

مقاله پژوهشی

اثر آبیاری قطره‌ای نواری پوشش‌دار و بدون پوشش بر عملکرد و راندمان مصرف آب ذرت (*Zea mays L.*) تحت شرایط آب و هوایی اهواز

وحیدرضا پیروزفر^۱، سعید برومند نسب^{۲*}، فرشاد صالحی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۲۸

۱- دانشجوی دکتری گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شهید چمران اهواز

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: boroomandsaeed@yahoo.com

چکیده

به منظور کاهش تبخیر از سطح خاک و افزایش راندمان مصرف آب در ذرت دانه‌ای، پژوهشی در سال زراعی ۱۳۹۵-۹۶ در مزرعه آزمایشی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل ۳ سطح آبیاری (۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی)، و دو نوع لوله، نوار آبیاری قطره‌ای بالدار (نوار آبیاری با پوشش مالچ پلاستیکی به عرض ۴۰ سانتی‌متر)، و بدون بال (بدون پوشش)، بود. برهمکنش معنی‌داری بین روش آبیاری و سطوح رطوبتی از نظر صفات تعداد برگ، وزن تر ساقه، وزن خشک ساقه و وزن صد دانه ذرت مشاهده شد؛ ولی از نظر سایر صفات، برهمکنش معنی‌داری مشاهده نشد. بیشترین میزان عملکرد دانه تحت تیمار رطوبتی ۸۰ درصد نیاز آبی با میانگین ۱۳۶۵۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد، هرچند از این حیث، با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی اختلاف معنی‌داری نداشت. بیشترین میزان کارایی مصرف آب در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی با میزان ۲/۸۱ کیلوگرم بر مترمکعب مشاهده شد. در بین روش‌های آبیاری نیز، آبیاری قطره‌ای نواری پوشش‌دار افزایش ۱۳ درصدی عملکرد و کارایی مصرف آب را نسبت به روش دیگر آبیاری (قطره‌ای نواری بدون پوشش)، نشان داد که علت آن را می‌توان به کاهش میزان تبخیر از سطح خاک نسبت داد.

واژه‌های کلیدی: تبخیر، راندمان آبیاری، عملکرد دانه، مالچ پلاستیکی، نوار آبیاری قطره‌ای بالدار.

Effect of Drip Irrigation on Grain Yield and Water Use Efficiency of Corn (*Zea mays* L.) with Winged and Non- Winged Tape Under Ahwaz Climatic Conditions

VR Pirouzfard¹, S Boroumand Nasab^{*2}, F Salehi³

Received: March 11, 2018 Accepted: June 18, 2019

¹ PhD Student, Department of Irrigation and Drainage, Faculty of Water Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

² Professor, Department of Irrigation and Drainage, Faculty of Water Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

³ PhD student in Agronomy and Plant Breeding, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

* Corresponding Author, Email: boroomandsaeed@yahoo.com

Abstract

In order to reduce evaporation from the soil surface and to increase the water use efficiency (WUE) in maize, a research was conducted as a factorial experiment based on the randomized complete block design with three replications at the experimental field of Faculty of Water Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz in 2016-2017. The experiments were carried out using three levels of irrigation (application 100, 80 & 60 percent of the crop water requirement) and two types of tubes (with a plastic mulch cover having the width of 40 cm [winged tape] and without cover [tape without wing]). Significant interactions were observed between irrigation and moisture levels in some parameters such as number of leaves, stem fresh and dry weight and 100-seed weight, although no significant interaction was observed among the other parameters. The maximum grain yield was obtained in treatment with 80% water requirement with average weight of 13650 kg ha⁻¹, however, it had no meaningful difference with 100% water requirement treatment. The maximum water use efficiency was observed in treatment of 60% water requirement, with 2.81 kg/m³. Between irrigation methods, the winged method increased 13% both of the grain yield and water use efficiency compared to those with the non-winged method of irrigation in this study, which can be attributed to the reduced evaporation from the soil surface.

Keyword: Efficiency irrigation, Evaporation, Grain yield, Plastic mulch, Tape drip irrigation.

مقدمه

در واقع محدودیت رطوبت به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی در کاهش رشد، توسعه و تولید ذرت شناخته می‌شود. بر این اساس مدیریت صحیح مصرف آب در محصولی مانند ذرت یکی از اولویت‌های محققان در این زمینه به شمار می‌رود. کم آبیاری به‌عنوان یک استراتژی بهینه برای تولید محصولات کشاورزی در شرایط کمبود آب می‌تواند از طریق حذف آبیاری‌های کم بازده و کاهش میزان حجم آبیاری در هر نوبت آبیاری، بدون اثر منفی بر سود خالص، باعث افزایش کارایی مصرف آب شود (اسدی و اسدی ۲۰۱۲).

ذرت (*Zea mays* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی در جهان است که نقش بسیار مهمی در تأمین مواد غذایی و فراورده‌های دامی، اشتغال‌زایی بخش‌های کشاورزی، صنعت و بازرگانی ایفا می‌کند و از این نظر به‌عنوان یک محصول استراتژیک به شمار می‌رود (خلیلی و همکاران ۲۰۱۳). گیاه ذرت جهت حصول عملکرد مطلوب شدیداً تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد. یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی کنترل‌کننده رشد و بهره‌وری ذرت، میزان رطوبت در دسترس است.

(۲۰۰۲) نیز، چنین اثراتی را به طور عمده به ظرفیت مالچ برای حفظ رطوبت خاک، ممانعت از تبخیر و جلوگیری از رشد علف‌های هرز که می‌تواند به‌عنوان مصرف‌کننده منابع عمل کنند، نسبت داد. محققان دیگری نیز افزایش عملکرد و راندمان مصرف آب گیاهان مختلف نظیر خیار (یاقی و همکاران ۲۰۱۳)، کلم (تیواری و همکاران ۲۰۰۳)، گوجه فرنگی (انگواجیو و همکاران، ۲۰۰۷)، سیب زمینی (وانگ و همکاران ۲۰۰۳) و ذرت (لی و همکاران ۲۰۱۵ و ۲۰۱۷) را تحت تیمارهای آبیاری قطره‌ای توأم با مالچ پلاستیکی گزارش دادند. یاقی و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی اثر توأم آبیاری قطره ای با مالچ‌های مختلف بر عملکرد و راندمان مصرف آب خیار گزارش دادند که تیمار آبیاری قطره‌ای توأم با مالچ پلاستیکی روشن با میانگین عملکرد ۶۳/۹ تن در هکتار و راندمان مصرف آب (WUE)، برابر با ۲/۶۲ کیلوگرم در مترمکعب بیشترین کارایی را نسبت به تیمارهای آبیاری قطره‌ای بدون مالچ و مالچ‌های تیره داشت. فان و همکاران (۲۰۱۷) نیز در بررسی اثر مالچ پلاستیکی بر میزان انرژی دریافتی خاک و میزان تبخیر و تعرق در ذرت گزارش دادند که کاربرد مالچ پلاستیکی منجر به کاهش تبخیر و تعرق گیاه به واسطه کاهش میزان انرژی دریافتی خورشید شد؛ به طوری که میزان کل تبخیر و تعرق برابر با ۵۲۴ و ۵۵۷ میلی‌متر در سال ۲۰۱۴ و ۵۵۰ و ۵۷۵ میلی‌متر در سال ۲۰۱۵ به ترتیب برای تیمارهای دارای مالچ و بدون مالچ پلاستیکی بود. همچنین گزارش شد که کاربرد مالچ پلاستیکی منجر به تسریع رشد گیاه، بهبود زیست توده، عملکرد دانه و راندمان مصرف آب در ذرت شد. براین اساس استفاده از پوشش‌های مصنوعی توأم با آبیاری قطره‌ای در مناطقی که میزان تبخیر و تعرق بالایی دارد می‌تواند مفید باشد. لذا هدف از این پژوهش بررسی تأثیر دو روش آبیاری نواری پوشش‌دار و بدون پوشش تحت سطوح مختلف رطوبتی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای در شرایط آب و هوایی اهواز بود.

آبیاری قطره‌ای یکی از روش‌های کارآمد برای صرفه جویی در مصرف آب و افزایش کارایی مصرف آب آبیاری محسوب می‌شود (احمدآلی و خلیلی ۲۰۰۹). نامبرندگان در آزمایشی سه ساله در رابطه با تیمارهای آبیاری در ذرت دانه‌ای گزارش دادند که کارایی مصرف آب در تیمارهای آبیاری قطره‌ای نواری در سطوح نیاز آبی ۸۰ و ۱۰۰ درصد به ترتیب با میانگین ۱/۹۴ و ۱/۹۳ کیلوگرم بر مترمکعب دارای بیشترین مقدار و در تیمار آبیاری نشتی با میانگین ۱/۱۰ کیلوگرم بر مترمکعب دارای کمترین مقدار بود. در مقابل میزان عملکرد تولیدی در تیمار آبیاری قطره‌ای نواری در سطح نیاز آبی ۱۲۰ درصد با ۱۶/۴۳ تن در هکتار بیشترین مقدار و در تیمار آبیاری قطره‌ای نواری در سطح نیاز آبی ۸۰ درصد با میانگین ۱۲/۸ تن در هکتار کمترین مقدار را داشتند (احمدآلی و خلیلی ۲۰۰۹).

به رغم مزایای فراوان آبیاری قطره‌ای، در این روش مقدار قابل توجهی از آب مصرفی به طریق تبخیر از خاک مابین ردیف‌های کشت و همچنین تعرق توسط علف‌های هرز تلف می‌گردد؛ به گونه‌ای که در برخی مطالعات میزان این تلفات آب تا ۵۰ درصد کل آب مصرفی را در طول فصل رشد ذرت شامل می‌شود (مهاجان و همکاران ۲۰۰۷). استفاده از مالچ بقیای گیاهی و پوشش‌های مصنوعی در بین ردیف‌های کشت می‌تواند ضمن حفظ رطوبت خاک از طریق کاهش تبخیر از خاک و تعرق از علف‌های هرز باعث کاهش آب آبیاری مصرفی و افزایش عملکرد محصول گردد (دورانتی و کوکولو ۱۹۸۹). در این راستا، لی و همکاران (۲۰۱۷) گزارش دادند که کاربرد همزمان آبیاری قطره‌ای با مالچ پلاستیکی منجر به بهبود وضعیت آبی خاک و کاهش دمای خاک در محیط اطراف رشد گیاه شده که این امر نهایتاً بهره‌وری آب و عملکرد گیاه را به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد. گیمنز و همکاران

جدول ۱- میانگین ماهیانه بارندگی و تبخیر در شهرستان اهواز در سال زراعی ۱۳۹۵-۹۶ (ایستگاه هواشناسی دانشکده کشاورزی شهید چمران اهواز).

ماه	بارندگی (mm)	تبخیر (mm)
*اسفند	۲۵	۱۳۲/۹
فروردین	۲/۷	۲۱۱/۶
اردیبهشت	۰	۳۲۰/۴
*خرداد	۰	۴۸۶
مجموع	۲۷/۷	۱۱۵۰/۹

*تاریخ کاشت و برداشت به ترتیب ۲۴ اسفند و ۳۱ خرداد

جدول ۲- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی.

عمق	جرم مخصوص ظاهری (g cm ⁻³)	بافت خاک	EC (dS m ⁻¹)	کربن آلی (%)	نیتروژن کل (%)	فسفر در دسترس (mg Kg ⁻¹)	پتاسیم در دسترس (mg Kg ⁻¹)
۳۰-۰	۱/۴۵	لومی سیلتی	۴/۴	۰/۵۴	۰/۰۵۴	۱۲/۶	۱۲۰
۶۰-۳۰	۱/۵۳	لومی سیلتی	۴/۶	۰/۵۱	۰/۰۶۰	۱۱/۸	۱۲۸

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی

جدول ۳- برخی از خصوصیات آب آبیاری

EC (dS m ⁻¹)	pH	Ca ²⁺	Mg ⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	CL ⁻	SO ₄ ²⁻	نمونه آب مزرعه
۲/۲	۸/۳	۸/۵	۶	۹/۲۱	۰/۰۱	۵/۵	۱۰	۸/۹۸	

(میلی‌اکی‌والان بر لیتر) meq L⁻¹

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه آزمایشی شماره ۱ دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز (عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی و ارتفاع ۲۲ متر از سطح دریا)، اجرا گردید. برخی از پارامترهای اقلیمی، مشخصات خاک و آب منطقه آزمایشی در طول فصل زراعی مذکور به ترتیب در جدول شماره ۱ الی ۳ نشان داده شده است.

با ۳ تکرار اجرا گردید که فاکتور اول شامل سه سطح آبیاری (۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی)، و فاکتور دوم شامل دو نوع لوله آبیاری قطره‌ای نواری شامل نواری پوشش‌دار (نوار بالدار)، و بدون پوشش (نوار بدون بال)، بود. قبل از اجرای طرح، عملیات شخم، دیسک، تسطیح زمین و دادن کود شیمیایی (N, P, K)، براساس آزمون خاک برای همه تیمارها به طور یکسان انجام و اندازه واحدهای آزمایشی روی زمین مشخص شد. رقم مورد کاشت ذرت دانه‌ای سینگل کراس مغان ۷۰۴ بود که در عمق ۵ سانتی‌متری سطح خاک کاشته شدند. فاصله خطوط کشت ۷۵ سانتی‌متر، فاصله بوته‌ها روی ردیف کشت ۲۰ سانتی‌متر، طول خط کشت در هر تیمار به طور ثابت ۹ متر و تراکم نهایی مزرعه ۱۲ بوته در مترمربع بود. نوارهای آبیاری در کنار ردیف‌های کشت قرار داده شدند. کل آزمایش در ۱۸ ردیف ۹ متری انجام شد. ۹ ردیف مربوط به نوارهای بدون پوشش (غیربالدار)، و ۹ ردیف مربوط به نوارهای پوشش‌دار (بالدار) بود. نوارهای بالدار نوارهایی بودند که بر پشت آن‌ها یک نوار پلاستیکی مات نقره‌ای به عرض ۴۰ سانتی‌متر و طول هر کدام ۹ متر نصب شده بود. این نوارهای پلاستیکی وظیفه کاهش تبخیر سطحی را داشتند. این ۱۸ خط به صورت ۳ تایی، به ۶ خط آبد که هر کدام از آن‌ها دارای کنتور به منظور اندازه‌گیری دقیق حجم آبیاری بود وصل شده بودند. به منظور تأمین آب

مصرفی، یک مخزن آب به همراه یک پمپ و یک فیلتر توری برای سیستم در نظر گرفته شده بود. نیاز آبی براساس اندازه‌گیری عمق ریشه، بافت خاک و در نظر گرفتن تخلیه رطوبتی ($MAD = 60\%$)، و با استفاده از اندازه‌گیری روزانه رطوبت خاک توسط رطوبت‌سنج پروب‌دار لوترون اندازه‌گیری و محاسبه شد. میزان آب مصرفی در هر بار آبیاری براساس رابطه شماره ۱ محاسبه می‌شد:

$$d = MAD \times (Fc - pwp) \times Dr_z P_i \quad [1]$$

در این رابطه، d عمق آب آبیاری براساس سانتی‌متر، MAD تخلیه مجاز رطوبتی براساس اعشار، Fc حد ظرفیت زراعی، pwp نقطه پژمردگی، Dr_z عمق ریشه برحسب سانتی‌متر، P_i درصد تأمین نیاز آبی بودند (علیزاده، ۱۳۸۸).

حجم آب لازم در هر نوبت آبیاری آبیاری با کنتور و به تیمارها داده می‌شد. در ابتدای کشت تیمارها به طور یکسان آبیاری شدند، سپس ۲۰ روز پس از کاشت (مرحله ۵ برگی)، تیمارهای رطوبتی اعمال گردید. در تیمارهای آبیاری با استفاده از نوارهای تیپ (بالدار و بدون بال)، در سطوح ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی، در هر نوبت آبیاری به ترتیب ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد از عمق خالص آبیاری (In)، در نظر گرفته شد و در اختیار گیاه قرار گرفت.

برای اندازه‌گیری صفات رشدی در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک گیاه، از دو ردیف وسط هر کرت، ۱۰ بوته کف‌بر و به آزمایشگاه منتقل شد. سپس ارتفاع بوته، تعداد برگ، تعداد بلال، قطر ساقه (با استفاده از دستگاه کولیس)، در هر بوته و وزن کل اندام هوایی هر بوته محاسبه شد. در مرحله بعد پس از جداسازی بلال و برگ از ساقه، هریک به تفکیک (بلال-برگ-ساقه)، با

$$WUE = Y/I \quad [2]$$

به طوری که Y مقدار محصول (kg/ha) و I حجم خالص آبیاری (m^3) است.

در نهایت داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.4 تجزیه واریانس شدند. جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح آماری ۵ درصد استفاده گردید.

استفاده از ترازو (دقت یک هزارم)، توزین شدند. سپس نمونه‌های گیاهی به مدت ۷۲ ساعت در آون (۷۰ درجه سلسیوس)، قرار گرفته و وزن خشک کلیه صفات به دست آمد. عملکرد دانه از ضرب اجزای عملکرد دانه یعنی تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف، وزن صد دانه و تعداد بلال در واحد سطح محاسبه شد. با داشتن عملکرد و حجم آب مصرفی در هر تیمار، کارایی مصرف آب آبیاری (کیلوگرم بر مترمکعب)، از رابطه ۲ به دست آمد:



ب



الف

شکل ۱- خطوط کاشت ذرت در آبیاری قطره‌ای توأم با مالچ پلاستیکی (الف) و بدون مالچ (ب)

نتایج و بحث

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی رقم ذرت تحت تیمارهای مورد بررسی.

منابع تغییرات	درجه آزایی	عملکرد دانه	کارایی مصرف آب	تعداد برگ	شاخص سطح برگ	قطر ساقه	ارتفاع	وزن تر برگ	وزن خشک برگ	وزن ساقه تر	وزن خشک	تعداد بلال	وزن صد دانه
تکرار	۲	۲۶۹۵۴۹۲	۰/۱۵	۰/۲۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۸	۵۴/۳	۱۹/۸	۲۸/۳	۱۶۰/۴	۱۹۴/۲	۰/۲۲	۰/۲۹
سطوح آبیاری	۲	۱۴۸۰۸۰۱۷	۰/۸۴	۲/۰۸	۳/۱۱	۰/۱۵	۱۱۲۰	۱۳/۷	۹/۸۴	۴۰۶۲	۱۷۲۴	۰/۷۲	۸/۴۸
روش آبیاری	۱	۱۴۹۰۷۶۲۰	۰/۷۵	۱/۱۷	۰/۵۹	۰/۱۳	۴۵۷۹	۴۳۴۴	۱۱۳۸	۲۹۵۷۶	۷۴۸۴	۰/۰۵	۱۳
سطوح * روش آبیاری	۲	۱۷۷۳۴۴۹	۰/۱۳	۱/۷۲	۰/۰۲	۰/۰۰۷	۱۵/۶	۲۰/۵	۲/۷۶	۴۵/۳۸	۲۱۹۹	۰/۰۵	۳/۱۸
خطای کل	۱۷	۱۴۸۵۳۱۱	۰/۰۹	۰/۲۲	۰/۰۰۸	۰/۰۰۱	۲۰/۷	۷۷/۵	۵۲/۳	۲۷۹/۳	۲۴۲/۹	۰/۳۵	۰/۱۶
ضریب تغییرات		۹/۶	۱۲/۴	۳/۳	۶/۹	۵/۰۳	۲/۹	۶/۲	۱۰/۱	۴/۵	۸/۶	۱۸/۱	۱/۸

** و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح یک درصد و غیر معنی‌دار.

عملکرد دانه و کارایی مصرف آب

متقابل معنی‌داری بین سطوح رطوبتی به کار رفته در این آزمایش و روش آبیاری (تیپ نواری بالدار و

نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه و کارایی مصرف آب در جدول ۴ نشان داده شده است. اثر

میانگین ۱۳۶۵۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد، هرچند که از این حیث، با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی، اختلاف معنی داری نداشت. در مقابل تیمار رطوبتی ۶۰ درصد نیاز آبی با میانگین ۱۰۸۲۷ کیلوگرم کمترین میزان عملکرد دانه را در این آزمایش داشت (جدول ۵).

بی‌بال)، مشاهده نگردید لذا اثرات اصلی سطوح رطوبتی و روش آبیاری مورد بحث قرار گرفت. سطوح رطوبتی تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد از نظر عملکرد نشان دادند، به گونه‌ای که بیشترین میزان عملکرد دانه تحت تیمار رطوبتی ۸۰ درصد نیاز آبی با

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات ارزیابی شده رقم ذرت تحت تیمارهای مورد بررسی.

سطوح رطوبتی	عملکرد دانه (kg ha ⁻¹)	کارایی مصرف آب (kg m ⁻³)	قطر ساقه (cm)	ارتفاع (cm)	وزن تر برگ (g)	وزن خشک برگ (g)	شاخص سطح برگ
۱۰۰٪ نیاز آبی	۱۳۴۳۴ a	۲/۱۰ b	۲/۷۶a	۱۶۵/۲a	-	-	۳/۸a
۸۰٪ نیاز آبی	۱۳۶۵۰ a	۲/۶۶ a	۲/۶۲a	۱۵۸b	-	-	۳/۵۹b
۶۰٪ نیاز آبی	۱۰۸۲۷ b	۲/۸۱a	۲/۴۴b	۱۲۸c	-	-	۲/۵c
روش آبیاری							
بالدار	۱۳۵۴۷ a	۲/۷۳ a	۲/۶۹a	۱۶۹/۶a	۱۵۶/۲ a	۷۹/۶a	۳/۵۰a
بی بال	۱۱۷۲۷ b	۲/۳۲ b	۲/۵۲b	۱۳۸b	۱۲۵/۱b	۶۳/۳b	۳/۱۴b

ستون‌های دارای حروف مشترک از لحاظ آماری (آزمون دانکن در سطح ۵٪)، تفاوت معنی داری ندارند

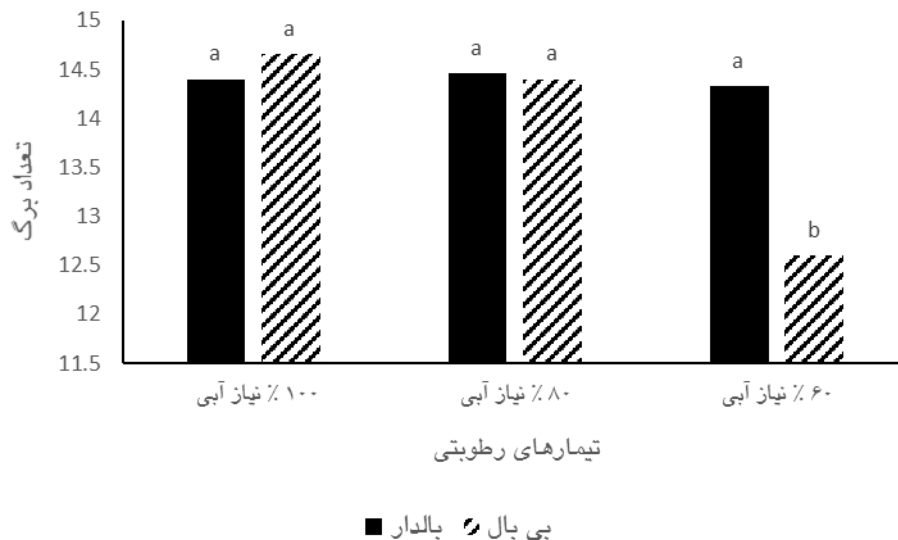
اختلاف عملکرد دانه در بین سطوح مختلف رطوبتی، به‌ویژه در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی نسبت به دو تیمار دیگر، می‌تواند به این علت باشد که اعمال تنش خشکی زیاد به گیاه باعث کاهش اندازه و یا توقف رشد برگ شده و سطح فتوسنتز کننده گیاه را کاهش می‌دهد و از این طریق باعث کم شدن رشد گیاه و در نهایت کاهش عملکرد می‌گردد (اسدی و اسدی ۲۰۱۲)، که نتایج مربوط به وزن تر و خشک برگ و شاخص سطح برگ در ادامه مباحث، این مطلب را تأیید می‌نماید (جدول ۵). در این راستا رضوانی مقدم و همکاران نیز در بررسی مقادیر مختلف آبیاری (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی) بر عملکرد ذرت بهاره گزارش دادند که بیشترین میزان عملکرد دانه ذرت مربوط به تیمار آبیاری کامل (۱۰۰ درصد نیاز آبی) و بیشترین کاهش عملکرد در سطح آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی مشاهده شد، که مقادیر کاهش عملکرد دانه به ترتیب برابر با ۶/۶، ۱۲/۵ و ۱۴ درصد بود.

کارایی مصرف آب نیز اختلاف معنی داری تحت سطوح متفاوت رطوبتی نشان داد. بیشترین میزان کارایی مصرف آب در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی با میزان ۲/۸۱ کیلوگرم بر مترمکعب مشاهده شد که از این جهت با تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی اختلاف معنی داری نداشت. این نتایج از دید کاربردی بسیار حائز اهمیت است. چرا که تیمار رطوبتی ۸۰ درصد نیاز آبی هم به جهت بودن بالاترین میزان عملکرد دانه و هم به جهت صرفه‌جویی که در مصرف آب صورت گرفته سطح رطوبتی مطلوب‌تری نسبت به سایر سطوح رطوبتی بود؛ بنابراین در آزمایش حاضر کم آبیاری بیشتر موجب افزایش بهره وری آب در گیاه ذرت شد. محققان زیادی در تحقیقات خود در زمینه‌ی کم آبیاری، بهبود شاخص بهره وری آب آبیاری را گزارش کرده‌اند (یازار و همکاران ۲۰۰۲، منصور و همکاران ۲۰۱۰، وان دوک و همکاران ۲۰۱۳، لی و همکاران ۲۰۱۷).

به شرایط بدون مالچ گردید که این امر هم از طریق کاهش جمعیت علف‌های هرز و هم جلوگیری از تبخیر سطحی رخ داد. نتایج حاصل از همبستگی صفات نیز نشان داد که بیشترین میزان همبستگی عملکرد دانه با وزن صد دانه (۰/۸۶)، شاخص سطح برگ (۰/۷۸) و تعداد برگ (۰/۷۳)، به دست آمد (جدول ۶).

تعداد برگ و شاخص سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس صفات تعداد برگ و شاخص سطح برگ در جدول ۳ نشان داده شده است. اثر متقابل معنی‌داری بین سطوح رطوبتی و روش آبیاری (آبیاری قطره‌ای نواری بالدار و بی‌بال)، از نظر صفت تعداد برگ در سطح ۱ درصد مشاهده شد، به گونه‌ای که کمترین تعداد برگ با میانگین ۱۲/۶ در تیمار ۶۰ درصد نیازآبی و تیپ بی‌بال مشاهده شد ولی بین سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱).



شکل ۱- مقایسه میانگین صفت تعداد برگ تحت تیمارهای مورد بررسی.

تأثیر اثرات اصلی فاکتورهای سطوح رطوبتی و روش آبیاری قرار گرفت (جدول ۳). تحت سطوح رطوبتی، بیشترین میزان شاخص سطح برگ در تیمار ۱۰۰

صفات عملکرد دانه و کارایی مصرف آب به روش‌های آبیاری نیز واکنش متفاوتی را نشان دادند. میزان عملکرد دانه در تیمار آبیاری قطره‌ای با نوار بالدار افزایش معنی‌داری را نسبت به آبیاری قطره‌ای نواری بی‌بال نشان داد، به گونه‌ای که میزان عملکرد تحت این تیمار به ۱۳۵۴۷ کیلوگرم در هکتار رسید که افزایش ۱۳ درصدی را نسبت به روش تیپ نواری بی‌بال نشان داد. هم‌راستا با این نتایج، کارایی مصرف آب نیز در آبیاری قطره‌ای نواری بالدار با میانگین ۲/۷۳ کیلوگرم در مترمکعب مقدار بیشتری نسبت به روش آبیاری قطره‌ای نواری بی‌بال نشان داد. برتری عملکرد و کارایی مصرف آب در آبیاری قطره‌ای نواری بالدار نسبت به آبیاری قطره‌ای نواری بی‌بال احتمالاً به علت جلوگیری از رشد علف‌های هرز که به‌عنوان هدر دهنده منابع مانند آب به شمار می‌رود و همچنین کاهش تبخیر از سطح خاک، بود. در این زمینه مهاجان و همکاران (۲۰۰۷) گزارش دادند که استفاده از مالچ پلاستیکی منجر به افزایش ۷۷ درصدی میزان عملکرد دانه نسبت

در مقابل شاخص سطح برگ از اثرات متقابل بین سطوح رطوبتی و روش آبیاری (آبیاری قطره‌ای نواری بالدار و بی‌بال)، اثر معنی‌داری را نپذیرفت و تنها تحت

طویل تر به معنی داشتن سطح فتوسنتز کننده بیشتر و تولید مواد متابولیک بیشتر است که منجر به افزایش عملکرد گیاه می شود. البته بایستی توجه داشت که افزایش بیش از حد ارتفاع نیز مناسب نیست. در شرایط تنش خشکی کاهش توسعه سلول به واسطه کاهش در آماس سلول منجر به کاهش ارتفاع گیاه می گردد. تحت این شرایط به دلیل کاهش میزان انتقال سیتوکنین از ریشه به بخش هوایی و یا افزایش میزان اسید آبسزیک در برگ از قابلیت انعطاف پذیری دیواره سلول کاسته شده که منجر به کاهش رشد و ارتفاع گیاه می گردد (نمروری و همکاران ۲۰۱۴).

وزن تر و خشک برگ و تعداد بلال

صفات وزن تر و خشک برگ تنها تحت تأثیر اثر اصلی روش آبیاری (آبیاری قطره ای نواری بالدار و بی بال)، قرار گرفتند (جدول ۴). وزن تر و خشک برگ در روش آبیاری قطره ای نواری بالدار به ترتیب با میانگین ۱۵۶/۲ و ۷۹/۶ گرم، میزان وزن بیشتری نسبت به آبیاری قطره ای نواری بی بال نشان دادند. در مقابل صفت تعداد بلال از هیچ یک از تیمارهای اعمال شده تأثیر معنی داری نپذیرفت؛ که می توان اظهار داشت که این صفت متأثر از ژنتیک رقم مورد بررسی می باشد.

وزن تر و خشک ساقه

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در جدول ۴ نشان داده شده است. نتایج تجزیه واریانس صفات حاکی از وجود اثرات متقابل معنی دار بین سطوح رطوبتی و روش آبیاری از نظر صفات وزن تر و خشک ساقه بود. بیشترین میزان وزن تر و خشک بلال به ترتیب با میانگین ۴۵۲ و ۲۳۵ گرم در آبیاری قطره ای نواری بالدار تحت تیمار رطوبتی ۸۰ درصد نیاز آبی و کمترین میزان به ترتیب با میانگین ۲۹۶ و ۱۴۰ گرم در آبیاری قطره ای نواری بی بال تحت تیمار رطوبتی ۶۰ درصد نیاز آبی مشاهده شد (شکل ۲). محققان اثر چهار

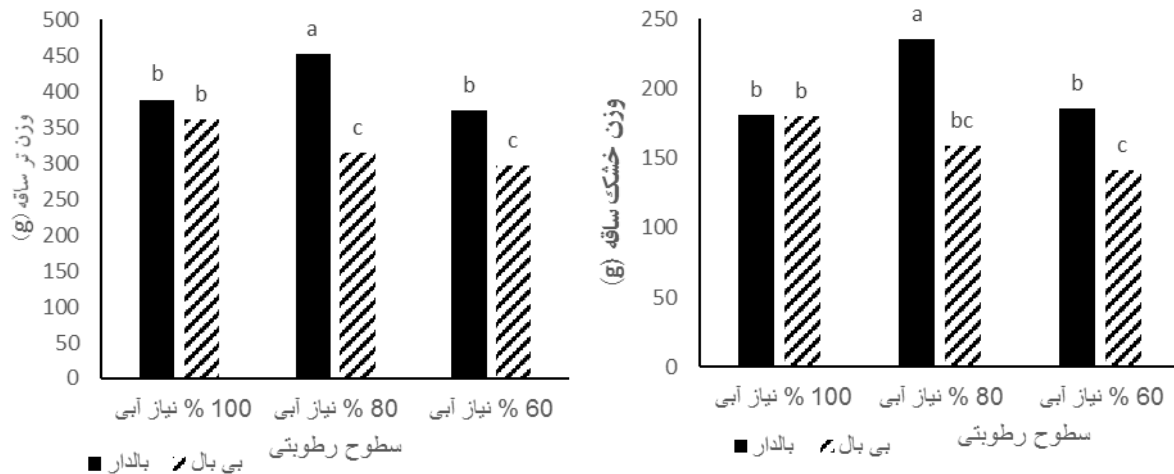
درصد نیاز آبی با میانگین ۳/۸ به دست آمد که در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی با ۳۴ درصد کاهش به ۲/۵ رسید (جدول ۴). در بین روش های آبیاری نیز روش آبیاری قطره ای بالدار با میانگین ۳/۵ شاخص سطح برگ بیشتری را نسبت به آبیاری قطره ای نواری بی بال نشان داد. همبستگی مثبت و معنی داری بین صفت شاخص سطح برگ و میزان عملکرد دانه (۰/۷۶)، مشاهده شد (جدول ۶). شاخص سطح برگ از ویژگی های کانوپی گیاهی است که به صورت مقدار سطح برگ در واحد سطح زمین بیان می شود (صداقت و همکاران ۲۰۱۷) و به عنوان یکی از معیارهای اساسی و مهم در تعیین قدرت فتوسنتزی گیاه محسوب می گردد که نقش بسیار مهمی در تعیین میزان عملکرد دانه دارد (پاپی و همکاران ۲۰۱۶).

قطر و ارتفاع ساقه

نتایج تجزیه واریانس عملکرد صفات قطر و ارتفاع ساقه در جدول ۳ نشان داده شده است. اثر متقابل معنی داری بین سطوح رطوبتی و روش آبیاری از نظر این صفات مشاهده نشد ولی در مقابل صفات مورد نظر تحت تأثیر اثرات اصلی فاکتورهای سطوح رطوبتی و روش آبیاری قرار گرفتند. به گونه ای که تحت سطوح رطوبتی بیشترین میزان قطر و ارتفاع ساقه به ترتیب با میانگین ۲/۷۶ و ۱۶۲/۲ سانتی متر در سطح رطوبتی ۱۰۰ درصد نیاز آبی و کمترین میزان قطر و ارتفاع ساقه به ترتیب با میانگین ۲/۴۴ و ۱۳۸ سانتی متر در سطح رطوبتی ۶۰ درصد نیاز آبی به دست آمد. در نوع آبیاری نیز، تیپ نواری بالدار به ترتیب با میانگین ۲/۶۹ و ۱۶۹/۹ سانتی متر، قطر و ارتفاع ساقه بیشتری نسبت به روش تیپ نواری بی بال داشتند (جدول ۵). دلیل افزایش قطر ساقه را می توان به تجمع مواد بیوماس بالاتر گیاه نسبت داد (احتشامی و همکاران ۲۰۱۳). نامبردگان همچنین بیان داشتند که داشتن ساقه

آبیاری، عملکرد و مزایای اقتصادی بهتری را در مقایسه با آبیاری کامل ایجاد می‌کند (استوکل و جیمز ۱۹۸۹).

استراتژی کم آبیاری را بر روی عملکرد ذرت علوفه‌ای شبیه‌سازی کردند و نتیجه گرفتند که کاهش خفیف

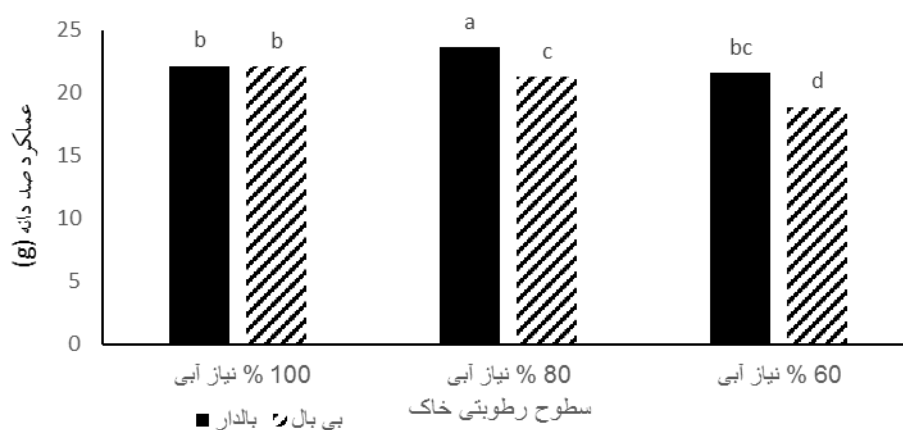


شکل ۲- مقایسه میانگین صفات وزن تر و خشک ساقه تحت تیمارهای مورد بررسی.

رطوبتی ۸۰ درصد نیازآبی با میانگین ۲۳/۶۳ گرم به دست آمد که این مقدار در آبیاری قطره‌ای نواری بی‌بال تحت تیمار رطوبتی ۶۰ درصد نیازآبی با ۵ درصد کاهش به کمترین مقدار خود رسید (شکل ۳).

وزن صد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از وجود اثر متقابل معنی‌دار از حیث صفت وزن صد دانه ذرت بود. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان وزن صد دانه در آبیاری قطره‌ای نواری بالدار و سطح



شکل ۳- مقایسه میانگین صفت وزن صد دانه تحت تیمارهای مورد بررسی.

رطوبتی است؛ در این راستا محققین زیادی اذعان داشتند که مهم‌ترین عامل در کاهش وزن دانه در شرایط تنش شدید خشکی، کوتاه شدن دوره پر شدن

مواجه‌شدن دوره پر شدن دانه با تنش خشکی و کوتاه شدن این دوره به دلیل کاهش دوام سطح برگ عامل اصلی کاهش وزن هزار دانه تحت سطوح پایین

و همکاران (۲۰۰۹). خلیلی و همکاران (۲۰۱۳) نیز در همین راستا بیان داشتند که اعمال تنش خشکی در ذرت منجر به کاهش معنی‌دار تعداد دانه و وزن ۱۰۰ دانه گردید.

دانه است؛ بنابراین عرضه مواد پرورده به گیاه تحت شرایط تنش شدید خشکی کاهش می‌یابد که باعث کاهش وزن دانه هر بلال و وزن هزار دانه شده که در نهایت باعث کاهش عملکرد محصول می‌گردد (مجیدیان

جدول ۶- همبستگی بین صفات مورد بررسی.

شاخص سطح برگ	وزن صد دانه (g)	تعداد بلال	وزن ساقه خشک (g)	وزن خشک برگ (g)	وزن تر برگ (GR)	ارتفاع (cm)	تعداد برگ	قطر ساقه (cm)	کارایی مصرف آب	عملکرد دانه
										عملکرد دانه
										کارایی مصرف آب
										قطر ساقه (cm)
										تعداد برگ
										ارتفاع (cm)
										وزن تر برگ (g)
										وزن خشک برگ
										وزن ساقه تر (g)
										وزن ساقه خشک (g)
										تعداد بلال
										وزن صد دانه (g)
										شاخص سطح برگ

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی نتایج طرح نشان داد که در ذرت اعمال آبیاری ۸۰ درصد نیاز آبی منجر به افزایش عملکرد دانه و کارایی مصرف آب شد؛ این پاسخ ذرت به‌ویژه در تیمار آبیاری قطره‌ای نواری بالدار (پوشش‌دار)، نمود بیشتری پیدا کرد و منجر به افزایش عملکرد دانه و کارایی مصرف آب در این تیمار شد. از دلایل این امر می‌توان به نقش ممانعت از تبخیر، توسط پوشش آبیاری قطره‌ای نواری (بالدار)، به‌عنوان مالچ مصنوعی اشاره نمود. دیگر صفات مورد بررسی نیز

تأثیرات معنی‌دار و متفاوتی از تیمارهای مورد بررسی پذیرفتند. روش آبیاری قطره‌ای نواری بالدار (پوشش‌دار)، سبب بهبود سایر شاخص‌های رشدی همانند قطر ساقه، ارتفاع ساقه، وزن تر و خشک برگ و شاخص سطح برگ نسبت به آبیاری قطره‌ای نواری بی‌بال (بدون پوشش)، شد. در مناطق گرمسیری و به‌ویژه در انتهای فصل رشد که عمدتاً دمای محیط و میزان تبخیر از سطح خاک به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد، یافتن راهکارهای علمی و عملی جهت افزایش راندمان مصرف آب و عملکرد دانه و علوفه بسیار حائز

اهمیت است. لذا با توجه به تأثیر مثبت و معنی‌دار روش آبیاری قطره‌ای نواری بالدار (پوشش‌دار)، می‌توان این روش را برای مزارع ذرت در مناطق گرمسیری پیشنهاد داد.

منابع مورد استفاده

- Ahmad Ali J and Khalili M, 2009. Study on yield and water use efficiency of drip tape and furrow irrigation systems in single and two-row planting systems of grain corn. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage* 2(3): 71-78. (In Persian with English abstract)
- Alizadeh A, 2009. Designing Irrigation Systems: Designing Surface Irrigation Systems. Imam Reza University (AS), (In Persian)
- Asadi R and Asadi R, 2012. Impact of low corn irrigation using drip irrigation system on yield, yield components and water use efficiency. *Journal of Water Research in Agriculture* 2(26): 197-209. (In Persian with English abstract)
- Duranti A and Cuocolo L, 1989. Chemical weed control and mulching in onion (*Allium cepa* L.) and garlic (*Allium sativum* L.). *Advances in Horticultural Science* 37(1): 338-342.
- Ehtshamami S, Ebrahimi P and Zand B, 2012. Investigation of quantitative and qualitative characteristics of silage corn genotypes in Varamin region. *Magazine Electronic Production of Agricultural Plants* 5(4): 19-38. (In Persian with English abstract)
- Fan Y, Ding R, Kang S, Hao X, Du T, Tong L and Li S, 2017. Plastic mulch decreases available energy and evapotranspiration and improves yield and water use efficiency in an irrigated maize cropland. *Agricultural water management* 179(1): 122-131.
- Gimenez C, Otto RF and Castilla N, 2002. Productivity of leaf and root vegetable crops under direct cover. *Scientia Horticulturae* 94(2): 1-11
- Khalili M, Naghavi MR, Aboughadareh A and Rad H, 2013. Effects of drought stress on yield and yield components in maize cultivars (*Zea mays* L.). *International Journal of Agronomy and Plant Production* 4(4): 809-812.
- Li X, Shi H, Šimůnek J, Gong X and Peng Z, 2015. Modeling soil water dynamics in a drip-irrigated intercropping field under plastic mulch. *Irrigation Science* 33(4): 289-302.
- Li X, Šimůnek J, Shi H, Yan J, Peng Z and Gong X, 2017. Spatial distribution of soil water, soil temperature, and plant roots in a drip-irrigated intercropping field with plastic mulch. *European Journal of Agronomy* 83: 47-56.
- Mahajan G, Sharda R, Kumar A and Singh K, 2007. Effect of plastic mulch on economizing irrigation water and weed control in baby corn sown by different methods. *African Journal of Agricultural Research* 2(1): 19-26.
- Majidian M, Ghalavandi A, Haghghi K and Karimian N, 2008. Effect of drought stress, nitrogen fertilizer and anure on chlorophyll meter reading, grain yield and yield components in grain maize cv. SC 704. *Iranian Journal of Crop Sciences* 10: 303-330. (In Persian with English abstract)
- Mansouri-Far C, Sanavy S and Saberali S, 2010. Maize yield response to deficit irrigation during low-sensitive growth stages and nitrogen rate under semi-arid climatic conditions. *Agricultural Water Management* 97(1): 12-22.
- Namarvari M, Fathi Gh, Bakhshandeh A, Gharineh M and Jaafari S, 2015. Effect of irrigation times and application of chemical and organic fertilizer on the morphology and yield of wheat var. Chamran. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)* 102: 110-117. (In Persian with English abstract)
- Ngouajio M, Wang G and Goldy R, 2007. Withholding of drip irrigation between transplanting and flowering increases the yield of field-grown tomato under plastic mulch. *Agricultural Water Management* 87(3): 285-291.
- Papi M, Ahmadi A and Rafei H, 2016. Response of three wheat cultivars to different moisture regimes during vegetative and reproductive stages under field conditions. *Journal of Field Crop Science*. 47 (3), 377-391. (In Persian with English abstract)

- Ramezani Moghaddam J, Houshmand AR, Naseri AA, Meskarbashi M and Azizi Mobaser J, 2017. Effect of Different Levels of Irrigation and Nitrogen Fertilizer on Spring Maize Yield in the Presence of Groundwater. *Water and Soil Science- University of Tabriz* 27(1): 239-251. (In Persian with English abstract)
- Sedaghat N, Pirdashti H, Rahemi Karizaki A and Safikhani S, 2017. Evaluation growth indices of two native and improved rice (*Oryza sativa* L.) cultivars in different irrigation managements. *Plant Ecophysiology* 9(29): 65-79. (In Persian with English abstract)
- Stockle C and James LG, 1989. Analysis of deficit irrigation strategies for corn using crop growth simulation. *Irrigation Science* 10(2): 85-98.
- Tiwari KN, Singh A and Mal PK, 2003. Effect of drip irrigation on yield of cabbage (*Brassica oleracea* L. var. capitata) under mulch and non-mulch conditions. *Agricultural Water Management* 58(1): 19-28.
- Van Donk SJ, Petersen JL and Davison DR, 2013. Effect of amount and timing of subsurface drip irrigation on corn yield. *Irrigation Science* 31(4): 599-609.
- Wang FX, Kang YH and Liu SP, 2003. Plastic mulching effects on potato under drip irrigation and furrow irrigation. *Chinese Journal of Eco-Agriculture* 11(4): 99-102.
- Yaghi T, Arslan A and Naoum F, 2013. Cucumber (*Cucumis sativus*, L.) water use efficiency (WUE) under plastic mulch and drip irrigation. *Agricultural Water Management* 128: 149-157.
- Yazar A, Sezen SM and Gencel B, 2002. Drip irrigation of corn in the Southeast Anatolia Project (GAP) area in Turkey. *Irrigation and Drainage: The journal of the International Commission on Irrigation and Drainage* 51(4): 293-300.