نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۱۵، خرداد - تیر ۱۴۰۰، ص. ۴۸۲-۴۶۷

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 2, Vol. 15, Jan.-Jul. 2021, p. 467-482

مقاله پژوهشی

بررسی عملکرد، تابع تولید و بهره‌وری مصرف آب دو رقم بادام‌زمینی تحت شرایط کم‌آبیاری در روش‌های مختلف آبیاری

علی عبدزادگوهری[۱]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۱۸

چکیده

ارائه روش آبیاری کارآمد و انتخاب رقم مناسب در راستای افزایش عملکرد و بهره‌وری مصرف آب می‌تواند کمک شایانی به تولید کمی و کیفی محصول بادام‌زمینی نماید. پژوهش حاضر به‌منظور بررسی عملکرد، تابع تولید و بهره‌وری مصرف آب دو رقم بادام‌زمینی تحت شرایط کم‌آبیاری در روش‌های مختلف آبیاری به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار، در سال‌های ۱۳۹۷و ۱۳۹۸ در استان گیلان اجرا شد. تیمار اصلی شامل دو روش آبیاری قطره‌ای و جویچه‌ای، و عامل فرعی شامل تأمین ۱۲۵، ۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد تأمین‌نیاز آبی گیاه و عامل فرعی‌فرعی، دو رقم بادام‌زمینی گیل و جنوبی بود. نتایج نشان داد که اثرات ساده، اثر متقابل آبیاری و تأمین‌نیازآبی و اثر متقابل تأمین-نیازآبی و رقم در سطح یک درصد بر عملکرد زیست‌توده، غلاف و دانه معنی‌دار بود. میزان عملکرد غلاف و دانه در روش قطره‌ای، بیشتر از روش جویچه‌ای بود. در اثر متقابل تأمین نیازآبی و رقم، بیشترین عملکرد زیست‌توده، غلاف و دانه با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی در رقم‌گیل مشاهده شد. در روش آبیاری قطره‌ای و تأمین ۱۰۰ درصد نیازآبی، بیشترین بهره‌وری مصرف‌آب مبتنی بر عملکرد غلاف در سال‌اول و دوم به‌ترتیب به میزان ۰/۹۱ و ۰/۹۴ کیلوگرم بر مترمکعب و در عملکرد دانه در طی دو سال به میزان ۰/۶۰ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. تأمین نیازآبی بر محتوای‌روغن، فسفر و نیتروژن‌دانه در سطح یک درصد و بر پروتئین دانه در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. بیشترین محتوای روغن، فسفر و نیتروژن‌دانه با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی و در پروتئین دانه با تأمین ۲۵ درصد نیاز آبی به دست آمد. بر اساس‌نتایج و با توجه به بهره‌وری مصرف آب، کشت بادام‌زمینی رقم گیل با استفاده از روش آبیاری قطره‌ای و تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی، برای منطقه مورد مطالعه پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آب مصرفی، بادام‌زمینی، پروتئین‌دانه، روش‌آبیاری، روغن‌دانه

مقدمه

بادام‌زمینی (*Arachis hypogea* L) گیاهی روغنی از خانواده بقولات و بومی منطقهٔ جنوب شرقی آمریکا می‌باشد که می‌تواند بخش عمده‌ای از پروتئین غذایی را تأمین کند (جمال امیدی، و همکاران، ۱۳۹۷؛ رستگار و همکاران، ۱۳۹۷). این گیاهِ گرمادوست در نواحی گرم تا معتدل جهت روغن‌گیری از دانه و مصرف آجیلی کشت می‌شود (Kamara et al., 2017). بادام‌زمینی دارای ۲۵ تا ۳۰ درصد پروتئین قابل هضم، ۴۰ تا ۵۰ درصد روغن، ۲۰ درصد کربوهیدرات و ۵ درصد فیبر (Okello et al., 2010) و ویتامین‌های بسیاری از جمله ویتامین «ب»، ریبوفلاوین و فولات، منیزیم، فسفر، منگنز و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی می‌باشد (افشار محمدیان و همکاران، ۱۳۹۴). در ایران، کشت بادام‌زمینی در استان‌های گیلان، گلستان و بخش‌هایی از مازندران، دشت مغان، کرمان و شمال خوزستان رایج است (عبدزادگوهری و صادقی‌پور، ۱۳۹۸). رشد و عملکرد نهایی بادام‌زمینی با توانایی آن برای استفاده از منابع محیطی مانند آب، خاک، مقاومت در برابر آفات و مواد مغذی ارتباط نزدیک دارد (Pereiraa et al., 2016; Stalker, 2017). از این‌رو مدیریت آبیاری در مزرعه بادام-زمینی یکی از موثرترین ابزارها برای بدست آوردن سیستم پایدار و دارای برنامه برای به حداکثر رساندن عملکرد آن است (Rasekh et al., 2010; Morla et al., 2018; Graciano et al., 2011; Kambiranda et al., 2011). کشاورزی پایدار به منابع آبی موجود برای رشد محصولات زراعی اعم از بارندگی کافی و به موقع و مدیریت آبیاری بهینه بستگی دارد (Abdzad Gohari et al.,

۱- استادیار باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد اسلامشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اسلامشهر، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: abdzadgohari_a@yahoo.com)
DOR: 20.1001.1.20087942.1400.15.2.19.1

2017). کمبود آب و اثرات تشدیدکننده آن و همچنین تغییرات اقلیمی، در حال حاضر اصلی‌ترین عامل محیطی است که تولید محصول را در سراسر جهان را محدود می‌کند و بحرانی‌ترین مانع برای تولید مواد غذایی در آینده خواهد بود (Boontang et al., 2010). برای رسیدن به روش‌های پایدار در مصرف آب، ابزارهایی برای بهینه‌سازی کاربرد آب در سیستم‌های آبیاری موردنیاز است، لذا تنش‌آبی یا اعمال کم‌آبیاری در محصولات زراعی امری لازم به حساب می‌آید. کم‌آبیاری از راهکارهای بهینه‌سازی مصرف‌آب بوده که در طی آن، مقدار تنش آبی در طول فصل رشد گیاه انجام می‌شود (Boydak, et al., 2010). هدف اصلی در کم‌آبیاری، افزایش بهره‌وری مصرف آب با حذف آن قسمت از آب آبیاری است که تأثیر معنی‌داری بر رشد گیاه و عملکرد آن ندارد (Jongrungklang et al., 2012). پژوهش‌های متعددی نشان دادند که تنش‌آبی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی‌است که خصوصیات مورفولوژی و فیزیولوژی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Boontang et al., 2010; Jongrungklang et al., 2011). کمبود آب و درجه حرارت بالا به دلیل خشکی منطقه‌ای یا عدم بارندگی به موقع در دوره‌های مهم رشد، مهمترین عامل محدودکننده تولید بادام‌زمینی در سراسر جهان است (Girdthai et al., 2010; Koolacharta et al., 2013). تنش آبی در مراحل گلدهی و تشکیل غلاف‌ها، عملکرد دانه را در بادام‌زمینی کاهش می‌دهد و با تسریع پیری برگ‌ها، موجب کاهش دوره رشد گیاه می‌گردد (عبدزادگوهری و صادقی‌پور، ۱۳۹۸). بابازاده و همکاران (۱۳۹۶) اثر مقادیر مختلف آبیاری با تیمارهای ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ نیاز آبی گیاه را در بادام‌زمینی بررسی نمودند و گزارش دادند که کاهش میزان آب آبیاری در تیمارهای تنش، سبب کاهش اندام هوایی و عملکرد دانه می‌شود. پاسخ عملکرد بادام‌زمینی به تغییر در روش آبیاری به طور گسترده‌ای در سراسر جهان مورد مطالعه قرار گرفته است و به نظر می‌رسد در شرایط آبیاری مناسب و تأمین نیاز آبی گیاه، عملکرد دانه در بادام‌زمینی افزایش خواهد داشت (Balota, 2020; Morla et al., 2018) و آبیاری بیش از نیاز آبی، باعث افزایش عملکرد غلاف در بادام‌زمینی نمی‌شود (Rowland et al., 2010؛ بابازاده و همکاران،۱۳۹۶). بهره‌وری مصرف آب یکی از شاخص‌های مصرف بهینه آب آبیاری است. اجرای برنامه کاهش آب با شناخت رفتار فیزیولوژیک گیاهی، شناخت مصارف غیرمفید و انجام تمهیدات برای کنترل آن‌ها و اصلاح عملیات زراعی مثل اصلاح روش آبیاری، تغییر شیوه کشت، استفاده از کم‌آبیاری، از روش‌های مرسوم می‌باشد. روش‌های متعددی نیز برای اعمال کم‌آبیاری و بهره‌وری مصرف آب ارائه شده است که می‌تواند استفاده کارآمد از آب و انتخاب روش‌های مناسب برای آبیاری بادام‌زمینی را نمایان کند. بابازاده و همکاران (۱۳۹۶) بیشترین میزان بهره‌وری آب مبتنی بر عملکرد بیولوژیک در بادام‌زمینی را در تیمارهای ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۱/۱۲، ۱/۱۲ و ۱/۰۳ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش کردند. در پژوهشی عبدزادگوهری و همکاران (۱۳۹۶) میزان بهره‌وری آب آبیاری مبتنی بر عملکرد غلاف را در بادام‌زمینی در شرایط کم-آبیاری بررسی نمودند و بیشترین و کمترین مقدار بهره‌وری را به ترتیب۰/۹۰ و ۰/۸۷ کیلوگرم بر مترمکعب بیان کردند. سزن و همکاران، اثر کم‌آبیاری را بر عملکرد و بهره‌وری مصرف آب در بادام-زمینی تحت شرایط آبیاری قطره‌ای در کشور ترکیه در سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۱۵ بررسی نمودند و گزارش کردند که بیشترین بهره‌وری مصرف آب مبتنی بر عملکرد دانه در این دو سال به ترتیب ۰/۷۴ و ۰/۶۳ کیلوگرم بر مترمکعب بود (Sezen et al., 2019). روش متداول آبیاری در زراعت بادام‌زمینی، روش جویچه‌ای است (عبدزادگوهری. ۱۳۸۸) که معمولاً با تلفات آب و از بین رفتن مواد مغذی فراوان همراه است. اما در روش آبیاری قطره‌ای، نفوذ عمقی و تبخیر کاهش یافته و وضعیت آب خاک در منطقه ریشه زراعی دقیق-تر کنترل می‌شود. در روش قطره‌ای، آب موردنیاز و مواد غذایی گیاه از طریق ساطع شدن، مستقیماً در منطقه توسعه ریشه قرار گرفته و حداکثر جذب آب و به تبع آن، بیشترین بازده بهره‌وری مصرف آب را می‌تواند داشته باشد (Balota, 2020). در پژوهشی نشان داده شد که روش قطره‌ای نسبت به روش جویچه‌ای، مصرف آب با کاهش ۳۰ تا ۷۰ درصدی همراه بود و این در حالی است که میزان تولید بادام‌زمینی افزایش ۲۰ تا ۳۰ درصدی داشت (Rowland et al., 2010). رابطه بین آب، خاک و گیاه معمولاً پیچیده بوده و برای بیان رابطه کمی بین عملکرد گیاه و عوامل تولید از تابع تولید استفاده می‌شود. تابع تولید در تجزیه و تحلیل و روابط عوامل تولید و اثر آن‌ها بر عملکرد و همچنین بررسی کارآیی نهاده‌های تولید مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (بابازاده و همکاران، ۱۳۹۶). برآورد پارامترهای تابع تولید برای تحلیل عملکرد از اهمیت ویژهای برخوردار است و نمی‌توان عوامل تأثیرگذار و مسیر رشد بلندمدت را به درستی برآورد کرد، مگر این‌که پارامترهای تولید را با دقت برآورد نمود. این امر مستلزم در نظر گرفتن عوامل و نهاده‌های کلیدی تأثیرگذار بر تولید و همچنین انتخاب تابع تولید مناسب است (عبدزادگوهری و امیری، ۱۳۹۷؛ عبدزادگوهری و همکاران، ۱۳۹۶). هدف از این پژوهش، بررسی تابع تولید، عملکرد و بهره‌وریِ مصرف آب در دو رقم بادام‌زمینی در شرایط کم‌آبیاری و روش‌های مختلف آبیاری در استان گیلان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به صورت کرت‌های دوبار خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار، در سال‌های ۱۳۹۷و ۱۳۹۸ در شهرستان آستانه اشرفیه (در شرق استان گیلان) با طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۹۶ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۶

دقیقه و با ارتفاع متوسط ۵- متر از سطح دریا اجرا شد. عامل اصلی شامل دو روش آبیاری قطره‌ای و جویچه‌ای، و عامل فرعی شامل تأمین ۱۲۵، ۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد نیاز آبی و عامل فرعی‌فرعی، دو رقم بادام‌زمینی گیل و جنوبی بود. منطقه از لحاظ آب و هوایی جزء مناطق معتدل و مرطوب بود و میزان بارندگی در طول فصل رشد در سال ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ به ترتیب ۷۷/۴ و ۷۶ میلی‌متر گزارش شد. (جدول۱). به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، قبل از آماده‌سازی زمین نمونه‌های خاک از اعماق ۰-۲۰ و ۲۰-۴۰ برداشت و برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن‌ها تعیین گردید (جدول۲). در اول اردیبهشت‌ماه زمین مورد مطالعه شخم زده شد و بر اساس آزمون خاک و با تعیین نیاز کودی، ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر از نوع سوپرفسفات تریپل قبل از کاشت، و کود اوره به میزان ۶۰ کیلوگرم در هکتار در زمان کاشت و گلدهی در اختیار گیاه قرار گرفت. در ۱۵ اردیبهشت‌ماه، بذرهای بادام‌زمینی، روی ردیف خطی و به صورت دستی کشت شد. در این طرح ابعاد هر یک از کرت‌ها ۲/۵×۴ (متر×متر) بود. در روش آبیاری قطره‌ای، نوارهای آبیاری در بین دو ردیف کشت، از یکدیگر ۵۰ سانتی‌متر فاصله داشتند و لوله‌های تیپ دارای قطر ۱۶ میلی‌متر، با فاصله سوراخ‌های ۱۰ سانتی‌متر و دبی ۱/۲ لیتر در ساعت به ازای هر سوراخ بود. برای کنترل شدت جریان آب در سیستم، از یک شیر فلکه و یک لوله فرعی قبل از ورود آب به لوله نیمه اصلی استفاده شد. در روش جویچه‌ای، برای اندازه‌گیری آب ورودی و خروجی از فلوم WSC و برای آبیاری جویچه‌ها، از لوله‌های دریچه‌دار استفاده گردید. جهت تعیین تیمارهای آبیاری از تخلیه رطوبتی خاک به روش وزنی استفاده گردید و مدیریت آبیاری برای تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی در نظر گرفته شد و سایر تیمارهای آبیاری به عنوان درصدی از این مقدار منظور گردید. برای دستیابی به تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی، مقدار آب آبیاری و رطوبت خاک در عمق ریشه گیاه با استفاده از رابطه (۱) با احتساب راندمان ۹۰ درصد به نحوی محاسبه گردید که رطوبت خاک تا عمق ریشه به حد ظرفیت مزرعه برسد (اکبری‌نودهی، ۱۳۹۶).

$$d_n = (\theta_{Fc} - \theta_i).\rho_b.D_r \quad (۱)$$

که در آن، θ_{Fc}: درصد وزنی رطوبت در ظرفیت زراعی، θ_i: درصد وزنی رطوبت موجود در خاک، ρ_b: جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌مترمکعب)، D_r: عمق مؤثر ریشه (سانتی‌متر) می‌باشد. مدت زمان آبیاری بستگی به این دارد که چه زمانی پس از شروع آبیاری، جبهه رطوبتی به عمق ریشه گیاه برسد. برای یافتن مدت زمان و میزان عمق آبیاری، در هر مرحله با تعیین عمق ریشه در گیاه و حفر نیمرخ ریشهٔ یکی از بوته‌های حاشیه کرت و اندازه‌گیری توسط خط‌کش، رطوبت خاک لایه مربوطه به روش وزنی در هر مرحله آبیاری مشخص شد. میزان آب مصرفی در طول دوره رشد گیاه از مجموع آب آبیاری و مقدار بارندگی تأمین شد. اندازه‌گیری مقدار آب تحویلی به هر واحد آزمایشی توسط کنتور و اندازه‌گیری تبخیر و تعرق واقعی گیاه بادام‌زمینی از طریق اندازه‌گیری اجزای بیلان آب بر اساس رابطه (۲) انجام شد.

$$I+P-ET_C-R-D=\Delta S \quad (۲)$$

که در آن، I: مقدار آب آبیاری (میلی‌متر)، P: بارندگی مؤثر (میلی‌متر) و ET_c: مقدار تبخیر و تعرق (میلی‌متر). پارامترهای R و D به ترتیب مقدار رواناب و عمق آب زهکشی شده هستند که این مقادیر صفر در نظر گرفته شدند. ΔS: نشان‌دهنده تغییرات ذخیره رطوبت خاک بر حسب میلی‌متر می‌باشد که جهت تعیین آن، پس از هر نوبت آبیاری، از کرت‌های آزمایشی نمونه‌گیری‌رطوبتی (روش‌وزنی) انجام پذیرفت. تبخیر و تعرق گیاه مرجع یا پتانسیل (ET_o) از روش پنمن مانتیث و با کمک برنامه کراپ‌وات (Cropwat) محاسبه گردید. 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 انجام شد. مقدار رطوبت خاک حد ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم به ترتیب در مکش‌های ۰/۳ و ۱۵ اتمسفر با دستگاه صفحه فشاری اندازه‌گیری شد (جدول۳). برآورد عملکردها، در انتهای دوره رشد و در زمان رسیدگی نهایی انجام شد. برای اندازه‌گیری عملکردها، از سه خط وسط کرت با رعایت اصول نمونه‌برداری، بوته‌های موجود در مساحت دو مترمربعی (به‌صورت‌کف‌بر) برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه‌ها تا رسیدن به وزن خشک ثابت، به مدت ۴۸ ساعت داخل آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. غلاف‌ها با ترازوی دیجیتالی با دقت یک هزارم توزین و عملکرد بیولوژیک، غلاف و دانه اندازه‌گیری و برای انجام محاسبات آماری به کیلوگرم در هکتار تبدیل شدند. در تعیین درصد روغن دانه، ابتدا مغز بادام‌زمینی بعد از پوست‌گیری، آسیاب شد. پودر مغز بادام‌زمینی با استفاده از روش سوکسله (دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد و حلال دیاتیلاتر خشک) روغن‌گیری شد. حلال موجود در روغن استخراج شده با استفاده از آون تحت خلاء در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد جداسازی و میزان روغن آن تعیین گردید (Canavar, 2015). برای اندازه‌گیری کل نیتروژن موجود و به تبع آن محاسبه پروتئین خام، از روش کجلدال استفاده شد. مقدار پروتئین کل موجود در نمونه‌ها با استفاده از روش هضم، تقطیر، جمع‌آوری و تیتراسیون اندازه‌گیری و سپس برای تبدیل درصد نیتروژن به درصد پروتئین از ضریب ۶/۵۲ استفاده گردید.

جدول۱- اطلاعات مربوط به داده‌های هواشناسی منطقه مورد مطالعه

ماه	حداکثر دما (°C)		حداقل دما (°C)		ساعت آفتابی (hr)		سرعت باد (m/s)		حداکثر رطوبت (٪)		حداقل رطوبت (٪)		تبخیر از تشتک (mm/day)	
	سال۹۷	سال۹۸	سال۹۷	سال۹۸	سال۹۷	سال۹۸	سال۹۷	سال۹۸	سال۹۷	سال۹۸	سال۹۷	سال۹۸	سال۹۷	سال۹۸
اردیبهشت	۲۵/۳	۲۶/۲	۱۶	۱۷	۵/۴	۶/۳	۶/۹	۶/۵	۹۱	۹۴	۶۳/۲	۶۳/۸	۴/۳	۴/۴
خرداد	۲۸/۴	۲۹/۲	۱۹/۱	۱۸/۶	۸/۲	۹	۶/۳	۶/۵	۹۰/۵	۹۱/۶	۵۶/۶	۵۷/۵	۵/۷	۵/۲
تیر	۳۰/۸	۳۱/۹	۱۹/۶	۲۱/۴	۹	۹/۲	۵/۶	۵/۲	۸۸/۶	۸۶/۵	۵۶/۸	۵۵/۶	۵/۸	۵/۷
مرداد	۳۱/۷	۳۳/۸	۲۰/۱	۲۰/۶	۹/۸	۱۰/۲	۶/۳	۶/۸	۸۸/۸	۸۹/۷	۴۹/۷	۴۶/۵	۶/۴	۶/۶
شهریور	۳۰/۶	۳۲/۳	۲۲	۲۱	۷/۸	۷/۹	۵/۹	۶	۹۱/۳	۹۴	۵۵/۸	۵۴/۳	۵/۳	۵/۱

جدول۲- خصوصیات خاک منطقه مورد مطالعه

سال‌های مطالعه	عمق خاک(cm)	بافت خاک	هدایت‌الکتریکی (dS/m)	کربن آلی (٪)	نیتروژن کل (٪)	فسفر قابل جذب (mg/l)	پتاسیم قابل جذب (mg/l)	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)
سال۹۷	۲۰ -۰	لوم	۰/۶۳۱	۰/۶۸	۰/۰۸۴	۶/۲۷	۲۳۹	۱۹	۳۲	۴۹
	۴۰ - ۲۰	لوم	۰/۶۳۶	۰/۶۷	۰/۰۹۱	۶/۰۹	۲۲۸	۱۸	۳۲	۵۰
سال۹۸	۲۰ -۰	لوم	۰/۶۵۶	۰/۶۶	۰/۰۸۵	۶/۱۷	۲۳۰	۲۰	۳۰	۵۰
	۴۰ - ۲۰	لوم	۰/۶۴۸	۰/۶۹	۰/۰۹۹	۶/۰۱	۲۰۱	۱۹	۳۲	۴۹

جدول۳- وزن مخصوص ظاهری، رطوبت در ظرفیت زراعی و رطوبت در نقطهٔ پژمردگی در لایه‌های مختلف خاک

اعماق خاک (cm)	رطوبت وزنی در ظرفیت زراعی (٪)	رطوبت وزنی در نقطهٔ پژمردگی (٪)	وزن مخصوص ظاهری (gr/cm^3)
۲۰-۰	۲۷/۱	۱۴/۷	۱/۲۵
۴۰-۲۰	۲۵/۵	۱۳/۷	۱/۳۸

تعیین درصد فسفر در نمونه‌های گیاهی، از روش هضم در بالن ژوژه با اسید سولفوریک، اسید سالیسیلیک، و آب اکسیژنه استفاده شد. پس از تهیهٔ عصاره، با روش نورسنجی (رنگ‌زرد وانادات مولیبدات) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر، میزان فسفر گیاه اندازه‌گیری گردید (Canavar, 2015). محاسبهٔ میزان بهره‌وری مصرف آب، از تقسیم مقدار عملکرد (کیلوگرم) بر کل مقدار آب مصرفی (مترمکعب) تخمین زده شد (Abou Kheira Abdrabbo, 2009). تعیین فرم دقیق تابع تولید تا حدود زیادی بستگی به شرایط تولید و تابع هدف دارد. در این پژوهش برای تعیین توابع آب مصرفی-عملکرد-بهره‌وری مصرف آب، از رابطه (۳) استفاده شد.

$$Y = a + bWU + cWP \quad (۳)$$

که در آن، WU: معرف آب مصرفی (میلی‌متر)، WP: بهره‌وری مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)، Y: مقدار عملکرد (کیلوگرم) و مقادیر a، b و c، ضرایب تجربی معادله است. تخمین ضرایب تابع تولید با نرم‌افزار STATISTICA5.5 و تجزیهٔ واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها (آزمون LSD در سطح ۵ درصد) با نرم‌افزار MSTATC و رسم نمودارها با نرم‌افزار EXCEL انجام گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد زیست‌توده، غلاف و دانه

نتایج نشان داد اثرات ساده روش آبیاری، تأمین نیاز آبی و رقم و اثرات متقابل روش آبیاری و تأمین نیاز آبی و تأمین نیاز آبی×رقم در سطح یک درصد بر عملکرد زیست‌توده، غلاف و دانه معنی‌دار بود (جدول۴). عملکرد زیست‌توده، غلاف و دانه در روش قطره‌ای نسبت به روش جویچه‌ای دارای برتری بود، به طوری که در سال اول به ترتیب با افزایش ۰/۷۵، ۲/۷ و ۳/۱ درصدی و در سال دوم به ترتیب افزایش ۰/۰۳، ۳/۴ و ۲/۷ درصدی داشت (جدول۵). با توجه به سطحی بودن ریشه‌های بادام‌زمینی و تشکیل غلاف‌ها در لایه‌های سطحی خاک، در روش آبیاری قطره‌ای، مقدار آب کافی در محیط اطراف ریشه فراهم شده و با افزایش تدریجی رطوبت خاک، مقاومت روزنه‌های برگ کاهش و میزان فتوسنتز برگ، رشد غلاف و در نتیجه عملکرد غلاف و دانه افزایش می‌یابد. بیشترین عملکرد زیست‌توده، غلاف و دانه در شرایط تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه در سال اول به ترتیب با میانگین ۱۳۱۵۸، ۴۷۶۹ و ۳۰۶۰ کیلوگرم در هکتار و در سال دوم به ترتیب با میانگین ۱۳۱۳۲، ۴۸۳۶ و ۳۰۲۶ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول۶). نتایج اثر متقابل روش آبیاری و تأمین

نیاز آبی نشان داد که بیشترین عملکرد زیست‌توده و غلاف با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی در روش آبیاری قطره‌ای در سال اول با میانگین ۱۳۱۷۹ و ۴۷۷۰ کیلوگرم در هکتار و در سال دوم با میانگین ۱۳۱۴۱ و ۴۸۴۲ کیلوگرم در هکتار، و در روش آبیاری جویچه‌ای در سال اول به ترتیب با میانگین ۱۳۱۳۷ و ۴۷۶۷ کیلوگرم در هکتار و در سال دوم به ترتیب با میانگین ۱۳۱۲۲ و ۴۸۳۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (جدول۸). در بین ارقام مورد مطالعه، عملکرد زیست‌توده، غلاف و دانه در رقم جنوبی نسبت به رقم گیل در سال اول به ترتیب با افزایش ۱۱/۱، ۱۱ و ۱۱/۱ درصدی و در سال دوم با افزایش ۱۰/۳، ۱۱/۵ و ۱۰/۳ درصدی همراه بود (جدول۹). همان‌گونه که در جدول ۱۱ ملاحظه می‌شود، بیشترین عملکرد زیست توده، غلاف و دانه در اثر متقابل تأمین نیاز آبی و رقم در سال اول با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی و در رقم گیل به ترتیب با میانگین ۱۳۸۵۱، ۵۰۲۰ و ۳۲۲۱ کیلوگرم در هکتار و در سال دوم به ترتیب با میانگین ۱۳۵۹۰، ۵۰۷۸ و ۳۱۶۱ کیلوگرم در هکتار بود. بنابراین بر اساس نتایج، تنش‌آبی، عملکرد دانه را کاهش داده و تأثیر منفی تنش بر عملکرد دانه، بیشتر از عملکرد ماده خشک بود. تیمارهای تنش‌آبی در مراحل انتهایی رشد بادام‌زمینی کمترین تأثیر را در عملکرد دانه بادام‌زمینی داشت و روش قطره‌ای، بیشترین عملکرد غلاف را در تامین کامل نیاز آبی گیاه نشان داد و این با نتایج پژوهشگران دیگر مطابقت دارد (Sorensen and Butts. 2014; Koolachart et al., 2013). کولاچارت و همکاران نیز نشان دادند که تنش‌آبی در زمان پر شدن غلاف می‌تواند عملکرد بادام‌زمینی را به شدت کاهش دهد (Koolachart et al., 2013). از این‌رو با کاهش آب مصرفی و اعمال تنش در تیمارهای کمتر از ۱۰۰ درصد نیاز آبی و کاهش مقدار آبیاری در بادام‌زمینی به دلیل سیستم ریشه‌ای سطحی و محدود این گیاه، و حساس بودن به کمبود رطوبت خاک به خصوص در زمان گلدهی و تشکیل غلاف، باعث افت عملکرد غلاف و دانه در این گیاه می‌گردد (Girdthai et al., 2010). جانگ‌رانگ-کلانگ و همکاران در پژوهش خود بیان کردند که آبیاری به صورت کامل در مراحل اولیه گل‌دهی بادام‌زمینی، موجب افزایش تعداد برگ، گل و دانه شد و آبیاری کامل بعد از مراحل اولیه رشد، باعث افزایش اندام‌هوایی و عملکرد زیست توده گردید (Jongrungklang et al., 2012).

شاخص‌برداشت

اثر تأمین نیاز آبی بر شاخص‌برداشت در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول۴). میزان شاخص‌برداشت در شرایط آبیاری کامل و تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی نسبت به شرایط تنش و تأمین ۲۵ درصد نیاز آبی در سال اول و دوم به ترتیب با افزایش۴۳/۷ و ۳۵/۳ درصدی همراه بود (جدول۶). مقدار شاخص‌برداشت در تیمارهای تنش‌کمترین و در تیمار آبیاری کامل، دارای بیشترین میزان بود. این موضوع نشان‌دهنده حساسیت شاخص‌برداشت به مقدار آب در دسترس گیاه می‌باشد. شاخص‌برداشت در تنش ملایم، دارای نوسان کمتر و با شدت یافتن تنش آبی، کاهش شدیدی نشان داد. اما در نهایت، در تیمار تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت، می‌تواند بیانگر اهمیت آب در این صفت باشد. برتر شدن تیمار بدون-تنش برای این صفت ممکن است به دلیل تمایل گیاه برای افزایش رشد رویشی و تولید عملکرد بیولوژیک باشد، زیرا در شرایط آبیاری، بیشترین وزن ماده خشک را در اندام هوایی داشت (Hamidou et al., 2013).

جدول٤- تجزیه واریانس عملکرد زیست توده، غلاف و دانه در شرایط تأمین نیاز آبی و روش‌های مختلف آبیاری در دو رقم بادام‌زمینی

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد زیست توده (kg/ha)		عملکرد غلاف(kg/ha)		عملکرد دانه(kg/ha)	
		سال ۹۷	سال ۹۸	سال ۹۷	سال ۹۸	سال ۹۷	سال ۹۸
تکرار	۲	۲۲۹۶۱۰۴/۴۶۷^{ns}	۱۷۸۶۹۷۸/۸۱۷ ^{ns}	۲۴۱۹۳۴/۶۰۰ ^{ns}	۲۳۰۴۹۵/۴۵ ^{ns}	۹۴۵۸۷/۶۱۷ ^{ns}	۱۱۲۶۱۱/۱۷ ^{ns}
روش آبیاری	۱	۵۸۸۴۴/۱۷**	۱۳۰۲۴/۲۶۷**	۸۲۱۴۰/۰**	۱۳۱۰۴۰/۲۶۷**	۴۶۲۰۳/۷۵۰*	۳۵۴۲۹/۴۰۰*
خطا	۲	۳۴/۶۷	۶۲۰۶/۱۱۷	۴۲/۲۰۰	۵/۱۱۷	۱۹/۵۰	۵۵۳۳/۶۵۰
تأمین نیاز آبی	۴	۱۵۷۶۴۳۷۶۰/۴۴۲**	۱۵۶۱۸۴۶۳۳/۲۲۵**	۲۵۰۶۷۰۹۳/۵۴۲**	۲۵۹۱۳۰۸۷/۷۳۳**	۱۰۴۳۳۸۶۸/۲۲۵**	۱۰۱۵۱۵۵۸/۵۴۲**
روش‌آبیاری×تأمین نیاز آبی	۴	۱۴۹۵۰۳/۳۹۲**	۲۱۰۰۱۹/۶۴۲**	۳۱۹۷۷/۲۰۸**	۴۱۸۹۹/۱۸۳**	۶۲۹۱/۴۲^{ns}	۵۴۳۰/۱۹۲^{ns}
خطا	۱۶	۴۲۶۰۹/۴۵۴	۴۷۳۸۷/۵۰۸	۶۶۱۲/۸۷	۱۵۱۰۰/۷۲۱	۲۵۹۷/۸۹۶	۷۰۶۷/۲
رقم	۱	۱۱۷۸۴۶۸۸/۱۷**	۱۰۴۷۳۴۱۰/۴۰**	۱۲۷۴۲۹۲/۲۶۷**	۱۳۸۲۵۹۴/۴۰**	۵۲۷۳۴۳/۷۵۰**	۴۵۹۰۲۵/۶۷**
روش‌آبیاری×رقم	۱	۱۶۳/۳۵۰^{ns}	۷۱۶۹۱/۲۶۷^{ns}	۲۳۲/۶۷^{ns}	۴/۲۶۷^{ns}	۱۲۶/۱۵۰^{ns}	۹۱/۲۶۷^{ns}
تأمین نیاز آبی×رقم	۴	۴۳۶۶۹۹/۸۹۲**	۳۹۷۹۷۸/۸۵۸**	۶۹۵۲۸/۵۸**	۷۴۴۲۵/۷۳۳**	۲۸۸۲۷/۷۹۲**	۲۰۷۲۹/۶۹۲**
روش‌آبیاری×تأمین‌نیازآبی×رقم	۴	۴۱۴/۸۰۸^{ns}	۱۶۴۱۳/۹۷۵^{ns}	۹۲/۲۵^{ns}	۱۱۱۵/۵۱۷^{ns}	۱۷/۹۴۲^{ns}	۲۰۹۰/۱۴۲^{ns}
خطا	۲۰	۷۲۷/۸۱۷	۳۰۱۷۴/۸۰	۸۰/۸۱۷	۶۳۵۱/۰۶۷	۳۲/۹۸۳	۱۸۷۲/۳۶۷
ضریب تغییرات (درصد)		۰/۳۲	۲/۰۴	۰/۳۲	۲/۸۵	۰/۳۲	۲/۴۳

ns ,** , * به ترتیب فاقد تفاوت معنی‌دار ، معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد.

ادامه جدول٤- تجزیه واریانس شاخص برداشت و بهره وری مصرف آب در شرایط تأمین نیاز آبی و روش‌های مختلف آبیاری در دو رقم بادام‌زمینی

منبع تغییرات	درجه آزادی	شاخص برداشت (٪)		بهره وری مصرف آب (kg/m^3) مبتنی بر عملکرد					
				زیست توده		غلاف		دانه	
		سال ۹۷	سال ۹۸	سال ۹۷	سال ۹۸	سال ۹۷	سال ۹۸	سال ۹۷	سال ۹۸
تکرار	۲	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۷ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۱ns
روش آبیاری	۱	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۱ns	۰/۸۷۱ns	۰/۸۶۴ns	۰/۱۲۸**	۰/۱۱۳**	۰/۰۶۱**	۰/۰۵۴**
خطا	۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۷	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱
تأمین نیاز آبی	۴	۰/۰۰۷**	۰/۰۰۸**	۳/۲۴۳**	۳/۵۲۹**	۰/۳۵۷**	۰/۳۳۴**	۰/۱۴۴**	۰/۱۴۶**
روش‌آبیاری×تأمین نیاز آبی	۴	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰۳۵**	۰/۰۴۶**	۰/۰۰۴**	۰/۳۳۴**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۳**
خطا	۱۶	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱
رقم	۱	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰۰۳ns	۰/۰۱۱ns	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰۰۱ns
روش‌آبیاری×رقم	۱	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰۰۳ns	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۱**
تأمین نیاز آبی×رقم	۴	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰۰۰۱*	۰/۰۱۳*	۰/۰۰۰۱*	۰/۰۰۰۱*	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰۰۲ns
روش‌آبیاری×تأمین‌نیازآبی×رقم	۴	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰۰۲ns
خطا	۲۰	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات (درصد)		۰/۰۰۱	۲/۸	۰/۰۰۱	۲/۹۱	۰/۱۹	۵/۲۲	۰/۶۴۳	۷/۸۲

ns ,** , * به ترتیب فاقد تفاوت معنی دار ، معنی دار در سطح ۱ و ۵ درصد.

ادامه جدول٤- تجزیه واریانس صفات کیفی در شرایط تأمین نیاز آبی و روش‌های مختلف آبیاری در دو رقم بادام‌زمینی

منبع تغییرات	درجه آزادی	محتوای‌روغن دانه (٪)		محتوای‌پروتئین دانه (٪)		محتوای‌فسفر دانه (٪)		محتوای‌نیتروژن دانه (٪)	
		سال ۹۷	سال ۹۸	سال ۹۷	سال ۹۸	سال ۹۷	سال ۹۸	سال ۹۷	سال ۹۸
تکرار	۲	۰/۷۴۶ns	۰/۹۵۵ns	۰/۱۰۶ns	۰/۱۶۲ns	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰۰۲ns	۰/۰۰۵ns
روش آبیاری	۱	۹۰/۵۴ns	۱۴۳/۸۴ns	۲۴/۰۷ns	۴۰/۱۸ns	۰/۰۰۴ns	۰/۰۰۸ns	۰/۷۰۴ns	۱/۲۶۴ns
خطا	۲	۳۵۳/۳۳	۵۶۱/۵۲	۹۰/۲۸	۱۵۸/۲۸	۰/۰۲	۰/۰۴	۲/۸۲	۴/۳۸
تأمین نیاز آبی	۴	۹۰۵/۴۶**	۴۶/۴۳**	۶۶/۴۹*	۱۰/۶۷*	۰/۰۵*	۰/۰۰۶*	۵/۰۳*	۰/۳۸*
روش‌آبیاری×تأمین نیاز آبی	۴	۴/۳۳ns	۶/۵۵ns	۱/۸۴ns	۲/۸۹ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۲۸ns	۰/۰۴۹ns
خطا	۱۶	۸/۵۰	۱۲/۷۱	۲/۴۵	۳/۵۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۵۳	۰/۰۸۹
رقم	۱	۳۹/۸۵ns	۰/۵۰ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۲۰ns	۰/۰۱۳ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۴ns	۰/۳۳ns
روش‌آبیاری×رقم	۱	۰/۱۶ns	۰/۳۴ns	۴/۹۳**	۸/۸۹**	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۲ns	۰/۰۰۸ns
تأمین نیاز آبی×رقم	۴	۲/۸۲ns	۴/۹۳ns	۰/۲۵ns	۰/۳۷ns	۰/۰۰۲ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۱۳ns	۰/۰۲۰ns
روش‌آبیاری×تأمین‌نیازآبی×رقم	۴	۰/۶۲ns	۰/۷۲ns	۰/۵۷ns	۰/۶۹ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۶ns	۰/۰۰۴ns
خطا	۲۰	۱/۰۴	۱/۲۶	۰/۴۱	۰/۷۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳
ضریب تغییرات (درصد)		۲/۶۵	۳/۰۵	۳/۵۴	۵/۶۲	۸/۶۶	۰/۴۹	۳/۹۴	۴/۵۷

ns ,** , * به ترتیب فاقد تفاوت معنی‌دار ، معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد.

جدول٥- اثر روش‌های آبیاری قطره‌ای و جویچه‌ای بر صفات مورد مطالعه در سال‌های ۹۷ و ۹۸

روش آبیاری	عملکرد (kg/ha)						بهره‌وری مصرف آب (kg/m^3)			
	زیست‌توده		غلاف		دانه		عملکرد غلاف		عملکرد دانه	
	سال۹۷	سال۹۸	سال۹۷	سال۹۸	سال۹۷	سال۹۸	سال۹۷	سال۹۸	سال۹۷	سال۹۸
قطره‌ای	۸۴۵۲a	۸۵۱۰a	۲۸۰۷a	۲۸۴۶a	۱۸۰۸a	۱۸۰۳a	۰/۷۲a	۰/۷۵a	۰/۴۷a	۰/۴۸a
جویچه‌ای	۸۳۸۹b	۸۴۸۰b	۲۷۳۲b	۲۷۵۲b	۱۷۵۳b	۱۷۵۴b	۰/۶۳b	۰/۶۵b	۰/۴۰b	۰/۴۱b

جدول۶- اثر تأمین نیاز آبی گیاه بر عملکرد، شاخص برداشت و بهره‌وری مصرف آب در سال‌های ۹۷ و ۹۸

تأمین نیازآبی	عملکرد (kg/ha)						شاخص برداشت (٪)		بهره‌وری مصرف آب (kg/m^3) در عملکرد			
	زیست‌توده		غلاف		دانه				زیست‌توده		غلاف		دانه	
	سال ۹۷	سال ۹۸	سال ۹۷	سال ۹۸	سال ۹۷	سال ۹۸	سال ۹۷	سال ۹۸	سال ۹۷	سال ۹۸	سال ۹۷	سال ۹۸	سال ۹۷	سال ۹۸
٪۲۵	۳۴۷۳e	۳۵۲۳e	۸۹۸e	۹۰۶e	۵۶۹e	۵۷۰e	۰/۱۶d	۰/۱۷d	۲/۵۱a	۲/۵۹a	۰/۶۵d	۰/۶۷d	۰/۴۱c	۰/۴۲c
٪۵۰	d ۶۷۵۷	d ۶۸۷۴	d ۲۰۵۳	d ۲۰۶۵	d ۱۳۱۱	d ۱۳۲۷	۰/۱۹c	۰/۱۹c	۲/۴۵b	۲/۵۴b	۰/۷۴b	۰/۷۷b	۰/۴۸b	۰/۴۹b
٪۷۵	b ۱۰۰۹۸	b ۱۰۲۸۰	b ۳۳۵۶	b ۳۴۰۵	b ۲۱۷۰	b ۲۱۸۲	۰/۲۱b	۰/۲۲b	۲/۲۰d	۲/۲۸d	۰/۷۳c	۰/۷۶c	۰/۴۷b	۰/۴۸b
٪۱۰۰	a ۱۳۱۵۸	a ۱۳۱۳۲	۴۷۶۹a	۴۸۳۶a	۳۰۶۰a	۳۰۲۶a	۰/۲۳a	۰/۲۳a	۲/۳۸c	۲/۴۲c	۰/۸۶a	۰/۸۹a	۰/۵۵a	۰/۵۶a
٪۱۲۵	۸۶۱۸c	۸۶۶۵c	۲۷۷۲c	۲۷۸۴c	۱۷۹۳c	۱۷۹۰c	۰/۲۱b	۰/۲۲b	۱/۲۵e	۱/۲۸e	۰/۴۰e	۰/۴۱e	۰/۲۶d	۰/۲۶d

جدول۷- اثر تأمین نیاز آبی گیاه بر صفات کیفی بادام‌زمینی در سال‌های ۹۷ و ۹۸

تأمین نیاز آبی	محتوای‌روغن دانه (٪)		محتوای‌پروتئین دانه (٪)		محتوای‌فسفر دانه (٪)		محتوای‌نیتروژن دانه (٪)	
	سال۹۷	سال۹۸	سال۹۷	سال۹۸	سال۹۷	سال۹۸	سال۹۷	سال۹۸
٪۲۵	۲۶/۸e	۳۳/۶c	۱۲/۳e	۱۳/۶c	۰/۲۷e	۰/۲۵c	۲/۰۱e	۲/۲۸d
٪۵۰	۳۳/۳d	۳۶/۴b	۱۹/۵a	۱۸/۴a	۰/۳۲d	۰/۲۵c	۲/۵۰d	۲/۴۸c
٪۷۵	۳۹/۱c	۳۷/۷ab	۱۸/۱b	۱۵/۹b	۰/۳۷c	۰/۲۵c	۳/۰۳c	۲/۷۰b
٪۱۰۰	۴۸/۴a	۳۸/۷a	۱۶/۴c	۱۵/۲b	۰/۴۵a	۰/۲۸a	۳/۶۱a	۳/۵۵a
٪۱۲۵	۴۴/۹b	۳۶/۷b	۱۵/۴d	۱۵/۷b	۰/۴۰b	۰/۲۶b	۳/۴۳b	۲/۷۲b

جدول۸- اثرمتقابل روش آبیاری و تأمین نیازآبی بر صفات مورد مطالعه در سال‌های ۹۷ و ۹۸.

روش‌آبیاری و تأمین نیازآبی		عملکرد (kg/ha)				بهره‌وری مصرف آب (kg/m^3)			
		زیست‌توده		غلاف		زیست‌توده		غلاف		دانه	
		سال۹۷	سال۹۸	سال۹۷	سال۹۸	سال۹۷	سال۹۸	سال۹۷	سال۹۸	سال۹۷	سال۹۸
قطره‌ای	٪۲۵	۳۳۳۴g	۳۳۴۹g	۸۶۶g	۸۷۸g	۲/۵۶b	۲/۶۱ab	۰/۶۶e	۰/۶۹c	۰/۴۳c	۰/۴۵cd
	٪۵۰	۶۸۰۶e	۶۸۸۹e	۲۱۰۳f	۲۱۱۳f	۲/۶۱a	۲/۷۰a	۰/۸۱b	۰/۸۳b	۰/۵۱b	۰/۵۳b
	٪۷۵	۱۰۲۷۰b	۱۰۴۸۱b	۳۴۲۷b	b۳۴۹۷	۲/۳۷e	۲/۴۵c	۰/۷۹c	۰/۸۲b	۰/۵۱b	۰/۵۳b
	٪۱۰۰	۱۳۱۷۹a	۱۳۱۴۱a	۴۷۷۰a	۴۸۴۲a	۲/۵۳c	۲/۵۷b	۰/۹۱a	۰/۹۴a	۰/۶۰a	۰/۶۰a
	٪۱۲۵	۸۶۷۲d	۸۶۸۸d	۲۸۶۶d	۲۸۹۹d	۱/۳۳i	۱/۳۶f	۰/۴۴g	۰/۴۵d	۰/۲۸e	۰/۲۸d
جویچه‌ای	٪۲۵	۳۶۱۲f	۳۶۹۷f	۹۳۰g	۹۳۵g	۲/۴۶d	۲/۵۶b	۰/۶۳f	۰/۶۵c	۰/۳۹d	۰/۳۹c
	٪۵۰	۶۷۰۷e	۶۸۶۰e	۲۰۰۳f	۲۰۱۶f	۲/۲۸f	۲/۳۹c	۰/۶۸d	۰/۷۰c	۰/۴۴c	۰/۴۶c
	٪۷۵	۹۹۲۵c	۱۰۰۸۰c	۳۲۸۵c	۳۳۱۳c	۲/۳h	۲/۱۰e	۰/۶۷de	۰/۶۹c	۰/۴۳c	۰/۴۴c
	٪۱۰۰	۱۳۱۳۷a	۱۳۱۲۲a	۴۷۶۷a	۴۸۳۰a	۲/۲۴g	۲/۲۷d	۰/۸۱b	۰/۸۴b	۰/۵۱b	۰/۵۲b
	٪۱۲۵	۸۵۶۵d	۸۶۴۲d	۲۶۷۷e	۲۶۶۹e	۱/۱۷j	۱/۲۰g	۰/۳۶h	۰/۳۷e	۰/۲۴f	۰/۲۴e

جدول۹- عکس العمل عملکرد ارقام بادام‌زمینی در سال‌های مورد مطالعه

ارقام	عملکرد زیست‌توده (kg/ha)		عملکرد غلاف (kg/ha)		عملکرد دانه (kg/ha)	
	سال۹۷	سال۹۸	سال۹۷	سال۹۸	سال۹۷	سال۹۸
جنوبی	۸۸۶۴a	۸۹۱۳a	۲۹۱۵a	۲۹۵۱a	۱۸۷۴a	۱۸۶۶a
گیل	۷۹۷۸b	۸۰۷۷b	۲۶۲۴b	۲۶۴۷b	۱۶۸۷b	۱۶۹۱b

جدول۱۰- اثرمتقابل روش آبیاری و رقم بر صفات بهره‌وری مصرف آب و پروتئین دانه مورد مطالعه در سال‌های ۹۷ و ۹۸

روش‌آبیاری	ارقام	بهره‌وری مصرف آب (kg/m^3)				پروتئین دانه (٪)	
		عملکرد غلاف		عملکرد دانه			
		سال۹۷	سال۹۸	سال۹۷	سال۹۸	سال۹۷	سال۹۸
قطره‌ای	جنوبی	۰/۷۲a	۰/۷۴a	۰/۴۶a	۰/۴۷a	۱۹/۰۷a	۱۶/۱۷a
	گیل	۰/۷۳a	۰/۷۵a	۰/۴۷a	۰/۴۸a	۱۸/۵۰b	۱۵/۴۳b
جویچه‌ای	جنوبی	۰/۶۳b	۰/۶۵b	۰/۴۰b	۰/۴۱b	۱۷/۲۳c	۱۳/۷۶d
	گیل	۰/۶۳b	۰/۶۵b	۰/۴۰b	۰/۴۱b	۱۷/۸۱c	۱۴/۵۷c

جدول۱۱- اثر متقابل تأمین نیاز آبی و ارقام بر صفات عملکرد و بهره‌وری مصرف آب مورد مطالعه در سال‌های ۹۷ و ۹۸.

تأمین نیازآبی	ارقام	عملکرد (kg/ha)						بهره‌وری مصرف آب (kg/m^3)			
		زیست توده		غلاف		دانه		زیست‌توده		غلاف	
		سال۹۷	سال۹۸	سال۹۷	سال۹۸	سال۹۷	سال۹۸	سال۹۷	سال۹۸	سال۹۷	سال۹۸
٪۲۵	گیل	۳۶۵۶ i	۳۷۰۶i	۹۴۵i	۹۵۸i	۵۹۸i	۵۹۶i	۲/۵۰b	۲/۵۸b	۰/۶۵e	۰/۶۷c
	جنوبی	۳۲۹۰j	۳۳۴۰i	۸۵۱j	۸۵۵j	۵۳۹j	۵۴۳j	۲/۵۲a	۲/۵۹a	۰/۶۵e	۰/۶۶c
٪۵۰	گیل	۷۱۱۲g	۷۲۱۸g	۲۱۶۱g	۲۱۶۵g	۱۳۸۰g	۱۳۹۶g	۲/۴۴c	۲/۵۳ab	۰/۷۴bc	۰/۷۶b
	جنوبی	۶۴۰۱h	۶۵۳۰h	۱۹۴۵h	۱۹۶۵h	۱۲۴۲h	۱۲۵۸h	۲/۴۵c	۲/۵۵ab	۰/۷۵bc	۰/۷۷b
٪۷۵	گیل	۱۰۶۲۹c	۱۰۹۶۴c	۳۵۳۳c	۳۶۲۱c	۲۲۸۴c	۲۲۸۰c	۲/۱۹g	۲/۳۱cd	۰/۷۳d	۰/۷۶b
	جنوبی	۹۵۶۶d	۹۵۹۷d	۳۱۷۹d	۳۱۹۰d	۲۰۵۶d	۲۰۸۴d	۲/۲۰f	۲/۲۵d	۰/۷۳cd	۰/۷۵b
٪۱۰۰	گیل	۱۳۸۵۱a	۱۳۵۹۰a	۵۰۲۰a	۵۰۷۸a	۳۲۲۱a	۳۱۶۱a	۲/۳۸e	۲/۳۷c	۰/۸۶a	۰/۸۸a
	جنوبی	۱۲۴۶۶b	۱۲۶۷۳b	۴۵۱۸b	۴۵۹۴b	۲۸۹۹b	۲۸۹۰b	۲/۳۹d	۲/۴۷b	۰/۸۷a	۰/۹۰a
٪۱۲۵	گیل	۹۰۷۲e	۹۰۸۴e	۲۹۱۷e	۲۹۳۴e	۱۸۸۷e	۱۸۹۸e	۱/۲۴h	۱/۲۷e	۰/۴۰f	۰/۴۱d
	جنوبی	۸۱۶۵f	۸۲۴۵f	۲۶۲۶f	۲۶۳۴f	۱۶۹۹f	۱۶۸۲f	۱/۲۵h	۱/۲۸e	۰/۴۰f	۰/۴۱d

بهره‌وری مصرف آب

اثر روش آبیاری و اثر متقابل روش آبیاری و رقم بر بهره‌وری مصرف آب مبتنی بر عملکرد غلاف و دانه، و اثر تأمین نیاز آبی و اثرمتقابل روش آبیاری و اثر تأمین نیاز آبی بر بهره‌وری مصرف آب مبتنی بر عملکرد زیست‌توده، غلاف و دانه در سطح یک درصد معنی-دار بود (جدول۴). اثرمتقابل تأمین نیاز آبی و رقم بر بهره‌وری مصرف آب مبتنی بر عملکرد زیست‌توده و غلاف در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول۴). بهره‌وری مصرف آب مبتنی بر عملکرد غلاف و دانه در روش قطره‌ای نسبت به روش جویچه‌ای بیشتر بود و در سال اول به ترتیب، افزایش ۱۶/۱ و ۱۷/۵ درصدی، و در سال دوم به ترتیب افزایش ۱۵/۴ و ۱۷/۱ درصدی داشت (جدول۵). بیشترین بهره‌وری مصرف آب مبتنی بر عملکرد زیست‌توده در شرایط تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه در سال اول و دوم به ترتیب با میانگین ۲/۵۱ و ۲/۵۹ کیلوگرم بر مترمکعب مشاهده شد. بیشترین بهره‌وری مصرف آب مبتنی بر عملکرد غلاف و دانه در سال اول به ترتیب با میانگین ۰/۸۶ و ۰/۵۵ کیلوگرم بر مترمکعب و در سال دوم به ترتیب با میانگین ۰/۸۹ و ۰/۵۶ کیلوگرم بر مترمکعب بود (جدول۶). در اثر متقابل روش آبیاری و تأمین نیاز آبی، بیشترین بهره‌وری مصرف آب مبتنی بر عملکرد زیست‌توده در روش قطره‌ای و تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه در سال اول و دوم به ترتیب با میانگین ۲/۶۱ و ۲/۷۰ کیلوگرم بر مترمکعب بود. بیشترین بهره‌وری مصرف آب مبتنی بر عملکرد غلاف و دانه در روش آبیاری قطره‌ای با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی در سال اول با میانگین ۰/۹۱ و ۰/۶۰ کیلوگرم بر مترمکعب و در سال دوم با میانگین ۰/۹۴ و ۰/۶۰ کیلوگرم بر مترمکعب به دست‌آمد (جدول۸). در اثر متقابل روش آبیاری و ارقام، بیشترین بهره‌وری مصرف آب مبتنی بر عملکرد غلاف در روش آبیاری قطره‌ای و در رقم جنوبی و گیل، در سال اول به ترتیب با میانگین ۰/۷۲ و ۰/۷۳ کیلوگرم بر مترمکعب و سال دوم به ترتیب با میانگین ۰/۷۴ و ۰/۷۵ کیلوگرم بر مترمکعب بود. بیشترین بهره‌وری مصرف آب مبتنی بر عملکرد دانه در روش آبیاری قطره‌ای و در رقم جنوبی و گیل، در سال اول به ترتیب با میانگین ۰/۴۶ و ۰/۴۷ کیلوگرم بر مترمکعب و سال دوم به ترتیب با میانگین ۰/۴۷ و ۰/۴۸ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد (جدول۱۰). در اثر متقابل تأمین نیاز آبی و رقم، بیشترین بهره‌وری مصرف آب مبتنی بر عملکرد غلاف با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی در سال اول در رقم گیل و جنوبی به ترتیب با میانگین ۰/۸۶ و ۰/۸۷ کیلوگرم بر مترمکعب و در سال دوم به ترتیب با میانگین ۰/۸۸ و

۰/۹۰ کیلوگرم بر مترمکعب بود (جدول۱۱). مقدار میانگین آب مصرفی در سال‌های ۹۷ و ۹۸ در روش قطره‌ای به ترتیب ۵۲۲ و ۵۱۳ میلی‌متر و در روش جویچه‌ای به ترتیب ۵۸۷ و ۵۷۸ میلی‌متر بود و آبیاری قطره‌ای در مقایسه با آبیاری جویچه‌ای در سال‌های ۹۷ و ۹۸ به ترتیب موجب کاهش ۱۲/۴ و ۱۲/۷ درصدی مقدار آب مصرفی شد. نتایج مقایسه بهره‌وری مصرف آب تحت دو روش آبیاری در سطوح کم‌آبیاری نشان داد که بهره‌وری آب در روش آبیاری قطره‌ای در تمام مدیریت‌ها بیشتر از روش جویچه‌ای بود که با نتایج پژوهش سزن و همکاران (Sezen et al.,2019). بابازاده و همکاران (۱۳۹۶) و عبدزادگوهری (۱۳۹۸) مطابقت دارد و مؤید این مطلب است که روش آبیاری قطره‌ای دارای بهره‌وری آب بالاتری نسبت به آبیاری جویچه‌ای است و کم‌آبیاری باعث افزایش بهره‌وری مصرف آب می‌شود. دلایل احتمالی این موضوع می‌تواند کاهش تبخیر از سطح خاک، عدم وجود رواناب سطحی و کنترل تلفات عمقی باشد. عبدزادگوهری و همکاران (۱۳۹۷) مدیریت کم‌آبیاری با مقادیر ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه را در ارقام بادام‌زمینی بررسی کردند و گزارش نمودند که بهره‌وری‌آب آبیاری در عملکرد زیست‌توده در تیمار ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی به میزان ۲/۳۶ و ۱/۶۸ کیلوگرم بر مترمکعب بود.

محتوای روغن دانه

اثر تأمین نیاز آبی بر محتوای روغن دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول۴). بیشترین محتوای روغن دانه در شرایط تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه در سال اول و دوم به ترتیب با میانگین ۴۸/۴ و ۳۸/۷ درصد مشاهده شد (جدول۷). افزایش مقدار آب، درصد روغن دانه را افزایش داد و کم بودن درصد روغن در شرایط تنش‌آبی به علت کاهش غلظت روغن با کاهش اندازه دانه‌ها و مقدار کربوهیدرات‌های قابل دسترس برای ارسال به اندام ذخیره کننده و همچنین کاهش فعالیت تعدادی از آنزیم‌های سنتزکننده که منجر به خسارات شدید و گسترده به غشای لیپیدی می‌شود، مرتبط دانست (Boydak et al., 2010). از طرف دیگر، کاهش محتوای روغن دانه به موازات اعمال تنش آبیاری بعد از گلدهی، موجب کاهش سطح برگ، اختلال در فتوسنتز به‌واسطه تنش‌آبی و کاهش تولید مواد فتوسنتزی جهت ارائه به دانه و افزایش میزان تنفس جهت جلوگیری از صدمات تنش می‌باشد.

محتوای پروتئین دانه

نتایج نشان داد که اثر تأمین نیاز آبی و اثر متقابل روش آبیاری و رقم بر محتوای پروتئین دانه به ترتیب در سطح پنج و یک درصد معنی‌دار بود (جدول۴). بیشترین محتوای پروتئین دانه در شرایط تامین ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه در سال اول و دوم به ترتیب با میانگین ۱۹/۵ و ۱۸/۴ درصد مشاهده شد (جدول۷). بیشترین محتوای پروتئین دانه در روش آبیاری قطره‌ای و در رقم جنوبی در سال اول و دوم به ترتیب با میانگین ۱۹/۰۷ و ۱۶/۱۷ درصد مشاهده شد (جدول۱۰). نتایج نشان داد که از یک طرف تنش‌آبی موجب افزایش میزان پروتئین می‌شود اما از طرفی در شرایط تنش‌آبی، عملکرد کاهش می‌یابد. اعمال تنش‌آبی، طول دوره پرشدن دانه‌ها را کاهش داده و فرصت بیشتری برای تجمع پروتئین در دانه را فراهم می‌کند به طوری که در شرایط تنش کم‌آبی با کوچک شدن اندازه دانه، پروتئین حجم بیشتری از فضای دانه را نسبت به شرایط غیر تنش اشغال می‌نماید (Iqbal et al., 2016).

محتوای فسفر دانه

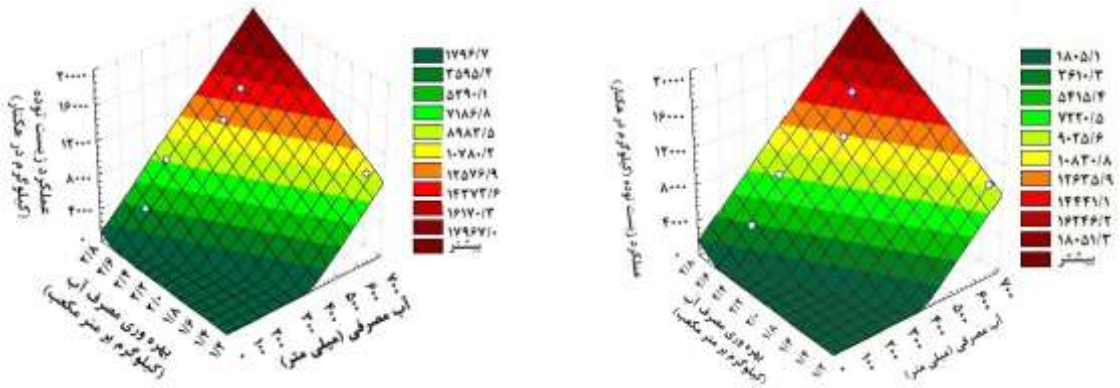
اثر تأمین نیاز آبی بر محتوای فسفر دانه در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول۴). بیشترین محتوای فسفر دانه در شرایط تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه در سال اول و دوم به ترتیب با میانگین ۰/۴۵ و ۰/۲۸ درصد مشاهده شد (جدول۷). کاهش محتوای فسفر دانه در پی تنش‌آبی با کاهش آب خاک در ارتباط است که منجر به کاهش انتقال عناصر از خاک به گیاه می‌شود. فسفر یکی از یون‌هایی است که در شرایط تنش‌آبی برای گیاه غیر قابل استفاده است، چرا که این یون به دلیل غیر متحرک بودن، جذب رس‌های خاک می‌شود و فقط بخش کمی از یون فسفات به حالت محلول می‌باشد. در شرایط تنش‌آبی، جذب یون فسفات به‌واسطه قابلیت حل کم آن و به‌دلیل کاهش قدرت جذب ریشه‌ها، تقلیل می‌یابد (Umair Hassan et al., 2020).

محتوای نیتروژن دانه

تأمین نیاز آبی در سطح پنج درصد بر محتوای نیتروژن دانه معنی‌دار بود (جدول۴). بیشترین محتوای نیتروژن دانه در شرایط تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه در سال اول و دوم به ترتیب با میانگین ۳/۶۱ و ۳/۵۵ درصد مشاهده شد (جدول۷). با جذب مواد مغذی مورد نیاز توسط گیاه در شرایط آبیاری کامل، رشد رویشی آغاز می‌شود و دسترسی به مواد غذایی در مراحل انتهایی رشد و نمو، بخشی از آن صرف رشد رویشی و بخشی دیگر نیز صرف پر شدن دانه‌ها و مازاد آن به شکل پروتئین در بذرها تجمع می‌یابد. فراهمی مقدار کافی نیتروژن در زمان پر شدن دانه‌ها می‌تواند منجر به افزایش طول دورهٔ پر شدن دانه‌ها، بهبود میزان محتوای نیتروژن دانه و موجب تولید دانه‌های بزرگ و حجیم‌تر شود (Boydak et al., 2010).

تابع تولید

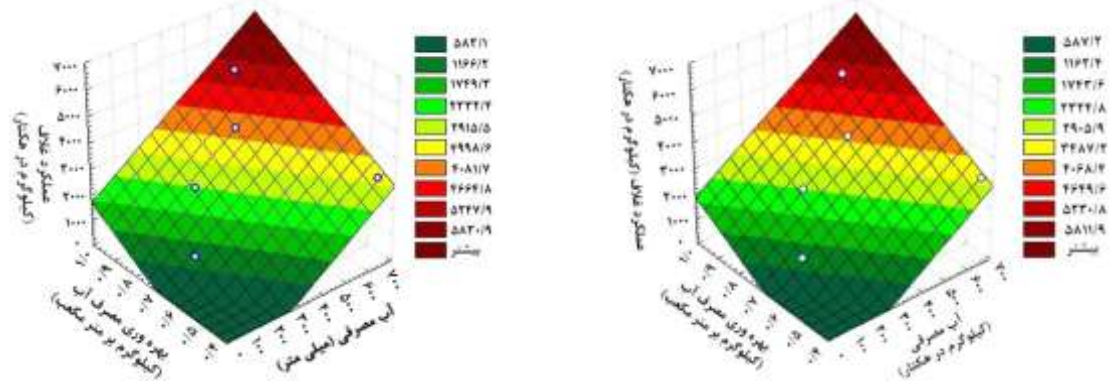
بررسی تابع تولید در این پژوهش با هدف تعیین ارتباط آب مصرفی و روش آبیاری در تولید دو رقم بادام‌زمینی در شرایط کم-آبیاری انجام شد. برای دستیابی به تابع تولید، عملکرد (Y) بر اساس میزان آب مصرفی (WU) و بهره‌وری مصرف آب (WP) در دو روش آبیاری در شرایط محدودیت آب انجام شد. با فرض ثابت بودن کلیه عوامل، عملکرد زیست‌توده، غلاف و دانه (برحسب کیلوگرم در هکتار) به عنوان تابعی از آب مصرفی (برحسب میلی‌متر) و بهره‌وری مصرف آب (برحسب کیلوگرم بر مترمکعب) در نظر گرفته شد. شکل کلی تابع تولید برای ارقام جنوبی و گیل در بادام‌زمینی تحت روش‌های آبیاری قطره‌ای و جویچه‌ای به صورت معادله خطی درجه یک بیان شد. نتایج نشان داد که در کلیه تیمارها، کم‌ترین مقدار عملکرد دانه متعلق به تیمار ۲۵ درصد نیاز آبی بود و با کاهش مقدار آب آبیاری، عملکرد دانه به طور معنی‌داری کاهش یافت که می‌تواند ناشی از تأثیر تنش رطوبتی بر اجزاء عملکرد گیاه بادام‌زمینی باشد. کاهش عملکرد دانه در شرایط آبیاری محدود را می‌توان به کاهش طول دوره رشد و کاهش وزن و تعداد دانه‌های غلاف نسبت داد. در آزمایش عبدزادگوهری و امیری (۱۳۹۷) مشخص گردید که کمبود آب از طریق کاهش تعداد دانه در غلاف، کاهش فتوسنتز و افزایش درصد پوکی دانه‌ها سبب افت عملکرد دانه شد. در شکل‌های (۱) تا (۱۲) به وضوح می‌توان مشاهده نمود که با افزایش مقدار آب مصرفی، عملکرد دانه روند صعودی داشت، ولی با مصرف مازاد و بیش از نیاز آبی، مقدار عملکرد زیست‌توده، غلاف و دانه به‌تدریج کاهش یافت. با تأمین نیاز آبی تا سطح ۱۰۰ درصد، میزان عملکرد به بیشترین شرایط خود رسید. ولی با افزودن آب آبیاری و تأمین ۱۲۵ درصد نیاز آبی، اثر مصرف آب بیشتر نمایان شد، به طوری که بیشینه مقدار عملکرد زیست‌توده، غلاف و دانه در این شرایط حاصل نگردید. به‌طور کلی نتایج توابع تولید مشخص نمود که سطح بهینه بهره‌وری مصرف آب به عمق آب آبیاری وابسته است و با افزایش مقدار آب آبیاری تا تأمین نیاز آبی گیاه، افزایش بهره‌وری مصرف آب حاصل می‌شود. اما با آبیاری بیش از تأمین نیاز آبی گیاه، آبشویی املاح و هدررفت بیشتر شده و این افزایش برای برطرف کردن اثر تنش‌آبی و افزایش عملکرد، راهکار مناسبی نمی‌باشد. از این‌رو مقدار مصرف آب نباید بیش از ۱۰۰ درصد نیاز آبی باشد. کاهش عملکرد و بهره‌وری مصرف آب به ازای افزایش آب، بیش از نیاز آبی، از سوی بابازاده و همکاران (۱۳۹۶) برای بادام-زمینی گزارش شد.



$Y_{زیست‌توده}$ سال۹۷ $= -۱۸۰۰۰/۱+۲۵/۹۷۷WU+۷۰۲۵/۹۹۶WP$

$Y_{زیست‌توده}$ سال۹۸ $= -۱۸۱۲۶/۷۷+۲۶/۶۰۹WU+۶۸۸۰/۱۲WP$

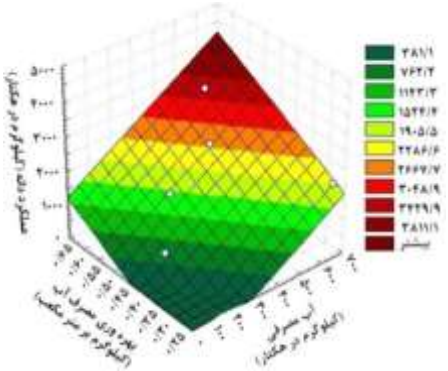
شکل۱- ارتباط آب مصرفی، عملکرد زیست‌توده و بهره‌وری مصرف آب در رقم جنوبی در روش آبیاری قطره‌ای در سال‌های۹۷ و ۹۸



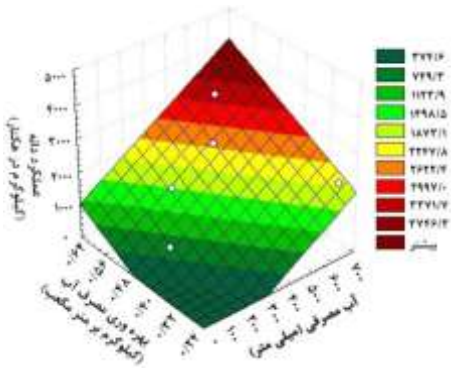
$Y_{غلاف}$ سال۹۷ $= -۴۰۱۳/۴+۶/۴۸۹WU+۵۸۶۳/۹۷WP$

$Y_{غلاف}$ سال۹۸ $= -۴۱۱۴/۰۸+۶/۷۴WU+۵۸۰۹/۵۰۸WP$

شکل۲- ارتباط آب مصرفی، عملکرد غلاف و بهره‌وری مصرف آب در رقم جنوبی در روش آبیاری قطره‌ای در سال‌های ۹۷ و ۹۸

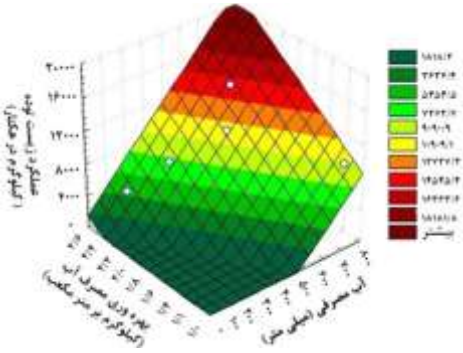


$Y_{دانه}$ سال۹۷ = −۲۶۷۷/۰۸۳+۴/۲۱۸WU+۶۰۲۶/۱۴۷WP

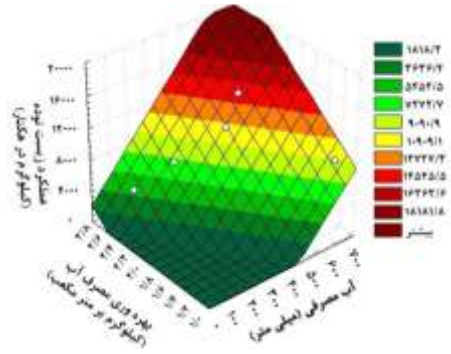


$Y_{دانه}$ سال۹۸ = −۲۶۴۴/۵۹۵+۴/۳۸۷WU+۵۷۷۲/۹۸WP

شکل۳- ارتباط آب مصرفی، عملکرد دانه و بهره‌وری مصرف آب در رقم جنوبی در روش آبیاری قطره‌ای در سال‌های ۹۷ و ۹۸

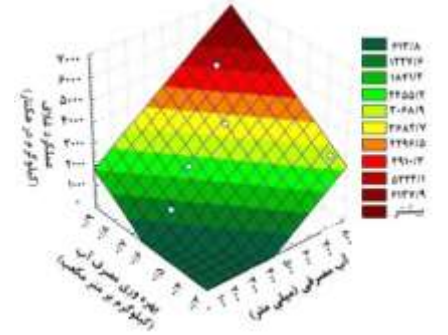


$Y_{زیست‌توده}$ سال۹۷ = −۲۰۰۲۵/۲+۲۵/۳۰۶WU+۸۲۸۳/۲۶۷WP

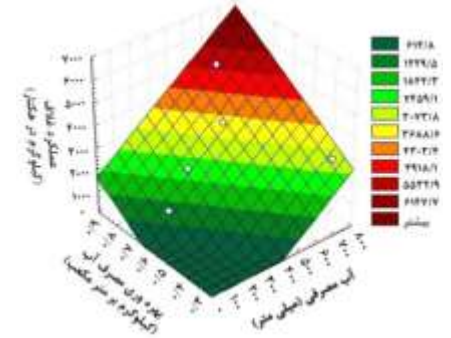


$Y_{زیست‌توده}$ سال۹۸ = −۲۱۷۷۰/۵+۲۷/۲۹۳WU+۸۵۵۸/۹WP

شکل٤- ارتباط آب مصرفی، عملکرد زیست‌توده و بهره‌وری مصرف آب در رقم گیل در روش آبیاری قطره‌ای در سال‌های ۹۷ و ۹۸

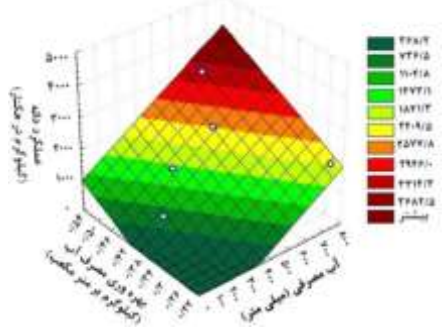


$Y_{غلاف}$ سال۹۷ = −۴۴۰۸/۵۷۳+۶/۱۲۱WU+۶۹۵۹/۸۰۴WP

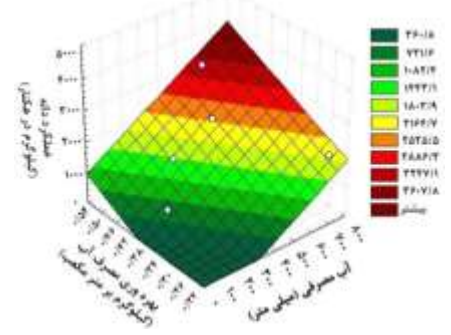


$Y_{غلاف}$ سال۹۸ = −۴۶۰۱/۶۱+۶/۳۸۸WU+۶۹۴۸/۸۲۴WP

شکل۵- ارتباط آب مصرفی، عملکرد غلاف و بهره‌وری مصرف آب در رقم گیل در روش آبیاری قطره‌ای در سال‌های ۹۷ و ۹۸

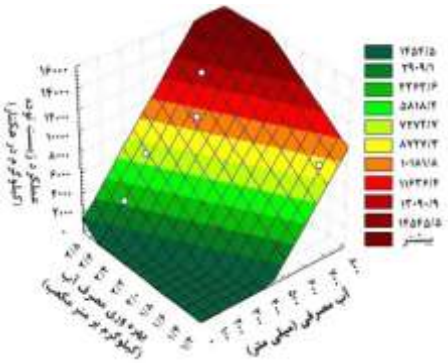


$Y_{دانه}$ سال۹۷ = −۲۷۵۰/۰۹+۳/۸۴۶WU+۶۸۹۷/۰۶WP

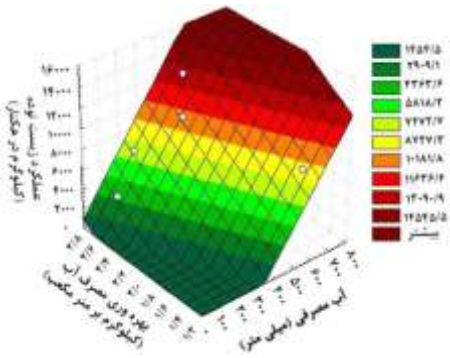


$Y_{دانه}$ سال۹۸ = −۲۶۵۰/۳۵۴+۳/۷۷۳WU+۶۶۶۷/۱۴۷WP

شکل٦- ارتباط آب مصرفی، عملکرد دانه و بهره‌وری مصرف آب در رقم گیل در روش آبیاری قطره‌ای در سال‌های ۹۷ و ۹۸

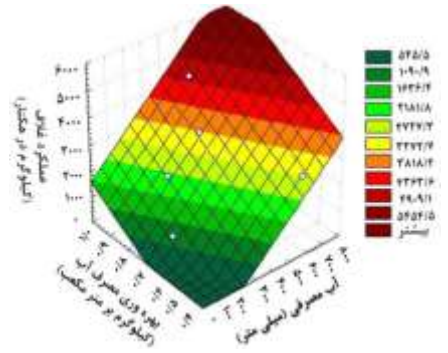


$Y_{زیست‌توده}$ = −۱۶۲۴۷/۸+۲۶/۲۲۳WU+۶۲۷۹/۶۱WP سال۹۷

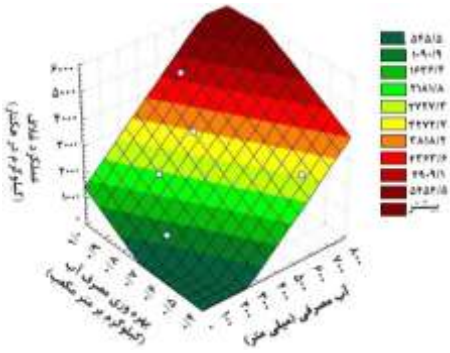


$Y_{زیست‌توده}$ = −۱۶۱۸۴/۱+۲۶/۷۴۴WU+۶۱۱۴/۶۵WP سال۹۸

شکل۷- ارتباط آب مصرفی، عملکرد زیست‌توده و بهره‌وری مصرف‌آب در رقم‌جنوبی در روش آبیاری‌جویچه‌ای در سال‌های ۹۷ و ۹۸

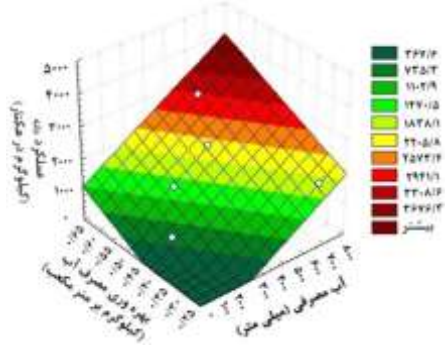


$Y_{غلاف}$ = −۳۶۲۸/۵۴+۶/۶۴۱WU+۵۲۱۵/۴۰۵WP سال۹۷

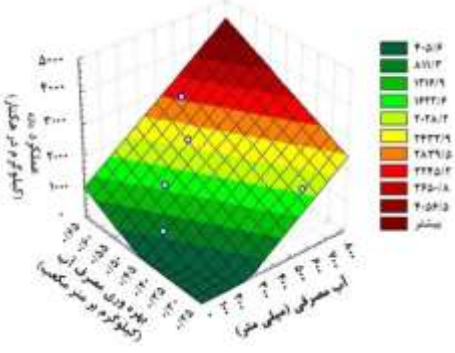


$Y_{غلاف}$ = −۳۷۱۸/۷۵+۶/۸۲۳WU+۵۱۸۳/۶۵۵WP سال۹۸

شکل۸- ارتباط آب مصرفی، عملکرد غلاف و بهره‌وری مصرف آب در رقم جنوبی در روش آبیاری جویچه‌ای در سال‌های ۹۷ و ۹۸

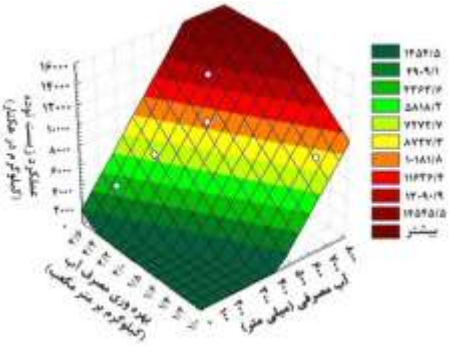


$Y_{دانه}$ =−۲۳۳۰/۹۷۳+۴/۲۰۳WU+۵۲۸۱/۵۴۳WP سال۹۷

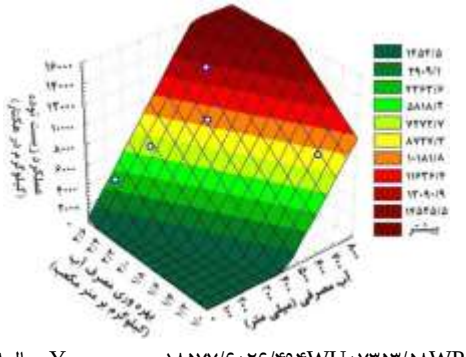


$Y_{دانه}$ =−۲۳۷۲/۶۲+۴/۳۵۱WU+۵۱۶۰/۰۲WP سال۹۸

شکل۹- ارتباط آب مصرفی و عملکرد دانه و بهره‌وری مصرف آب در رقم جنوبی در روش آبیاری جویچه‌ای در سال‌های ۹۷ و ۹۸

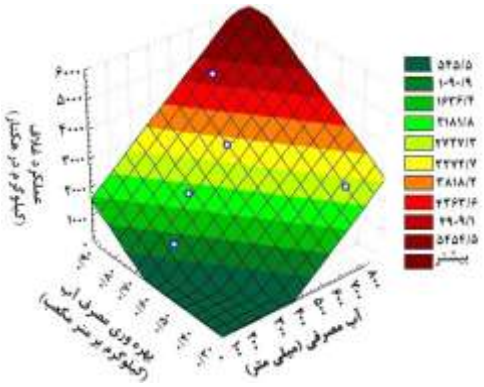


$Y_{زیست‌توده}$ =−۱۸۰۱۶/۲۶+۲۵/۳۰۲WU+۷۴۵۲/۶۸۶WP سال۹۷

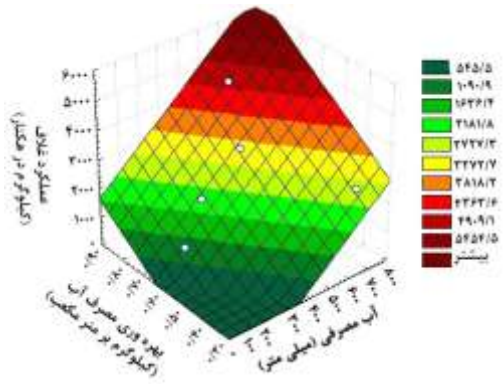


$Y_{زیست‌توده}$ = −۱۸۵۷۷/۶+۲۶/۴۹۴WU+۷۳۵۳/۵۸WP سال۹۸

شکل۱۰- ارتباط آب مصرفی، عملکرد زیست‌توده و بهره‌وری مصرف آب در رقم گیل در روش آبیاری‌جویچه‌ای در سال‌های ۹۷ و ۹۸

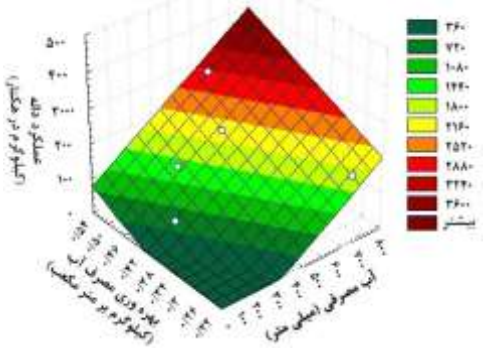


$Y_{غلاف}$ سال۹۸ =-۳۹۹۶/۸۲۳+۶/۱۶۷WU+۶۱۹۴/۹۵WP

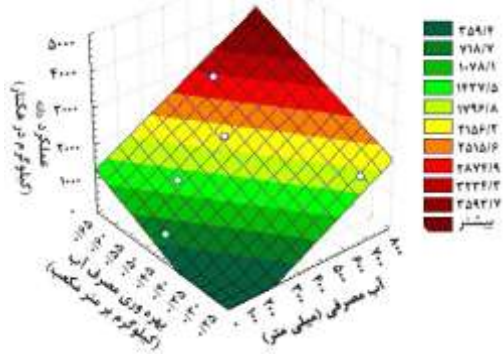


$Y_{غلاف}$ سال۹۷ =-۳۹۶۶/۹۸۵+۶/۱۲WU+۶۲۶۲/۹۵WP

شکل۱۱- ارتباط آب مصرفی و عملکرد غلاف و بهره‌وری مصرف آب در رقم گیل در روش آبیاری جویچه‌ای در سال‌های ۹۷ و ۹۸



$Y_{دانه}$ سال۹۸ = -۲۵۰۰/۶۷+۳/۹۷۳WU+۶۰۷۸/۰۵۳WP



$Y_{دانه}$ سال۹۷ =-۲۴۷۴/۸۲+۳/۸۴۵WU+۶۲۰۷/۰۶WP

شکل۱۲- ارتباط آب مصرفی و عملکرد دانه و بهره‌وری مصرف آب در رقم گیل در روش آبیاری جویچه‌ای در سال‌های ۹۷ و ۹۸

سپاسگزاری

مقاله حاضر استخراج شده از طرح پژوهشی می‌باشد هزینه‌های مربوط به طرح، توسط باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان دانشگاه آزاد اسلامی واحد اسلامشهر تأمین گردید. بدین‌وسیله از حوزه معاونت محترم پژوهشی و رئیس باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان دانشگاه آزاد اسلامی واحد اسلامشهر به جهت همکاری، قدردانی می‌شود.

نتیجه‌گیری

به طورکلی نتایج پژوهش حاضر نشان داد که با افزایش تنش‌آبی، صفات عملکرد زیست‌توده، غلاف و دانه کاهش یافت. بیشترین محتوای روغن، فسفر و نیتروژن دانه در شرایط تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه، و محتوای پروتئین دانه در شرایط تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه مشاهده شد. تنش آبی به علت کاهش مقدار کربوهیدرات‌های قابل دسترس برای ارسال به اندام ذخیره‌کننده و همچنین کاهش فعالیت تعدادی از آنزیم‌های سنتزکننده گردید که نتیجه آن کاهش درصد روغن دانه و افزایش میزان پروتئین بود. کمبود آب مصرفی، جذب یون فسفات را به‌واسطه قابلیت حل کم آن و به‌دلیل کاهش قدرت جذب ریشه‌ها، تقلیل داد که نتیجه آن کاهش محتوای فسفر دانه بود. میزان بهره‌وری مصرف آب مبتنی بر عملکرد غلاف و دانه، در روش قطره‌ای نسبت به روش جویچه‌ای بیشتر بود و حداکثر بهره‌وری مصرف آب مبتنی بر عملکرد زیست‌توده در شرایط تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به دست آمد. بیشترین بهره‌وری مصرف آب مبتنی بر عملکرد غلاف نیز، با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی در رقم گیل و جنوبی در سال اول به ترتیب با میانگین ۰/۸۶ و ۰/۸۷ کیلوگرم بر مترمکعب و در سال دوم به ترتیب با میانگین ۰/۸۸ و ۰/۹۰ کیلوگرم بر مترمکعب بود. شکل کلی تابع تولید به صورت معادله خطی درجه یک بود و نتایج آن مشخص نمود که در شرایط آبیاری، مقدار مصرف آب در هر دو روش آبیاری قطره‌ای و جویچه‌ای تا تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی نشان دهنده بهینه بودن میزان مصرف و حداکثر بهره‌وری مصرف آب می‌باشد. به‌طور کلی و با توجه به نتایج عملکرد و میزان بهروری مصرف آب، رقم گیل در روش آبیاری قطره‌ای با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه، می‌تواند به عنوان مناسب‌ترین گزینه جهت کشت بادام‌زمینی در منطقه موردمطالعه پیشنهاد شود.

منابع

افشار محمدیان، م، ابراهیمی نوکنده، س. و جمال امیدی، م. ۱۳۹۴. اثر سطوح مختلف شوری بر برخی آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی سه رقم بادام‌زمینی. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۶ (۲۴): ۵۷-۷۱.

اکبری‌نودهی، ا. ۱۳۹۶. تاثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و راندمان مصرف آب ذرت. مجله مدیریت آب و آبیاری. ۷ (۲): ۳۰۵-۳۱۸.

بابازاده، ح. عبدزادگوهری، ع. و خنک، آ. ۱۳۹۶. اثر مقادیر مختلف آب و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد بادام‌زمینی. مجله پژوهش آب در کشاورزی. ۳۱ (۴): ۵۷۱-۵۸۴.

جمال امیدی،م. غلامی،م. و جمال امیدی، ف. ۱۳۹۷. کاربرد نشانگر پروتئین‌های ذخیره‌ای بذر در جداسازی چند رقم بادام زمینی. مجله علمی- پژوهشی دانشگاه الزهرا (س). زیست شناسی کاربردی. ۳۱(۲): ۴۲-۵۱.

رستگار، ز. فرشید قادری‌فر، ف. صادقی پور، ح.ر. و زینلی، ا. ۱۳۹۷. اثر تاریخ کشت بر قدرت و عملکرد بذر بادام زمینی. مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی. ۱۰(۳۳): ۱۰۶-۱۱۶.

عبدزادگوهری.ع. ۱۳۸۸. بررسی تاثیر مدیریت آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه بادام‌زمینی در استان گیلان. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد آبیاری و زهکشی. دانشکده کشاورزی و مهندسی علوم‌آب. دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر. ۹۹ صفحه.

عبدزادگوهری، ع. امیری، ا. بابازاده، ح. و صدقی، ح. ۱۳۹۶. تخمین تابع تولید ارقام بادام‌زمینی در سطوح مختلف آب آبیاری و شوری. مجله مدیریت آب و آبیاری. ۷(۱): ۸۷-۱۰۴.

عبدزادگوهری، ع. امیری، ا. بابازاده، ح. و صدقی، ح. ۱۳۹۷. اثر شوری و مدیریت آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب در ارقام بادام-زمینی. مجله تحقیقات آب و خاک ایران. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران. ۴۹(۲): ۳۲۹-۳۴۰.

عبدزادگوهری، ع و امیری، ا. ۱۳۹۷. تابع تولید و بهره‌وری مصرف آب گیاه بادام‌زمینی (رقم گیل) در شرایط آبیاری و افزودن کود نیتروژن. مجله پژوهش آب در کشاورزی. ۳۲(۱): ۵۵-۶۶.

عبدزادگوهری، ع و صادقی‌پور، ا. ۱۳۹۸. مدیریت علف‌های هرز در مزارع بادام‌زمینی. انتشارات اندیشمندان پارس. ۶۲ صفحه.

عبدزادگوهری،ع. ۱۳۹۸. افزایش عملکرد و بهره‌وری مصرف آب در بادام‌زمینی با تکیه بر مدیریت آبیاری. نشریه مدیریت آب در کشاورزی. ۶ (۲): ۵۹-۶۶.

Abdzad Gohari, A. Babazadeh, H. Amiri, E. and Sedghi, H. 2017. Estimate of Peanut Production Function under Irrigated Conditions and Salinity. Polish Journal of Environmental Studies. 27 (4): 1503-1512.

Abou Kheira Abdrabbo, A. 2009. Macromanagement of deficit-irrigated peanut with sprinkler irrigation. Journal of Agriculture Water Management. 96:1409-1420.

Balota, M. 2020. Rainout Shelter-Induced Water Deficit Negatively Impacts Peanut Yield and Quality in a Sub-Humid Environment. Peanut Science. 47: 54-65.

Boontang, S. Girdthai, T. Jogloy, S. Akkasaeng, C. Vorasoot, N. Patanothai, A. and Tantisuwichwong, N. 2010. Responses of released cultivars of peanut to terminal drought for traits related to drought tolerance. Asian Journal of Plant Sciences. 9: 423-431.

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.

Canavar, O. 2015. The influence of storage time on fatty acid, tocopherol and seed quality of peanut. Quality Assurance and Safety of Crops and Foods. 7 (2): 165-174.

Girdthai, T. Jogloy, S. Akkasaeng, C. Vorasoot, N. Wongkaew, S. Holbrook, C.C. and Patanothai, A. 2010. Heritability of, and genotypic correlations between, aflatoxin traits and physiological traits for drought tolerance under end of season drought in peanut (*Arachis hypogaea* L.). Field Crops Research, 118:169-176.

Graciano, E.S.A. Nogueira, R.J.M.C. Lima, D.R.M. Pacheco, C.M. and Santos, R.C. 2011. Photosynthetic capacity of peanut genotypes under natural and controlled environment. Revista Brazilian Agricultural and Environmental Engineering. 15: 794-800.

Hamidou, F. Halilou O. and Vadez. V. 2013. Assessment of Groundnut under Combined Heat and Drought Stress. Journal Agronomy and Crop Science. 195: 1-11.

Iqbal, A. Shah, F. Hamayun, M. Ahmad, A. Hussain, A., Waqas, M,. Kang, S. M. and Lee, I. J. 2016. Allergens of Arachis hypogaea and the effect of processing on their detection by ELISA. Food and Nutrition Research. 60:28945-28951.

Pereiraa, J.W. Albuquerqueb, M.B. Filhoa, A.M. Nogueirac, R.J.M. Limad, L.M. and Santosd. R.C. 2016. Assessment of drought tolerance of peanut cultivars based onphysiological and yield traits in a semiarid environment Agricultural Water Management. 166: 70-76.

L) growing region of Co´ rdoba. Peanut Science. 45 (2): 82-86.

Okello, D.K., Biruma, M. and Deom, C.M. 2010. Overview of groundnuts research in Uganda. Past, present and future. African Journal of Biotechnology. 9 (39): 6448-6459.

Rasekh, H., Asghari, J., Massoumi, S.L., and Zakerinejad. R. 2010. Effect of planting pattern and plant density on physiological characteristics and yield of peanut (*Arachis hypogaea* L.) in Iran. Research Journal of Biological Sciences. 5: 542-547.

Rowland D.L. J.P. Beasley, Jr., and Faircloth. W.H. 2010. Genotypic Differences in Current Peanut (*Arachis hypogaea* L.) Cultivars in Phenology and Stability of These Traits under Different Irrigation Scheduling Methods. Peanut Science. 37:110-123.

Sezena, M. Yucelb, S. Tekinc, S. and Yldzd. M. 2019. Determination of optimum irrigation and effect of deficit irrigation strategies on yield and disease rate of peanut irrigated with drip system in Eastern Mediterranean. Agricultural Water Management. 221: 211-219.

Stalker, H.T. 2017. Utilizing wild species for peanut improvement. Crop Science. 57:1102-1120.

Umair Hassan, M. Aamer, M. Umer Chattha, M. Haiying, T. Shahzad, B. Barbanti, L. Nawaz, M. Rasheed, A. Aniqa Afzal, and Ying Liuand Huang, G. 2020. The Critical Role of Zinc in Plants Facing the Drought Stress. Agriculture. 10:1-20.

Jongrungklang, N. Toomsan, B. Vorasoot, N. Jogloy, S. Boote, K.J. Hoogenboom, G. and Patanothai, A. 2011. Rooting traits of peanut genotypes with different yield responses to pre-flowering drought stress. Field Crops Research. 120: 262–270.

Jongrungklang, N. Toomsan, B. Vorasoot N. Jogloy, S. Boote, K.J. Hoogenboom, G. Patanothai, A. 2012. Classification of root distribution patterns and their contributions to yield in peanut genotypes under mid-season drought stress. Field Crops Research. 127: 181-190.

Ernest, G. Kamara, A. Nana, S. Olympio, A. James Y. Asibuo, J. Milton, Y. Kabbia, K. Keiwoma, Yila, M. and Conteh, A.R. 2017. Effect of Calcium and Phosphorus Fertilizer on Seed Yield and Nutritional Quality of Groundnut (*Arachis hypogaea* L.). International Journal of Agriculture and Forestry. 7(6): 129-133.

Kambiranda, D.M. Vasanthaiah, H.K.N. Ananga, R.K.A. Basha, S.M. and Naik, K. 2011.Impact of drought stress on peanut (*Arachis hypogaea* L.). In: Productivity and Food Safety. Plants and Environment. pp. 249-272.

Koolachart, R. Jogloy, S. Vorasoot, N. Wongkaew, S. Holbrook C.C. Jongrungklanga, N. Kesmalaa, T. and Patanothaia. A. 2013. Rooting traits of peanut genotypes with different yield responses to terminal drought Field Crops Research. 149. 366-378.

Morla F.D., O. Giayetto, E. M. Fernandez, G. A. Cerioni and Cerliani. C. 2018. Plant density and peanut crop yield in the peanut (*Arachis hypogaea*

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 2, Vol. 15, Jan.-Jul. 2021, p. 467-482

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۱۵، خرداد - تیر ۱۴۰۰، ص. ۴۸۲-۴۶۷

Investigations of Yield, Production Function and Water Productivity of Two Peanut Cultivars under Conditions Deficit Irrigation in Different Irrigation Methods

A. Abdzad Gohari[1]

Recived: Jun.01, 2021 Accepted: Feb.06, 2021

Abstract

Providing efficient irrigation method and selecting the appropriate cultivar in order to increase yield and water use productivity can greatly contribute to the quantitative and qualitative production of peanut products. The present study was conducted to investigate the yield, production function and water use productivity of two peanut cultivars under deficit irrigation conditions in different irrigation methods in the form of conducted as split split plots in the form of a randomized complete block design with three replications in 2018 and 2019 in Guilan province. The main treatment consisted of two methods of drip and furrow irrigation, and the sub-treatment included supplying 125, 100, 75, 50 and 25 percent of water requirement, and the sub-sub-treatment included two peanut cultivars Guil and Jonobi. The results showed that simple effects, Interaction between irrigation and water supply and the interaction of water supply and cultivar at the level of one percent on biologic yield, pods and seeds were significant. The pod and seed yield in the drip method was higher than the furrow method. Due to the interaction of water requirements supply and cultivar, the highest yield of biomass, pods and seeds with 100% water requirement supply was in Guil cultivar. In drip irrigation method and providing 100% of water requirement, the highest water use efficiency based on pod yield in the first and second year was 0.91 and 0.94 kg/m3, respectively, and in seed yield during two years was 0.60 kg/m3 was obtained. Water supply was significant for seed oil, phosphorus and nitrogen content at 1% level and for seed protein content at 5% level. The highest content of oil, phosphorus and nitrogen was obtained with 100% water requirement, and in seed protein with 25% water requirement. Based on the results and considering the water use productivity, cultivation of peanut Guil cultivar using drip irrigation method and providing 100% of water requirement is suggested for the study area.

Keywords: Irrigation method, Peanutseed oil, Water use, Seed protein

1-Assistant, Young Researchers and Elite Club, Islamshahr Branch, Islamic Azad University, Islamshahr, Iran
(*- Corresponding Author Email: abdzadgohari_a@yahoo.com)