



تحقیقات آب و خاک ایران | دوره ۵۲ | شماره ۱۱ | بهمن ۱۴۰۰ (ص ۲۷۷۴-۲۷۶۳)

<https://dx.doi.org/10.22059/ijswr.2021.331076.669083>

(مقاله علمی - پژوهشی)

Estimation of Stress Coefficients, Plant Coefficients and Yield Response to Water in Peanut under Different Levels Irrigation

ALI ABDZAD GOHARI^{*1}, ARASH TAFTEH¹, NIAZALI EBRAHIMIPAK¹, HOSSEIN BABAZADEH²

1. On-Farm Water Management Department, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

2. Department of Water Science and Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

(Received: Sep. 22, 2021- Revised: Nov. 13, 2021- Accepted: Nov. 27, 2021)

ABSTRACT

To estimate stress coefficients (K_s), plant coefficients (K_c) and plant sensitivity coefficients (K_y) to water at different stages of peanut growth, a study in the form of split plots in a randomized complete block design in three repetitions was performed in 2017 and 2018 in Guilan province. The main treatments included rainfed, and supply of 120, 100, 80, 60, and 40% of water requirement and the sub-treatments were two peanut cultivars of Jonobi and Guil. According to the results, the values of water stress coefficients in the Jonobi cultivar varied from 0.45 to 0.63 in 2017 and 2018, respectively. This coefficient, however, was in the range of 0.47-1 in 2017 and 0.64-1 in 2018 for the cultivar Guil. Plant coefficient in the initial stage (20 days), plant development (30 days), middle (45 days) and final (30 days) was 0.4, 0.37, 1.01, and 0.79 during 2017, and 0.4, 0.37, 0.98, and 0.75 in 2018 for Jonobi cultivar, respectively. These coefficients were 0.4, 0.36, 1.01 and 0.78 in 2017, and 0.4, 0.36, 0.98 and 0.74 in 2018 for Guil cultivar, respectively. Calibration of sensitivity coefficient in Guil and Jonobi cultivars was studied by Raes (2004) and Tafteh et al. (2013) methods, and it was found that in Raes (2004) method, the root mean square error of 183 kg.ha⁻¹ and its normalized value was about 16% and the efficiency index of this method was 0.72. In Tafteh et al. (2013) method, the mean root mean square error was 188 kg.ha⁻¹ and its normalized value was about 17% and the efficiency index of this method was 0.71. Overall, Raes (2004) with NRMSE of 0.164 and Tafteh et al. (2013) with an NRMSE of 0.168, showed an acceptable accuracy in estimating peanut yield.

Keywords: Water Requirement, Actual Plant Evapotranspiration, Lysimeter, Peanut Cultivars.

* Corresponding Author's Email: abdzadgohari_a@yahoo.com

برآورد ضرایب تنش، گیاهی و واکنش عملکرد به آب در بادام زمینی تحت سطوح مختلف آبیاری

علی عبدالذکوهری^{*}، آرش تافته^۱، نیاز علی ابراهیمی پاک^۱، حسین بابازاده^۲

۱. بخش تحقیقات مدیریت آب در مزرعه، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

۲. گروه علوم و مهندسی آب، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۶/۳۱ - تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۸/۲۲ - تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۹/۶)

چکیده

جهت تخمین ضرایب تنش (K_s) و ضریب گیاهی (K_c) و همچنین ضرایب پاسخ عملکرد گیاه به آب یا ضریب حساسیت (K_y) در مراحل مختلف رشد بادام زمینی، تحقیقی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در استان گیلان اجرا شد. تیمار اصلی شامل دیم و تأمین ۱۰، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی و تیمار فرعی شامل دو رقم بادام زمینی جنوبی و گیل بود. با توجه به نتایج، مقادیر ضرایب تنش آبی، در رقم جنوبی در سال ۹۶ و ۹۷ به ترتیب در بازه ۰/۴۵-۱ و ۰/۶۳-۱ متغیر بود، در حالی که این ضریب در رقم گیل در سال ۹۶ در بازه ۰/۴۷-۱ و در سال ۹۷ در بازه ۰/۶۴-۱ قرار داشت. ضریب گیاهی در مرحله ابتدایی (۲۰ روز)، توسعه گیاه (۳۰ روز)، میانی (۴۵ روز) و پایانی (۳۰ روز) در رقم جنوبی در سال ۹۶ به ترتیب ۰/۴، ۰/۳۷، ۱/۰۱ و ۰/۷۹ و در سال ۹۷ به ترتیب ۰/۴، ۰/۳۷، ۰/۹۸ و ۰/۷۵ به دست آمد. در حالی که در رقم گیل، این ضرایب در سال ۹۶ به ترتیب ۰/۴، ۰/۳۶، ۱/۰۱ و ۰/۷۸ و در سال ۹۷ به ترتیب ۰/۴، ۰/۳۶، ۰/۹۸ و ۰/۷۴ بود. واسنجی ضریب پاسخ عملکرد گیاه به آب در ارقام گیل و جنوبی با روش‌های Raes, (2004) و Taftah et al, (2013) مورد بررسی قرار گرفت. در روش Raes, (2004) مقدار ریشه میانگین مربعات خطا ۱۸۳ کیلوگرم در هکتار و مقدار نرمال شده آن حدود ۱۶ درصد و شاخص کارایی این روش ۰/۷۲ بود. در روش Taftah et al, (2013) مقدار ریشه میانگین مربعات خطا ۱۸۸ کیلوگرم در هکتار و مقدار نرمال شده آن حدود ۱۷ درصد و شاخص کارایی این روش ۰/۷۱ به دست آمد. با توجه به NRMSE دو مدل بررسی شده، نتایج کلی حاکی از آن است که مدل Raes, (2004) با ۰/۱۶۴ و مدل Taftah et al, (2013) با ۰/۱۶۸، در برآورد عملکرد بادام زمینی دارای دقت قابل قبولی می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: ارقام بادام زمینی، تبخیر-تعرق واقعی گیاه، لایسیمتر، نیاز آبی.

مقدمه

است و آبیاری محصولات تقریباً ۷۰ درصد از منابع آب شیرین موجود در سطح جهانی را مصرف می‌کند (FAO, 2018). کشاورزی پایدار به منابع آبی موجود، بارندگی کافی و به موقع و مدیریت بهینه آبیاری بستگی دارد. از آنجایی که نزولات جوی در دوره رشد بادام زمینی محدود است، لذا استفاده مناسب از آب کاملاً ضروری بوده و باید از حداقل آب، بیشینه بهره‌برداری صورت گیرد تا سطح بیشتری زیر کشت رود (Babazadeh et al., 2017). در این میان، کم‌آبیاری یکی از راه‌های به‌حداکثر رساندن کارایی مصرف آب و افزایش عملکرد به ازای هر واحد آب آبیاری می‌باشد (Boydak et al, 2010). یکی از محدودیت‌های مهم در تولید بادام زمینی، تنش آبی است که در گلدهی و تشکیل غلاف اثرگذار است (Abdzad Gohari, 2021a). تنش آبی در اواسط و پایان فصل زراعی در کشت بادام زمینی بسیار اهمیت دارد. زیرا مستقیماً بر عملکرد غلاف و کیفیت تأثیر می‌گذارد. بنابراین توسعه ارقام کارآمد و استفاده مناسب از آب یکی از اهداف مهم در برنامه‌های

بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L) یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی در جهان است که دانه‌های آن منبع غنی روغن خوراکی (۴۳ تا ۵۵ درصد) و پروتئین (۲۵ تا ۲۸ درصد) می‌باشد (Akcali et al., 2006) که به طور گسترده در کشورهای مختلف آسیایی کاشت می‌شود (Archer, 2016). کیفیت و سلامتی محصول بادام زمینی تحت تأثیر عوامل زیادی از جمله آبیاری، آلودگی به قارچ، دما، رطوبت، خواص فیزیکی و شیمیایی خاک قرار دارد (Subhashini, 2016; Xia et al., 2019; Zhao et al., 2019; Dong et al., 2018; Han et al., 2019; Nataraj et al., 2016). در ایران، کشت بادام زمینی در استان‌های گیلان، گلستان و بخش‌هایی از مازندران، دشت مغان، کرمان و شمال خوزستان رایج است و سطح زیر کشت آن در استان گیلان از ۲۵۰۰ تا ۲۸۰۰ هکتار متغیر می‌باشد. (Abdzad Gohari & Sadeghipour, 2019). آب عامل اصلی توسعه در بخش کشاورزی

و یا بر اساس تخمین تبخیر-تعرق مرجع و استفاده از ضریب-گیاهی برآورد کرد. برای تجزیه و تحلیل روابط بین عملکرد گیاه، مصرف آب و پیش‌بینی عملکرد تحت شرایط کمبود آب، تابع تولید-تبخیر-تعرق مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مدل پایه و اساس مدیریت منطقی آب را در ارتباط با تولید محصول آبی تشکیل می‌دهد و لازمه استفاده از مدل، به‌دست آوردن ضریب حساسیت (K_y) برای گیاهان گوناگون در شرایط اقلیمی متفاوت و همچنین برای مراحل مختلف رشد یک گیاه می‌باشد. بادام زمینی در مراحل مختلف رشد و نمو، حساسیت یکسانی به کمبود آب ندارد و درجه حساسیت یا عکس‌العمل به کمبود آب در مراحل مختلف رشد بسته به وضعیت خاک، عوامل اقلیمی، رقم و طول فصل رویش متغیر می‌باشد (Abou Kheira Abdrabbo, 2009) و مقدار ضریب حساسیت بالا نشان دهنده حساسیت زیاد بادام زمینی به کمبود آب است. با توجه به این‌که تحقیقی در خصوص تعیین ضرایب K_s ، K_c و K_y گیاه بادام زمینی در کشور صورت نگرفته است، لذا هدف از پژوهش حاضر، برآورد ضرایب گیاهی مذکور در دو رقم بادام زمینی در شرایط مدیریت آبیاری در استان گیلان (شهرستان آستانه‌اشرفیه) می‌باشد.

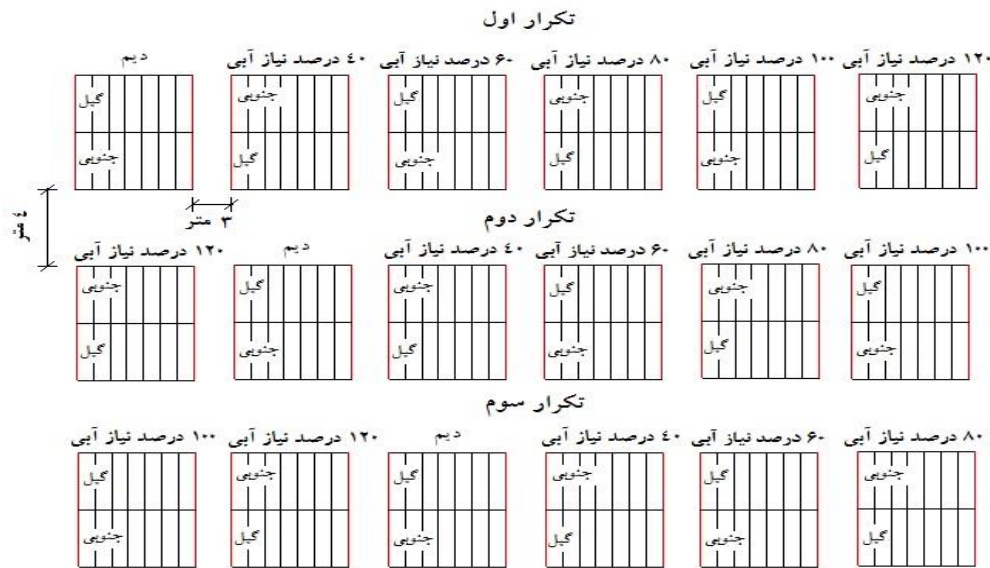
مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در استان گیلان و در شهرستان آستانه‌اشرفیه با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۵ دقیقه، طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۹۴ دقیقه با ارتفاع متوسط ۵- متر از سطح دریا، در سال‌های زراعی ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ انجام شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار بود. عامل اصلی مدیریت آبیاری شامل دیم و ۱۲۰، ۱۰۰، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد تأمین نیاز آبی و تیمار فرعی شامل دو رقم بادام زمینی گیل و جنوبی بود (شکل ۱). منطقه از لحاظ آب و هوایی، جزء مناطق معتدل و مرطوب بود و مقدار بارندگی در طول فصل رشد (یکم اردیبهشت تا ۳۱ شهریور) در سال‌های ۹۶ و ۹۷ به ترتیب ۸۴/۴ و ۸۵/۵ میلی‌متر گزارش شد (جدول ۱). قبل از آماده‌سازی زمین، از خاک نقاط مختلف مزرعه در دو عمق ۳۰- و ۶۰- سانتی‌متری به‌طور تصادفی نمونه‌برداری انجام شد. برای تعیین جرم مخصوص ظاهری هر لایه خاک، نمونه‌های دست نخورده توسط استوانه‌های نمونه‌برداری تهیه شد. نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و بعد از خشک کردن، کوبیدن و عبور از الک ۲ میلی‌متری، توزیع اندازه ذرات با استفاده از روش هیدرومتری، جرم مخصوص ظاهری با استفاده از استوانه‌های فلزی و برای تعیین مقدار آب قابل استفاده، رطوبت ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم به ترتیب در مکش‌های ۰/۳ و ۱۵ اتمسفر به کمک

بهبود بادام زمینی است (Pasupuleti et al., 2016). در پژوهشی (Abdzad Gohari, 2021b) عملکرد و بهره‌وری مصرف آب را در بادام زمینی رقم گیل تحت شرایط مختلف کم‌آبیاری بررسی نمود و گزارش کرد که بیشترین عملکرد دانه در شرایط آبیاری کامل و با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی، ۳۲۲۱ کیلوگرم در هکتار بود. اما با افزایش تنش آبی به میزان ۵۰ درصد نیاز آبی، عملکرد دانه، ۵۷ درصد کاهش یافت. (Babazadeh et al., 2017) در تحقیقی میزان عملکرد و بهره‌وری مصرف آب گیاه بادام زمینی، اثر مدیریت آبیاری با تیمارهای ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه را در سال‌های ۹۱ و ۹۲ بررسی نمودند و گزارش کردند که عملکرد غلاف در تیمارهای تأمین ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه، یکسان بود و مقدار آن در سال ۱۳۹۱، به ترتیب ۲۳۸۵ و ۲۴۵۲ و در سال ۱۳۹۲ به ترتیب ۲۳۸۳ و ۲۴۴۸ کیلوگرم در هکتار بود. تحقیقات (Abdzad Gohari, 2021b) و (Arunyanark et al., 2009) نشان داد که تنش آبی موجب ریزش قابل ملاحظه گل‌ها، بسته شدن روزنه‌ها و در نهایت کاهش میزان کلروفیل و غذاسازی می‌شود و در مرحله پر شدن غلاف، عملکرد دانه در بادام زمینی را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد. با این حال، استفاده کارآمد از منابع آب به کاهش تلفات آب بستگی دارد، که می‌توان با استفاده از تکنیک‌های آبیاری جدید مانند برنامه‌های ریزی آبیاری و تبخیر و تعرق، آن را به حداقل رساند. میزان تبخیر-تعرق را می‌توان از طریق اقدامات زراعی یا استفاده از برنامه‌های کم‌آبیاری کاهش داد. رویکرد اصلی در کم‌آبیاری، افزایش بهره‌وری مصرف آب با تأمین بخشی از نیاز آبیاری و اجازه تنش آبی به گیاه در یک یا چند دوره از طول فصل رشد با کمترین تأثیر بر عملکرد محصول است. بنابراین امکان استفاده از کم‌آبیاری در مراحل رشد برای دستیابی به عملکرد مطلوب زمانی وجود خواهد داشت که شرایط برنامه‌ریزی آبیاری اصلاح شوند و رابطه بین تبخیر و تعرق و کاهش آب موجود در خاک مشخص شود. بنابراین تعیین مقدار ضریب تنش آبی (K_s) در شرایط کم‌آبیاری بسیار با اهمیت می‌باشد. تعیین نیاز آبی و میزان تبخیر-تعرق واقعی در هر منطقه امری ضروری است و تخمین دقیق آن در ارتقاء سطح بهره‌برداری از منابع آب در کشاورزی مؤثر می‌باشد. نیاز آبی در واقع میزان آب مورد نیاز برای جبران تلفات تبخیر-تعرق یک گیاه است، لذا اشتباه در ارزیابی تبخیر-تعرق می‌تواند در تعیین نیاز آبی و بهره‌وری آب آبیاری اثر منفی داشته باشد. مقدار ضریب گیاهی (K_c) به‌عواملی مانند نوع گیاه، مرحله رشد و شرایط آب و هوایی محل بستگی دارد و در طول دوره رشد گیاه تغییر می‌کند. از این‌رو تبخیر-تعرق واقعی گیاه را می‌توان با اندازه‌گیری پیوسته تغییرات آب خاک با استفاده از روش لایسیمتری یا بیلان آب خاک تعیین



دستگاه صفحه فشاری اندازه‌گیری گردید (جدول ۲). زمان کاشت بذرها برای هر دو رقم در هر دو سال، دهم اردیبهشت‌ماه و زمان برداشت محصول، بیستم شهریورماه بود. هر واحد آزمایشی دارای ابعاد ۴×۲/۵ متر و دارای شش ردیف کشت بود.



شکل ۱- طرح آزمایشی اجرا شده در منطقه مورد مطالعه

جدول ۱- اطلاعات مربوط به هواشناسی منطقه مورد مطالعه در سال‌های ۹۶ و ۹۷

ماه‌های مورد مطالعه	حداکثر دما (سانتی‌گراد)		حداقل دما (سانتی‌گراد)		حداکثر رطوبت نسبی (درصد)		حداقل رطوبت نسبی (درصد)		سرعت باد در ارتفاع دو متری (متر بر ثانیه)		تبخیر از تشتک (میلی-متر)		بارندگی (میلی‌متر)	
	سال ۹۶	سال ۹۷	سال ۹۶	سال ۹۷	سال ۹۶	سال ۹۷	سال ۹۶	سال ۹۷	سال ۹۶	سال ۹۷	سال ۹۶	سال ۹۷	سال ۹۶	سال ۹۷
اردیبهشت	۲۴/۳	۲۶/۲	۱۶/۶	۱۷	۹۰	۹۴	۶۲/۲	۶۳/۸	۶/۸	۶/۵	۳/۸	۳/۱	۱۵/۲	۱۷/۶
خرداد	۲۷/۴	۲۹/۲	۱۸/۱	۱۸/۶	۸۹/۵	۹۱/۶	۵۵/۶	۵۷/۵	۶/۲	۶/۵	۴/۱	۴/۹	۱۲	۱۲/۳
تیر	۲۹/۸	۳۱/۹	۱۸/۶	۲۱/۴	۸۷/۶	۸۶/۵	۵۵/۸	۵۵/۶	۵/۵	۵/۲	۶/۳	۶/۴	۳/۹	۱۳/۶
مرداد	۳۰/۷	۳۳/۸	۱۹/۱	۲۰/۶	۸۷/۸	۸۹/۷	۴۸/۷	۴۶/۵	۶/۲	۶/۸	۵/۲	۵/۵	۰	۲۱/۵
شهریور	۲۹/۶	۳۲/۳	۲۱/۳	۲۱	۹۰/۳	۹۴	۵۴/۸	۵۴/۳	۵/۸	۶/۰	۴/۳	۴/۵	۵۳/۲	۲۰/۵

جدول ۲- خصوصیات لایه‌های مختلف خاک در منطقه مورد مطالعه

وزن مخصوص (g/cm ³)	ظاهری نقطه پژمردگی (%)	رطوبت وزنی در رطوبت وزنی در		رس (%)	جذب پتاسیم قابل (ppm)	فسفر قابل (ppm)	نیترژن کل (درصد)	کربن آلی (%)	هدایت الکتریکی (dS/m)	بافت خاک	عمق ریشه (cm)	عمق ریشه (cm)	
		ظرفیت زراعی (%)	شن (%)										
۱/۴۶	۱۲/۱	۲۴/۶	۵۰	۳۳	۱۷	۲۳۵	۶/۲۷	۰/۰۸۶	۰/۶۷	۰/۶۵۵	لوم	۰-۳۰	۱۳۹۶
۱/۴۶	۱۲/۲	۲۵/۷	۴۹	۳۲	۱۹	۲۱۶	۶/۲۱	۰/۰۹۸	۰/۶۹	۰/۶۴۷	لوم	۳۰-۶۰	
۱/۴۵	۱۰/۹	۲۳/۴	۵۱	۳۴	۱۵	۲۴۱	۶/۴۵	۰/۰۹۴	۰/۶۹	۰/۶۳۲	لوم	۰-۳۰	۱۳۹۷
۱/۴۶	۱۲/۲	۲۵/۵	۵۰	۳۱	۱۹	۳۲۲	۶/۱۸	۰/۰۹۲	۰/۶۸	۰/۶۳۷	لوم	۳۰-۶۰	

شد. سپس گیاه کشت گردید. به منظور خروج آب اضافی و اندازه‌گیری، در کف آن سوراخ‌هایی تعبیه شد. همچنین برای سهولت در انجام عمل زهکشی، در کف هر گلدان، یک لایه شن درشت ریخته شد و حجم باقیمانده توسط خاک مورد نظر پر گردید. به منظور جلوگیری از تابش مستقیم نور خورشید و به وجود آمدن شرایط یکسان با شرایط محیطی، لایسیمترها در مزرعه نصب شدند. در نهایت تبخیر-تعرق واقعی گیاه، به صورت مستقیم و با استفاده از معادله بیلان رطوبتی که شامل میزان آب ورودی و خروجی به ناحیه ریشه گیاه در دوره‌های زمانی مشخص بود، برآورد گردید.

برای اندازه‌گیری تبخیر-تعرق واقعی گیاه، با توجه به اندازه و ارتفاع گیاه بادام زمینی، از ۱۲ عدد گلدان به قطر ۴۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر استفاده شد. تعیین ابعاد لایسیمتر با توجه به حجم توسعه ریشه بادام‌زمینی انتخاب شد. پر کردن لایسیمترها به گونه‌ای بود که حالت طبیعی خاک تا حد امکان بدون تغییر باقی بماند. بعد از پر شدن لایسیمترها و قبل از کشت گیاه، جهت تحکیم خاک، در طی دو نوبت، لایسیمترها آبیاری شد و پس از نشست کامل، مجدداً تا سطح مورد نظر با خاک پر

محاسبه گردید. لذا درصد حجمی رطوبت خاک قبل از آبیاری با نمونه‌گیری از عمق‌های ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری خاک اندازه‌گیری و عمق خالص آب آبیاری پس از تخلیه رطوبتی مجاز (MAD) و به استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد. تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به عنوان تیمار آبیاری کامل و سایر تیمارهای آبیاری (تیمارهای تنش) به عنوان درصدی از این مقدار در نظر گرفته شد (Akbari Nodehi, 2017).

$$d_n = \frac{(\theta_{FC} - \theta_{PWP})}{100} \times MAD \times D_r \quad (\text{رابطه ۲})$$

حداکثر عمق توسعه ریشه نیز با روش پروفیل مستقیم به میزان ۶۰ سانتی متر اندازه‌گیری شد. مقدار آب تحویلی به هر واحد آزمایشی توسط کنتور انجام گرفت و مقدار آب مصرف شده در طول دوره رشد گیاه شامل مجموع آب آبیاری و میزان بارندگی بود (جدول ۳).

با توجه به این که لایسیمتر یک محیط بسته است و انتقال آب از محیط اطراف به داخل آن امکان پذیر نمی‌باشد و تمام آب رسیده به سطح زمین به داخل آن نفوذ می‌کند، بنابراین میزان رواناب سطحی صفر خواهد بود. معادله کلی بیلان رطوبتی با استفاده از رابطه (Allen et al., 1998) به دست آمد (رابطه ۱).

$$ET_c = I + P - D - R \pm \Delta S \quad (\text{رابطه ۱})$$

که در آن، ET_c : تبخیر-تعرق واقعی گیاه (میلی‌متر)، I : مقدار آب آبیاری (میلی‌متر)، P : میزان بارندگی (میلی‌متر)، D : آب زهکشی شده (میلی‌متر)، R : مقدار رواناب و ΔS : تغییرات ذخیره‌های رطوبت خاک (میلی‌متر) می‌باشند. هر یک از ویژگی‌های فوق اندازه‌گیری و در نهایت میزان تبخیر-تعرق واقعی گیاه محاسبه گردید. تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET_o) از روش پنمن مانیتث و با کمک مدل کراپ وات ۸ (Cropwat 8.0) محاسبه گردید. مقدار آب آبیاری نیز بر اساس کمبود رطوبت خاک

جدول ۳- مقدار آب مصرفی (میلی‌متر) در طول دوره رشد در ارقام گیل و جنوبی

رقم گیل		رقم جنوبی		تأمین نیاز آبی
سال ۹۷	سال ۹۶	سال ۹۷	سال ۹۶	
۹۸/۰	۹۲/۷	۹۹/۰	۹۴/۸	۴۰ درصد
۱۹۲/۴	۱۸۴/۸	۱۹۵/۴	۱۸۷/۳	۶۰ درصد
۲۸۵/۹	۲۷۳/۷	۲۸۹/۹	۲۷۸/۷	۸۰ درصد
۳۸۵/۴	۳۶۷	۳۸۸/۲	۳۷۴/۰	۱۰۰ درصد
۴۸۰/۱	۴۵۹/۱	۴۸۷/۶	۴۶۸/۱	۱۲۰ درصد

شرایط بدون تنش آبی، K_c : معرف ضریب گیاهی و ET_o : مقدار تبخیر-تعرق گیاه مرجع است. برای فاکتور واکنش عملکرد به آب یا ضریب عکس‌العمل (K_y) روابط مختلفی ارائه شده است که رابطه آب- عملکرد-تابع تولید Doorenbos and Kassam, (1979)، می‌باشد که به صورت رابطه (۵) ارائه شد.

$$1 - \frac{y_a}{y_m} = k_y \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m} \right) \quad (\text{رابطه ۵})$$

که در آن y_a : عملکرد واقعی در هر منطقه (کیلوگرم بر هکتار)، y_m : حداکثر عملکرد در حالتی که هیچ‌گونه محدودیتی از نظر آب برای گیاه وجود نداشته باشد (کیلوگرم بر هکتار)، ET_a : تبخیر تعرق واقعی (میلی‌متر)، ET_m : حداکثر تبخیر تعرق گیاه (میلی‌متر)، K_y : ضریب حساسیت عملکرد محصول نسبت به آب می‌باشد. Raes, (2004) در شبیه‌سازی بیلان آب و املاح (با مدل باجت BUDGET) را به کار برد که در آن مراحل مختلف رشد هر یک به چند بازه زمانی کوچکتر تقسیم می‌شوند و توان معادله که تا قبل از این تعریفی برای آن وجود نداشت، به صورت حاصل ضرب

برای تعیین عملکرد گیاه، از هر پلات دو ردیف کشت از کناره‌ها، حذف و دوازده بوته میانی به طور تصادفی انتخاب و پس از کف‌بردن، جهت نمونه‌گیری استفاده شدند. سپس نمونه‌ها در داخل آون و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفتند و بعد از خشک شدن، توسط ترازو و با دقت یک‌صدم-گرم وزن گردیدند. مقدار ضریب گیاهی در طول دوره رشد گیاه، از رابطه (۳) به دست آمد (Allen et al, 2011). در شرایط اعمال تنش آبی، قابلیت جذب آب توسط ریشه گیاه کاهش یافت و موجب کاهش مقدار تبخیر-تعرق گیاه نسبت به شرایط استاندارد شد. برای نشان دادن اثر تنش آبی بر مقدار تبخیر-تعرق گیاه، از ضریب تنش آبی (K_s) استفاده شد که عددی کوچکتر از یک است. ضریب تنش آبی با استفاده از رابطه (۴) محاسبه شد که نشان‌دهنده تبخیر-تعرق نسبی نیز می‌باشد (Allen et al, 1998).

$$ET_c = K_c ET_o \quad (\text{رابطه ۳})$$

$$ET_{cadj} = K_s ET_c \quad (\text{رابطه ۴})$$

که در آن، K_s : معرف ضریب تنش تبخیر-تعرق، ET_{cadj} : مقدار تبخیر-تعرق در شرایط تنش آبی و ET_c : مقدار تبخیر-تعرق در

و تابع زمانی نسبی تعریف شد (رابطه ۶).

$$\frac{y_a}{y_m} = \prod_{j=1}^n \left(1 - k_{yi} \left(1 - \frac{ET_{a,j}}{ET_{m,j}} \right) \right)^{\Delta t_j / L_i} \quad (\text{رابطه ۶})$$

y : عملکرد واقعی، y_m : حداکثر عملکرد، Δt_i : بازه زمانی مورد نظر (روز) در مرحله رشد i ، n : تعداد مراحل دوره رشد، L_i : طول کل هر مرحله رشد، از یک روز تا کل دوره رشد (روز)، $ET_{a,j}$: تبخیر-تعرق واقعی در بازه زمانی j (میلی‌متر)، ET_m : حداکثر تبخیر-تعرق در بازه زمانی j (میلی‌متر). (Taftah et al, 2013) ارزیابی حساسیت محصول را بر روی بازه‌ها و توان‌های مختلف بررسی نمودند و توان نسبی را بر اساس نسبت ضریب واکنش عملکرد به کل ضرایب واکنش (به‌عنوان توان معادله حاصل‌ضربی) پیشنهاد دادند (رابطه ۷).

$$\frac{y_a}{y_m} = \prod_{i=1}^n \left(1 - K_{yi} \left(1 - \frac{ET_{a,i}}{ET_{m,i}} \right) \right)^{\frac{K_{yi}}{\sum_{i=1}^n K_{yi}}} \quad (\text{رابطه ۷})$$

که در آن Y_a : عملکرد واقعی، Y_m : حداکثر عملکرد در حالتی که هیچ‌گونه محدودیتی از نظر آب برای گیاه وجود نداشته باشد، $ET_{a,i}$: تبخیر تعرق واقعی (میلی‌متر)، $ET_{m,i}$: حداکثر تبخیر تعرق گیاه (میلی‌متر)، K_{yi} : ضریب واکنش عملکرد گیاه نسبت به آب، i : مرحله رشد و توسعه، n : تعداد مراحل دوره رشد است. تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزارهای SPSS و برای مقایسه آماری بین نتایج توابع تولید، از شاخص‌های آماری موجود در روابط (۸ تا ۱۳) استفاده شد.

$$RMSE = \sqrt{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2 \right)} \quad (\text{رابطه ۸})$$

$$NRMSE = \sqrt{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2 \right)} / O_{ave} \quad (\text{رابطه ۹})$$

$$EF = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - O_{ave})^2} \quad (\text{رابطه ۱۰})$$

$$MBE = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2 \right) \quad (\text{رابطه ۱۱})$$

$$R^2 = \frac{\left(\sum (P_i - \bar{P})(O_i - \bar{O}) \right)^2}{\sum (P_i - \bar{P})^2 \sum (O_i - \bar{O})^2} \quad (\text{رابطه ۱۲})$$

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|P_i - O_i| + |O_i - \bar{O}|)^2} \quad (\text{رابطه ۱۳})$$

که در آن: RMSE ریشه میانگین مربعات خطا، NRMSE ریشه میانگین مربعات خطای نرمال، EF ضریب کارایی مدل و MBE میانگین انحراف خطا، d شاخص توافق یا سازگاری و R^2 ضریب تبیین است. پارامترهای O ، P ، O_{ave} و n به ترتیب داده مشاهده‌شده، برآورد شده و میانگین داده‌های مشاهده‌ای و تعداد مشاهدات می‌باشد.

نتایج و بحث

تعیین تبخیر-تعرق گیاه، ضرایب تنش آبی (K_s) و ضرایب گیاهی (K_c)

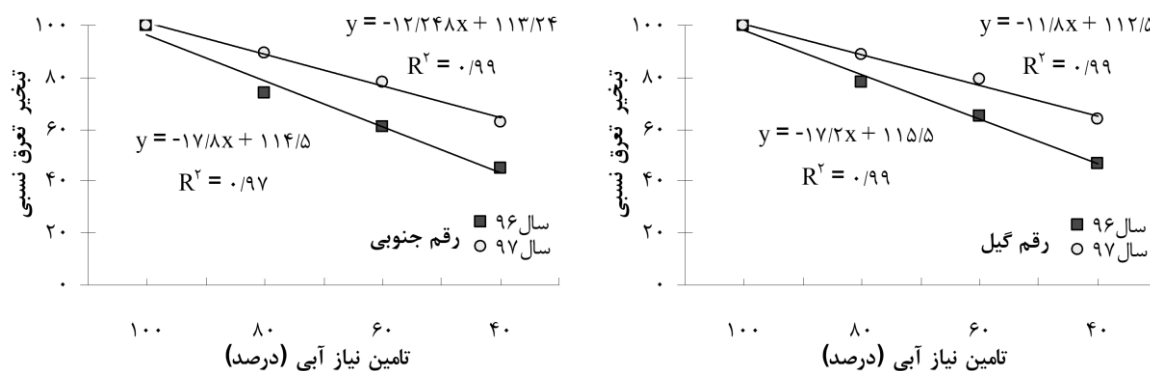
با مشخص شدن مقادیر آب آبیاری، بارندگی، زهکشی، تغییرات ذخیره رطوبتی خاک و نهایتاً پارامترهای معادله بیلان آب با کمک لایسیمتر، مقادیر تبخیر-تعرق هر دو رقم بادام زمینی استخراج شد. براساس نتایج به‌دست آمده، بیشترین مقادیر تبخیر-تعرق مرجع و تبخیر-تعرق واقعی گیاه در طول دوره رشد، در فواصل بین ۶۰ تا ۱۱۰ روز رخ داد. به‌طوری که مقادیر تبخیر-تعرق در هر دو رقم، در ابتدا کم بوده و با گذشت زمان از ابتدای دوره رشد، تبخیر-تعرق افزایش داشت. دلیل این امر، وضعیت شرایط جوی و گرم‌تر شدن هوا و مساعد شدن شرایط اقلیمی محیط رشد و توسعه رشد گیاه در طول دوره رشد بود و در انتهای دوره رشد، مجدداً کاهش یافت. در واقع در اوایل و اواخر دوره رشد، تعرق گیاه ناچیز و سهم بیشتر تبخیر-تعرق متعلق به جزء تبخیر بود. عدم پوشیدگی سطح زمین توسط اندام‌های هوایی گیاه در ابتدای دوره رشد و کاهش هدایت روزنه‌ای در پایان دوره رشد، از دلایل کاهش تعرق و افزایش تبخیر در دوره‌های مختلف بود. اما در اواسط دوره رشد به‌علت توسعه اندام‌های گیاه و سایه-اندازی کامل گیاه بر روی سطح خاک، سهم بیشتری از تبخیر-تعرق به‌جزء تعرق گیاه تعلق پیدا نمود. هم‌پوشانی سطوح برگ‌ها با گیاه اطراف، مانع تابش مستقیم نور خورشید به سطح خاک شده و سهم جزء تبخیر ناچیز گردید. از طرفی، کاهش مقدار آب آبیاری و ایجاد شرایط کم‌آبیاری در طول دوره رشد بر پاسخ تبخیر-تعرق ارقام بادام زمینی به تنش آبی مؤثر بود. با توجه به مقدار تنش وارده بر گیاه، مقادیر ضرایب تنش آبی برای پارامترهای تبخیر-تعرق برای رقم جنوبی در سال ۹۶ در بازه ۱-۰/۴۵ و در سال ۹۷ در بازه ۱-۰/۶۳ متغیر بود. در حالی که در رقم گیل در سال ۹۶ در بازه ۱-۰/۴۷ و در سال ۹۷ در بازه ۱-۰/۶۴ قرار داشت (جدول ۴). شکل (۲) نشان داد که شیب کاهش تبخیر-تعرق نسبی در شرایط تنش آبی، روند کاهشی داشت. لذا با استفاده از نتایج این پژوهش می‌توان برای سطوح مختلف آبیاری، مقادیر واقعی تبخیر-تعرق را نسبت به شرایط استاندارد منطقه برآورد نمود. برای دو رقم بادام زمینی جنوبی و گیل، طول دوره هر یک از مراحل چهارگانه شامل مرحله ابتدایی، توسعه گیاه، مرحله میانی و مرحله پایانی به ترتیب ۲۰، ۳۰، ۴۵ و ۳۰ روز بود. ضریب گیاهی در رقم جنوبی در مرحله ابتدایی، توسعه-گیاه، میانی، پایانی در سال‌های ۹۶ به ترتیب ۰/۳۷، ۰/۴، ۱/۰۱ و ۰/۷۹ و در سال ۹۷ به ترتیب ۰/۴، ۰/۳۷، ۰/۹۸ و ۰/۷۵ به‌دست

آمد. در رقم گیل، ضریب گیاهی در مرحله ابتدایی، توسعه گیاه، میانی، پایانی در سال ۹۶ به ترتیب ۰/۴، ۰/۳۶، ۱/۰۱ و ۰/۷۸ و در سال ۹۷ به ترتیب ۰/۴، ۰/۳۶، ۰/۹۸ و ۰/۷۴ شد (جدول ۵؛ اشکال ۳ و ۴). Allen et al., (1998) مقادیر ضریب گیاهی بادام زمینی را برای دو مرحله میانی و پایانی به ترتیب ۱/۰۵ و ۰/۷۰ گزارش کردند. نتایج Aruna et al., (2017) نشان داد که مقدار ضریب گیاهی بادام زمینی برای منطقه کارناتاکا در شمال شرقی کشور هند بین ۰/۴۴ و ۰/۹۸ متغیر بود. در پژوهشی Abou

عبدزادگوهری و همکاران: برآورد ضرایب تنش، گیاهی و واکنش ... ۲۷۶۹

جدول ۴- ضرایب تنش آبی (K_s) تحت تأثیر مدیریت آبیاری در دو رقم بادام زمینی

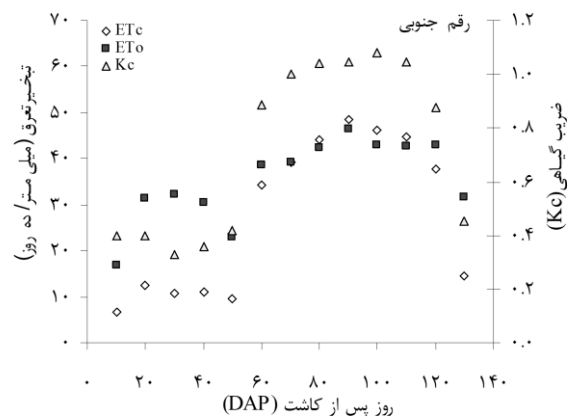
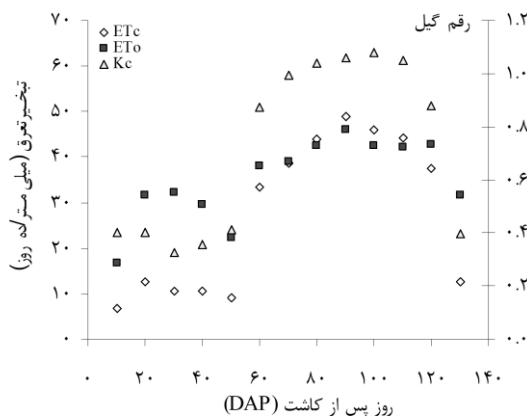
رقم	سال‌های مورد مطالعه	۱۰۰ درصد نیازآبی	۸۰ درصد نیازآبی	۶۰ درصد نیازآبی	۴۰ درصد نیازآبی
جنوبی	۱۳۹۶	۱	۰/۷۴	۰/۶۱	۰/۴۵
	۱۳۹۷	۱	۰/۸۹	۰/۷۸	۰/۶۳
گیل	۱۳۹۶	۱	۰/۷۸	۰/۶۵	۰/۴۷
	۱۳۹۷	۱	۰/۸۹	۰/۷۹	۰/۶۴



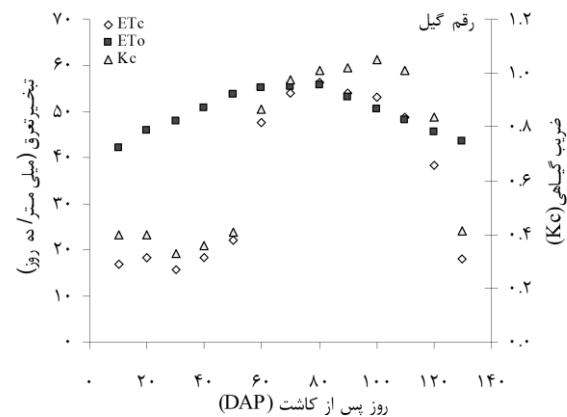
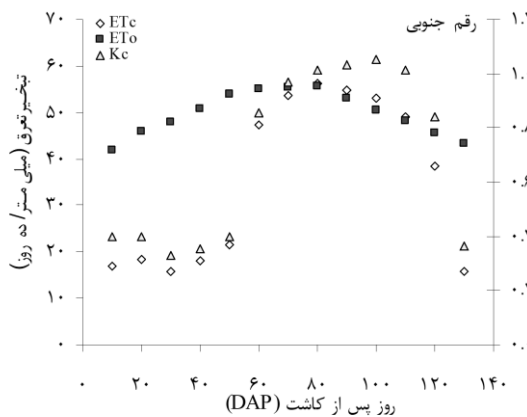
شکل ۲- تبخیر تعرق نسبی ارقام بادام زمینی تحت شرایط کم آبیاری در سال‌های ۹۶ و ۹۷

جدول ۵- مقادیر ضریب گیاهی (K_c) در طول دوره رشد در دو رقم بادام زمینی

ارقام بادام زمینی	سال‌های مورد مطالعه	مراحل رشد گیاه			
		ابتدایی	توسعه گیاه	میانی	پایانی
رقم جنوبی	سال ۹۶	۰/۴۰	۰/۳۷	۱/۰۱	۰/۷۹
	سال ۹۷	۰/۴۰	۰/۳۷	۰/۹۸	۰/۷۵
رقم گیل	سال ۹۶	۰/۴۰	۰/۳۶	۱/۰۱	۰/۷۸
	سال ۹۷	۰/۴۰	۰/۳۶	۰/۹۸	۰/۷۴



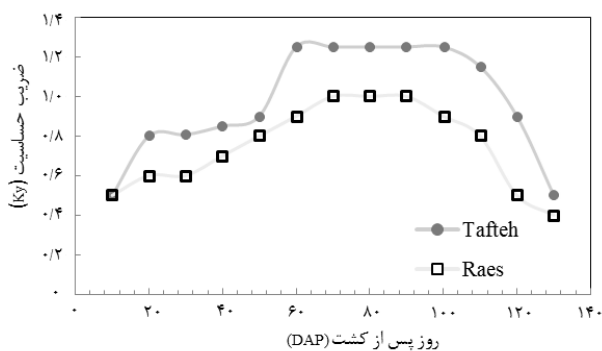
شکل ۳- مقادیر تبخیر-تعرق مرجع (ET₀)، تبخیر-تعرق واقعی گیاه (ET_c) و ضریب گیاهی (K_c) در سال ۹۶



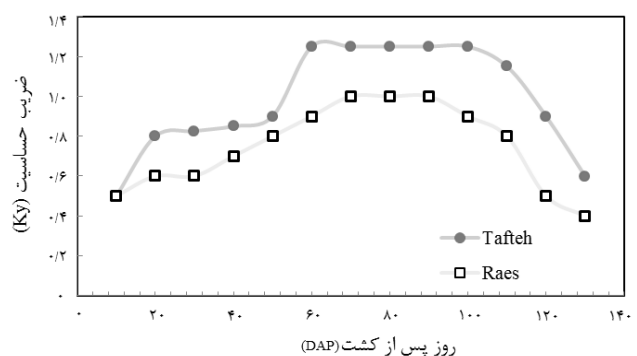
شکل ۴- مقادیر تبخیر-تعرق مرجع (ET₀)، تبخیر-تعرق واقعی گیاه (ET_c) و ضریب گیاهی (K_c) در سال ۹۷

۶۰ تا ۱۰۰ روز پس از کاشت، بین ۱/۲۰ تا ۱/۳۰ متغیر بود (اشکال ۵ و ۶). در پژوهشی (Abou Kheira Abdrabbo (2009) نیاز آبی بادام زمینی را در مراحل مختلف رشد بررسی نمود و گزارش کرد که ضریب حساسیت (K_y) که نشان دهنده کاهش نسبی عملکرد به کاهش نسبی تبخیر-تعرق واقعی است، دارای عددی بیشتر از مقدار ۰/۷ می باشد که توسط Doorenbos and Kassam, (1979) گزارش شده بود.

نتایج واسنجی در ارزیابی ضریب حساسیت (K_y)
برای واسنجی توابع تولید از داده‌های سال اول استفاده شد. نتایج مقادیر تبخیر-تعرق در تیمارهای اعمال شده در سال اول بر ارقام گیل و جنوبی در گیاه بادام زمینی در جدول (۶) ارائه شد. با توابع تولید (Raes (2004) و Tafteh et al. (2013) و با استفاده از داده‌های سال اول، مقادیر ضریب حساسیت بادام زمینی رقم گیل و جنوبی واسنجی شد. به طوری که ضریب حساسیت در فواصل بین



شکل ۶- مقادیر واسنجی شده ضریب حساسیت بادام زمینی رقم گیل با توابع تولید (Raes, (2004) و Tafteh et al, (2013)



شکل ۵- مقادیر واسنجی شده ضریب حساسیت بادام زمینی رقم جنوبی با توابع تولید (Raes, (2004) و Tafteh et al, (2013)

جدول ۶- مقادیر تبخیر-تعرق در تیمارهای اعمال شده در سال اول بر ارقام گیل و جنوبی در گیاه بادام زمینی

رقم جنوبی					رقم گیل				
ET _m	درصد ۱۰۰	درصد ۸۰	درصد ۶۰	درصد ۴۰	ET _m	درصد ۱۰۰	درصد ۸۰	درصد ۶۰	درصد ۴۰
۶/۷	۶/۷۰	۶/۷۰	۶/۷۰	۶/۷۰	۶/۷۰	۶/۷۰	۶/۷۰	۶/۷۰	۶/۷۰
۱۲/۶	۱۲/۶	۱۲/۶	۱۲/۶	۱۲/۶۷	۱۲/۵۹	۱۲/۵۹	۱۲/۵۹	۱۲/۵۹	۱۲/۶۷
۱۵/۶	۱۰/۶۵	۵/۷۹	۵/۷۹	۵/۵۲	۱۵/۵۵	۱۰/۶۱	۵/۷۹	۵/۷۹	۵/۵۱
۲۱/۳	۱۰/۹۶	۱۵/۲۵	۱۲/۷۱	۶/۲۳	۲۰/۲۹	۱۰/۵۸	۱۵/۷۲	۱۲/۷۳	۶/۲۱
۳۱/۹	۹/۶۹	۱۷/۲۷	۱۱/۶۶	۶/۵۳	۳۰/۸۱	۹/۱۰	۱۷/۷۸	۱۱/۷۷	۶/۵۱
۴۱/۳۰	۳۴/۲۱	۲۴/۲۲	۱۷/۴۳	۲۱/۰۹	۳۹/۵۶	۳۳/۳۴	۲۵/۰۶	۱۷/۵۸	۲۰/۱۶
۴۸/۶۰	۳۹/۲۵	۲۹/۵۴	۲۴/۹۷	۵/۳۳	۴۷/۸۲	۳۸/۶۸	۳۰/۰۵	۲۳/۱۶	۴/۶۹
۴۹/۸۰	۴۴/۲۳	۳۰/۵۹	۳/۴۶	۱/۱۳	۴۹/۲۷	۴۳/۹۹	۳۰/۰۹	۲/۹۲	۱/۰۹
۵۴/۴۰	۴۸/۵۷	۲۱/۸۰	۲۳/۱۰	۱/۱۴	۵۳/۴۳	۴۸/۸۰	۲۰/۲۹	۲۲/۵۶	۱/۱۲
۴۹/۸۰	۴۶/۲۴	۱۵/۶۵	۴/۳۵	۷/۵۱	۴۹/۴۳	۴۵/۹۶	۱۴/۰۲	۳/۸۸	۷/۴۱
۴۹/۳۰	۴۴/۶۰	۲۹/۰۱	۲۴/۸۷	۱۳/۹۶	۴۸/۸۱	۴۴/۳۵	۲۸/۳۴	۲۴/۶۵	۱۳/۹۳
۴۰/۸۰	۳۷/۶۴	۲۰/۴۶	۱۲/۵۲	۳/۸۸	۳۹/۹۴	۳۷/۶۲	۱۷/۷۰	۱۳/۱۶	۴/۲۳
۲۴/۶۰	۱۴/۴۱	۱۲/۷۶	۴/۷۲	۲/۵۰	۲۴/۳۱	۱۲/۵۹	۱۲/۵۹	۴/۴۷	۲/۳۳

Tafteh et al, (2013) در شکل (۸) ارائه شد.

در روش (Raes (2004)، مقدار ریشه میانگین مربعات خطا، ۱۸۳ کیلوگرم در هکتار و مقدار نرمال شده آن حدود ۱۶ درصد بود، به طوری کلی کم برآورد به میزان ۵۶ کیلوگرم در هکتار شد. شاخص کارایی این روش ۰/۷۲ به دست آمد و نشان داد کارایی مدل در تعیین عملکرد بادام زمینی بسیار مناسب است. مقدار ریشه میانگین مربعات خطا در روش (Tafteh et al, (2013 برابر با ۱۸۸ کیلوگرم در هکتار و مقدار نرمال شده آن حدود ۱۷ درصد شد به طوری کلی کم برآورد به میزان ۵۹ کیلوگرم در هکتار بود. شاخص کارایی این روش ۰/۷۱ به دست آمد که نسبت به روش (Raes (2004، کارایی مشابهی را با توجه به ضرایب آماری نشان داد (جدول ۹). نتایج مشخص نمود که روش‌های Tafteh et al (2013) و (Raes (2004 ارزیابی قابل قبولی را در تعیین عملکرد گیاه بادام زمینی ارائه نمودند.

نتایج واسنجی عملکرد دو رقم بادام زمینی

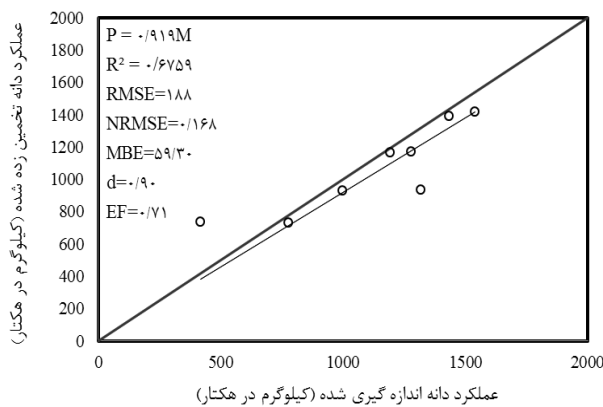
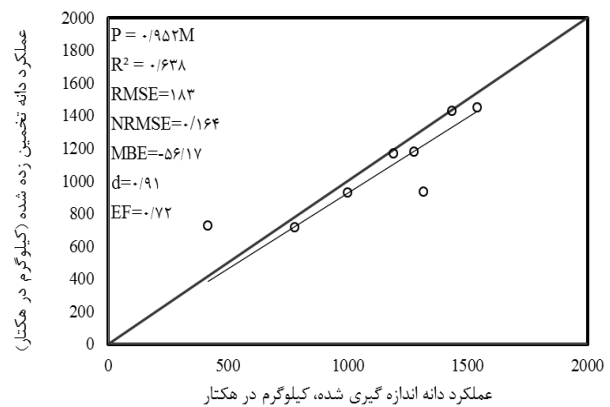
مقادیر عملکرد بادام زمینی در رقم جنوبی در سال ۹۶ با تأمین نیاز آبی گیاه ۱۲۰، ۱۰۰، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد به ترتیب ۱۵۷۹، ۱۴۲۷، ۱۰۲۷، ۷۵۸ و ۴۳۵ کیلوگرم در هکتار و در سال ۹۷ به ترتیب ۱۵۸۳، ۱۴۳۵، ۱۱۹۲، ۹۹۹ و ۷۷۸ کیلوگرم در هکتار بود. در رقم گیل در سال ۹۶ با تأمین نیاز آبی گیاه ۱۲۰، ۱۰۰، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد به ترتیب ۱۵۵۵، ۱۴۱۳، ۹۹۴، ۷۴۷ و ۴۲۸ کیلوگرم در هکتار و در سال ۹۷ به ترتیب ۱۶۰۹، ۱۵۴۱، ۱۲۷۸، ۱۳۱۷ و ۴۱۷ کیلوگرم در هکتار بود. با استفاده از داده‌های سال دوم، توسط توابع تولید (Raes, (2004) و (Tafteh et al, (2013 مقادیر تبخیر-تعرق بادام زمینی و همچنین میزان عملکرد ارقام گیل و گرگانی در جداول (۷) و (۸) ارائه گردید. با استفاده از شاخص‌های آماری، مقادیر به دست آمده مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن برای روش (Raes, (2004 در شکل (۷) و برای روش

جدول ۷- مقادیر تبخیر-تعرق در تیمارهای اعمال شده بر گیاه بادام زمینی ارقام گیل و جنوبی

رقم جنوبی					رقم گیل				
ET _m	درصد ۱۰۰	درصد ۸۰	درصد ۶۰	درصد ۴۰	ET _m	درصد ۱۰۰	درصد ۸۰	درصد ۶۰	درصد ۴۰
۱۶/۸۰	۱۶/۸۰	۱۶/۸۰	۱۶/۸۰	۱۶/۸۰	۱۶/۸۰	۱۶/۸۰	۱۶/۸۰	۱۶/۸۰	۱۶/۸۰
۱۸/۴۰	۱۸/۴۰	۱۸/۳۹	۱۸/۴۰	۱۸/۳۹	۱۸/۳۹	۱۸/۳۹	۱۸/۳۹	۱۸/۳۹	۱۸/۳۹
۱۹/۷۰	۱۵/۸۰	۱۵/۷۶	۱۱/۶۳	۱۱/۶۳	۱۹/۷۰	۱۵/۷۶	۱۱/۶۳	۱۱/۶۳	۱۱/۲۶
۲۸/۰۰	۱۸/۳۰	۱۸/۰۸	۲۲/۱۰	۲۲/۶۳	۲۷/۹۶	۱۸/۸	۲۲/۶۳	۱۹/۸۴	۱۳/۸۱
۴۰/۱۰	۲۲/۰۲	۲۱/۵۳	۲۹/۵۳	۳۰/۱۰	۴۰/۲۰	۲۱/۵۳	۳۰/۱۰	۲۴/۴۰	۱۸/۲۲
۵۱/۱۰	۴۷/۷۳	۴۷/۲۹	۳۹/۹۷	۴۰/۷۵	۵۰/۹۶	۴۷/۲۹	۴۰/۷۵	۳۴/۴۲	۳۶/۷۱
۵۹/۲۰	۵۴/۰۳	۵۲/۷۲	۴۵/۷۷	۴۶/۴۴	۵۹/۸۰	۵۳/۷۲	۴۶/۴۴	۴۰/۰۶	۱۷/۸۷
۶۰/۱۰	۵۶/۳۳	۵۶/۲۹	۴۴/۵۱	۴۴/۷۵	۵۹/۹۵	۵۶/۲۹	۴۴/۷۵	۱۱/۹۰	۷/۱۳
۵۷/۴۰	۵۴/۱۳	۵۴/۷۶	۳۴/۴۷	۳۲/۳۶	۵۶/۸۳	۵۴/۷۶	۳۲/۳۶	۳۷/۲۰	۷/۳۹
۵۴/۷۰	۵۳/۱۰	۵۲/۱۹	۳۰/۶۹	۲۷/۸۹	۵۴/۶۱	۵۳/۱۹	۲۷/۸۹	۱۳/۹۷	۲۱/۹۲
۵۱/۳۰	۴۸/۸۳	۴۸/۹۸	۳۹/۳۵	۳۸/۷۷	۵۱/۲۰	۴۸/۹۸	۳۸/۷۷	۳۶/۵۶	۲۷/۵۱
۳۹/۹۰	۳۸/۲۶	۳۸/۴۱	۲۶/۲۸	۲۴/۶۵	۳۹/۲۲	۳۸/۴۱	۲۴/۶۵	۲۱/۵۱	۱۱/۴۸
۲۷/۴۰	۱۸/۰۰	۱۵/۷۹	۱۸/۷۲	۱۹/۲۴	۲۷/۲۶	۱۵/۷۹	۱۹/۲۴	۱۰/۳۴	۷/۶۷

جدول ۸- مقادیر عملکرد دو رقم بادامزمینی در تیمارهای اعمال شده و تخمین زده شده با دو روش Taftteh et al. (2013) و Raes (2004)

ارقام	تامین نیاز آبی گیاه	مقادیر اندازه‌گیری شده (کیلوگرم در هکتار)	مقادیر برآورد شده با مدل ریس (کیلوگرم در هکتار)	مقادیر برآورد شده با مدل تافته و همکاران (کیلوگرم در هکتار)
گیل	۱۰۰ درصد	۱۵۴۱	۱۴۴۶	۱۴۱۹
	۸۰ درصد	۱۲۷۸	۱۱۷۷	۱۱۷۱
	۶۰ درصد	۱۳۱۷	۹۳۴	۹۳۷
	۴۰ درصد	۴۱۷	۷۲۳	۷۳۸
جنوبی	۱۰۰ درصد	۱۴۳۵	۱۴۲۶	۱۳۹۲
	۸۰ درصد	۱۱۹۲	۱۱۶۵	۱۱۶۴
	۶۰ درصد	۹۹۹	۹۲۵	۹۳۲
	۴۰ درصد	۷۷۸	۷۱۲	۷۳۱


شکل ۸- مقایسه مقادیر عملکرد تخمین زده شده توسط روش Taftteh et al. (2013) و اندازه‌گیری شده گیاه بادامزمینی

شکل ۷- مقایسه مقادیر عملکرد تخمین زده شده توسط روش Raes (2004) و اندازه‌گیری شده گیاه بادامزمینی
جدول ۹- بررسی آماری نتایج تخمین عملکرد بادامزمینی با روش‌های Raes, (2004) و Taftteh et al, (2013)

روش	EF	D	NRMSE	RMSE	MBE
ریس	-۵۶/۱۷	۰/۹۱	۰/۱۶۴	۱۸۳/۷۴	-۵۶/۱۷
تافته و همکاران	-۵۹/۳۰	۰/۹۰	۰/۱۶۸	۱۸۸/۲۳	-۵۹/۳۰

۰/۴۷ و در سال ۹۷ در بازه ۰/۶۴-۱ قرار داشت. مراحل چهارگانه ابتدایی، توسعه گیاه، میانی و پایانی برای هر دو رقم به ترتیب ۲۰، ۳۰، ۴۵ و ۳۰ روز بود. ضریب گیاهی در رقم جنوبی در مرحله ابتدایی، توسعه گیاه، میانی، پایانی در سال‌های ۹۶ به ترتیب ۰/۴، ۰/۳۷، ۱/۰۱ و ۰/۷۹ و در سال ۹۷ به ترتیب ۰/۴، ۰/۳۷، ۰/۹۸ و ۰/۷۵ به دست آمد. در رقم گیل، ضرایب گیاهی در مرحله ابتدایی، توسعه گیاه، میانی، پایانی در سال‌های ۹۶ به ترتیب ۰/۴، ۰/۳۶، ۱/۰۱ و ۰/۷۸ و در سال ۹۷ به ترتیب ۰/۴، ۰/۳۶، ۰/۹۸ و ۰/۷۴ بود. بررسی توابع تولید جهت واسنجی ضریب حساسیت در ارقام گیل و جنوبی در روش‌های ریس و تافته و همکاران نشان داد که در روش ریس، مقدار ریشه میانگین مربعات خطا ۱۸۳ کیلوگرم در هکتار، مقدار نرمال شده آن حدود ۱۶ درصد و شاخص کارایی این روش ۰/۷۲ بود. در روش تافته و همکاران، مقدار ریشه میانگین مربعات خطا ۱۸۸ کیلوگرم در هکتار، مقدار نرمال شده

نتیجه‌گیری

عامل ضرایب حساسیت و ضرایب گیاهی برای ارقام بادامزمینی در شرایط اقلیمی گوناگون و همچنین برای مراحل مختلف رشد متفاوت می‌باشد و عمدتاً ارقام و مدیریت آبی بر توسعه و شکل‌گیری محصول تأثیر می‌گذارد. از این‌رو در مراحل مختلف رشد و نمو، واکنش یکسانی به کمبود آب ندارد و ضرایب حساسیت و ضرایب گیاهی به کمبود آب در مراحل مختلف رشد بسته به وضعیت خاک، عوامل اقلیمی، رقم و طول فصل رویش متغیر بود. کاهش مقدار آب آبیاری و ایجاد شرایط کم‌آبیاری در طول دوره رشد نیز بر پاسخ تبخیر-تعرق ارقام بادامزمینی به تنش آبی مؤثر بود. نتایج نشان داد که با توجه به مقدار تنش وارده بر گیاه، مقادیر ضرایب تنش آبی برای پارامترهای تبخیر-تعرق برای رقم جنوبی در سال ۹۶ در بازه ۰/۴۵-۱ و در سال ۹۷ در بازه ۰/۶۳-۱ متغیر بود. در حالی که در رقم گیل در سال ۹۶ در بازه ۰/۶۳-۱

"هیچ گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

آن حدود ۱۷ درصد و شاخص کارایی این روش ۰/۷۱ بود. از این رو هر دو روش، ارزیابی قابل قبولی را در تعیین عملکرد بادام-زمینی ارائه نمودند و برای منطقه مورد مطالعه پیشنهاد می‌شوند.

REFERENCES

- Abdzad Gohari, A. (2021a). Investigations of Yield, Production Function and Water Productivity of Two Peanut Cultivars under Conditions Deficit Irrigation in Different Irrigation Methods. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*. 2(15), 467-482. (In Farsi)
- Abdzad Gohari, A. (2021b). Investigation of the Effect of Deficit Irrigation and Two Irrigation Methods on Yield and Yield Components of Two Peanut Cultivars. *Journal of Water Research in Agriculture (Soil and Water Sci.)*.35(1), 61-73. (In Farsi)
- Abdzad Gohari, A. and Sadeghipour, O. (2019). Weed management in peanut fields. *Andishmandan Pars Publications*, 62 p. (In Farsi)
- Abou Kheira Abdrabbo, A. (2009). Macromanagement of deficit-irrigated peanut with sprinkler irrigation. *Agriculture Water Management*. 96, 1409-1420.
- Akbari Nodehi, (2017). D. Effect of water stress on different growth stages of yield and water use efficiency of maize. *Water and Irrigation Management*. 7(2), 305-318. (In Farsi)
- Akcali, I. D. Ince, A. and Guzel. E. (2006). Selected Physical Properties of Peanuts. *International Journal of Food Properties*. 9, 25-37.
- Allen, R. G., L. S. Pereira, T. A. Howell and M. E. Jensen. (2011). Evapotranspiration information reporting: I. Factors governing measurement accuracy. *Agricultural Water Management*. 98(6), 899-920.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., and Smith, M., (1998). Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage Paper No 56*. Rome, Italy, 300 p.
- FAO 2018. FAOSTAT. Available online: <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx# ancor>.
- Archer, P., (2016). Overview of the peanut industry supply chain. In: Stalker, H.T., Wilson, R.F. (Eds.), *Peanuts: Genetics, Processing, and Utilization*. (Amster- dam: ElsevierInc), pp. 253-266.
- Aruna, K.T., Satish kumar, U., Ayyana gowdar, M. S., Srinivasa Reddy, G. V. and Shanwad, U. K. (2017). Crop Coefficient (Kc), Water Requirement and Effect of Deficit Irrigation on Groundnut Crop Yield Under Agro Climatic Condition of Raichur, Karnataka. *International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT)*. 5(3), 333-340.
- Arunyanark, A., Jogloy, S., Akkasaeng, C., Vorasoot, N., Nageswara Rao, R.C., Wright, G.C. and Patanothai, A. (2009). Association between aflatoxin contamination and drought tolerance traits in peanut. *Field Crops Research*.114, 14-22.
- Babazadeh, H., Abdzad Gohari, A. and Khonok, A., (2017). Evaluation of peanut yield and its components in terms of drip irrigation and nitrogen fertilizer. *Journal of Water Research in Agriculture (Soil and Water Sci.)*.31(4), 571-584. (In Farsi)
- Boydak, E. Karaaslan, D. Hüseyin, and Türko. H. (2010). The effect of different nitrogen and irrigation levels on fatty acid composition of peanut oils. *Turkish Journal of Field Crops*. 15(1): 29-33.
- Dong, Y.J. , Chen, W.F. , Zhuge, Y.P. , Song, Y.L. , Hu, G.Q. , Wan, Y.S. , Liu, F.Z. , Li, X. (2018). Effect of application of exogenous nitric oxide at different critical growth stages in alleviating Fe deficiency chlorosis of peanut growing in calcareous soil. *Journal Plant Nutrient*. 47, 867-887.
- Doorenbos, J., Kassam, A.H., (1979). Yield response to water. *FAO Irrigation and Drainage Paper 33*, Rome, Italy, 193 pp.
- Han, L.Z. Liu, C. Zhou, J. (2019). Effects of inoculation with growth-promoting bacteria on peanut rhizosphere soil microorganism and nutrient elements. In: *Genomics and Applied Biology*, 38, pp. 3065-3073.
- Nataraj, K.C. Babu, M.V., Narayanaswamy, G., Bhargavi, K., Reddy, B.S., Rao, C.S. (2016). Nutrient management strategies in groundnut-based crop production systems in dry- land regions of southern Andhra Pradesh. *Indian Journal of Fertilizers*. 16 (10), 58-75.
- Pasupuleti, J. M.T. Variath, M. K. Pandey, H. Desmae, B. N. Motagi, P. Okori, S.S. Manohar. (2016). Genomic Tools in Groundnut Breeding Program: Status and Perspectives. *Frontiers in Plant Science*. 7, p. 289.
- Raes, D. (2004). Budget: a soil water and salt balance model. Reference Manual. Version 6.0. and select downloads and next software.
- Subhashini, D.V. (2016). Improved growth and nutrient uptake in peanut inoculated with *Glomus intraradices*. *Annals of Plant Protection Sciences*. 24, 145-147.
- Tafteh, A. Babazadeh, H. EbrahimiPak, N.A. and Kaveh, F. (2014). Determine yield response factors of important crops by different production functions in Qazvin Plain. *Ecology, Environment and Conservation*. 20, 415-422.
- Tafteh, A., Babazadeh, H., EbrahimiPak, N.A., and F. Kaveh, (2013). Evaluation and improvement of crop production functions for simulation winter wheat yields with two types of yield response factors. *Journal of Agricultural Science*. 5 (3). 111-122.



Xia, Z. Wang, Q. She, Z. Gao, M. Zhao, Y. Guo, L. Jin, C. (2019). Nitrogen removal pathway and dynamics of microbial community with the increase of salinity in simultaneous nitrification and denitrification process. *Science. Total Environ.* 697. 134047.

Zhao, Y.J., Liu, J.L., Zhang, Y.B., Liu, S., Sun, H.J. (2019). The response of spring peanut to nitrogen, phosphorus and potassium in Eastern Hebei Province. *Acta Agriculture. Bore-ali-Sin.* 34, 192-198.