی‌متر) و در تحقیق دیگری توسط قیصری و همکاران (1385) در منطقه ورامین (695 میلی‌متر) به ترتیب حدود 15 تا 30 درصد افزایش نشان می‌دهد. افزایش تبخیر- تعرق کشت مخلوط ذرت و لوبیا نسبت به تککشتی هرکدام از آنها به افزایش میزان تعرق و تعرق در کشت مخلوط نسبت داده می‌-

منابع مورد استفاده

اسدی، ا.، 1381. اندازه‌گیری میزان تبخیر و تعرق ذرت علوفه‌ای با استفاده از لایسیمتر و مقایسه با مدل‌های مختلف برآورد تبخیر و تعرق در منطقه کرکج تبریز. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.
قیصری م، میرلطیفی م، همایی م و اسدی م، 1385. تعیین نیاز آبی ذرت علوفه‌ای و ضریب گیاهی آن در مراحل مختلف رشد. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، جلد 7، شماره 26، صفحه‌های 125 تا 142.
مالک ا و عالمی مح، 1365. آب مصرفی گیاهان و آب مورد نیاز برای آبیاری. مرکز نشر دانشگاهی تهران.

- مجنونی هریس ا، ناظمی اح، صدرالدینی ع، زندپارسا ش و نیشابوری مر، 1391. ارزیابی مدل شبیه‌سازی رشد ذرت (MSM2) با استفاده از داده‌های لایسیمتری. نشریه دانش آب و خاک، جلد 2، شماره 22، صفحه‌های 55 تا 66.
- ناصری ا و پورعباس ف، 1384. واکنش عملکرد لوبیا به تنش کمبود آب. صفحه‌های 586 تا 589. مجموعه مقالات اولین همایش ملی حبوبات. پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد.
- Alberto MCR, Quilty JR, Burish RJ, Wassmann R, Haidar S, Correa Jr TQ and Sandro JM, 2014. Actual evapotranspiration and dual crop coefficients for dry-seeded rice and hybrid maize grown with overhead sprinkler irrigation. *Agricultural Water Management* 136: 1–12.
- Allen RG, Bastiaanssen WGM, Wright JL, Morse A, Tasumi M. and Trezza R, 2002. Evapotranspiration from Satellite Images for Water Management and Hydrologic Balances. Pp, 1-12. Proceedings of the 2002 ICID conference, Montreal, Canada.
- Allen RG, Pereira LS, Raes D. and Smith M, 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements FAO Irrigation and Drainage paper, No.56.FAO, Rome.
- Anil L, Park J and Philips RH, 2000. The potential of Forage- maize intercrops in ruminant nutrition. *Animal Feed Sciences and Technology* 85:157-167.
- Awal MA, Koshi H and Ikeda T, 2006. Radiation interception and use by maize/peanut intercrop canopy. *Agricultural and Forest Meteorology* 139: 74–83.
- Dehghani sanij H, Yamamoto T and Rasiah V, 2004. Assessment of evapotranspiration estimation models for use in semi-arid environments. *Agricultural Water Management* 64: 91-106.
- Doorenbos J and Kassam AH, 1979. Yield Response to Water. Irrigation and Drainage Paper, NO. 33. FAO, Rome.
- Doorenbos J and Pruitt WO, 1977. Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage Paper NO. 24, FAO, 144 p.
- Gao Y, Duan A, Li F, Liu Z, Liu H, Liu Z and Sun J, 2009. Crop coefficient and water-use efficiency of winter wheat/spring maize strip intercropping. *Field Crops Research* 111: 65–73.
- Gerson AM, Arruda FB, Sakai E and Fujiwar M, 2001. The influence of crop canopy on evapotranspiration and crop coefficient of beans (*Phaseolus Vulgaris* L.). *Agricultural Water Management* 49: 211-224.
- Gong L, Xu Yu CH, Chen D, Halldin S and Chen Y D, 2006. Sensitivity of the Penman–Monteith Reference Evapotranspiration to Key Climatic Variables in the Changing (Yangtze River) Basin. *Journal of Hydrology* 329: 620– 629.
- Grismer M ASCE, Orang M and Matyac S, 2002. Pan Evaporation to Evapotranspiration Conversion Methods. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 128 (3): 180-184.
- Mandal BK, Das D, Saha A and Mohasin M, 1996. Yield advantage of wheat (*Triticum aestivum*) and chickpea (*Cicer arietinum*) under different spatial arrangements in intercropping. *Indian Journal of Agronomy* 41 (1): 17–21.
- Rahimi Khoob A, 2008. Artificial Neural Network Estimation of Reference Evapotranspiration from pan Evaporation in a Semi-arid Environment. *Irrigation Science* 27: 35–39.
- Rizzalli RH, Villalobos FJ and Orgaz F, 2002. Radiation interception, radiation-use efficiency and dry matter partitioning in garlic (*Allium Sativum* L.). *European Journal of Agronomy* 18: 33-43.
- Rodrigo VHL, Stirling CM, Teklehaimanot Z and Nugawela A, 2001. Intercropping with banana to improve fractional interception and radiation-use efficiency of immature rubber plantations. *Field Crops Research* 69: 237–249.
- Rowe EC, Noordwijk MV, Suprayogo D and Cadisch G. 2005. Nitrogen use efficiency of monoculture and hedgerow intercropping in the humid tropics. *Plant and Soil* 268: 61–74.
- Sammis TW, Mapel CL, Lugg DG, Lanstord RR and Mc Gukin JT, 1985. Evapotranspiration crop coefficient predicted using growing degree-days. *Transactions of the ASCE* 28: 773-780.
- Shahrokhnia MH and Sepaskhah AR, 2013. Single and dual crop coefficients and crop evapotranspiration for wheat and maize in a semi-arid region. *Theoretical Applied Climatology* 114: 495–510.
- Sun L and Song Changchun, 2008. Evapotranspiration from a Freshwater Marsh in the Sanjiang Plain Northeast China. *Journal of Hydrology* 352: 202– 210.
- Tsubo M and Walker S, 2002. A model of radiation interception and use by a maize–bean intercrop canopy. *Agricultural and Forest Meteorology* 110: 203–215.
- Walker S and Ogindo HO, 2003. The water budget of rain fed maize and bean intercrop. *Physics and Chemistry of the Earth* 28: 919–926.
- Whright, JL. 1982. New evapotranspiration crop coefficient. *Journal of Irrigation and Drainage Division* 108: 57-74.
- Zhang L, Van Der Werf W, Zhang S, Li B and Spiertz JHJ, 2007. Growth, yield and quality of wheat and cotton in relay strip intercropping systems. *Field Crops Research* 103: 178–188.