نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۳، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۰، ص. ۲۵۳-۲۴۵

Journal of Agroecology
Vol. 3, No. 2, Summer 2011, p. 245-253

کارایی مصرف آب در کشت مخلوط کدوی تخمه کاغذی (*Cucurbita pepo* L. var. *styriac*) با نخود (*Cicer arietinum* L.) و عدس (*Lens esculenta* Moench.) در سطوح مختلف مصرف نیتروژن

محمود خرمی وفا[1*]، نسرین افتخاری نسب[2]، کیومرث صیادیان[3] و عبدالله نجفی[1]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۷/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۱/۱۷

چکیده

با وجود آنکه ممکن است اختلافات فیزیولوژیک و مرفولوژیک بین اجزای مخلوط به افزایش کارایی مصرف آب منجر شود، بیشتر پژوهش‌های چند کشتی بر روی عملکرد متمرکز شده است. بطوریکه کارایی استفاده از منابع تولید (آب، نور و مواد غذایی) کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. ضمن اینکه تعیین محدوده مصرف بهینه نیتروژن به عنوان یکی از عوامل بهبود دهنده کارایی مصرف آب اهمیت ویژه‌ای در پایداری کشاورزی دارد. آزمایش در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ به صورت کرت‌های یکبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در تکرار اجرا شد. تیمارها عبارت از چهار سطح مختلف نیتروژن (صفر، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) از منبع کود اوره به عنوان فاکتور اصلی و سه سیستم مختلف کاشت شامل کشت خالص کدوی تخمه کاغذی (*Cucurbita pepo* L. var. *styriac*)، کشت مخلوط کدوی تخمه کاغذی همراه با چهار ردیف نخود (*Cicer arietinum* L.) و کشت مخلوط کدوی تخمه کاغذی همراه با چهار ردیف عدس (*Lens esculenta* Moench.) به عنوان فاکتور فرعی بودند. نتایج نشان داد که مصرف نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر کارایی مصرف آب و کارایی تبخیر و تعرق کدوی تخمه کاغذی داشت، ولی اختلاف معنی‌داری در مقدار کل آب مصرفی، کارایی مصرف آب و کارایی تبخیر و تعرق در بین کشت خالص و مخلوط مشاهده نشد. با توجه به عدم تأثیر معنی‌دار کشت مخلوط بر کل آب مصرفی، کشت مخلوط کدوی تخمه کاغذی با دو گیاه نخود و عدس بدون نگرانی از افزایش میزان مصرف آب قابل پیشنهاد است.

واژه‌های کلیدی: چندکشتی، کشاورزی پایدار، منابع تولید

مقدمه

آب یکی از مهمترین منابع مورد نیاز جامعه بشری است و موضوع چگونگی حفظ این منبع حیاتی و بهره‌برداری از آن، یکی از مهمترین چالش‌های قرن حاضر است. از اینرو، محدودیت منابع آب قابل استفاده، مهمترین مانع در توسعه کشاورزی پایدار در بخش وسیعی از کشور به شمار می‌رود. بنابراین توجه به افزایش کارایی مصرف آب بویژه در بخش کشاورزی (بزرگترین مصرف کننده آب) در برنامه‌های توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی ضروری بنظر می‌رسد (Montajabi & Vaziri, 2004). کارایی مصرف آب [4] که در سازگاری گیاهان به شرایط خشکی نقش عمده‌ای دارد، تحت تأثیر مدیریت آب، خاک و گیاه است. راندمان آبیاری در ایران نزدیک به ۳۲ درصد و کارایی مصرف آب ۰/۷ کیلوگرم عملکرد اقتصادی در مترمکعب است و برای خودکفایی لازم است که کارایی مصرف آب به حدود ۱/۳ کیلوگرم در مترمکعب برسد (Ghaemi & Hasanabadi, 2003).

از دیدگاه زراعی، کارایی مصرف آب از دو مؤلفه اصلی تشکیل شده است (Hashemi-Dezfuli, 1994). جزء اول که جزء بیولوژیکی است مقدار ماده خشک تولیده شده به ازاء هر واحد تعرق را نشان می‌دهد و گاهی از آن به عنوان کارایی تعرق نام می‌برند. جزء دوم که مدیریتی است، بخشی از کل آبی را که به مصرف تعرق رسیده مشخص می‌سازد.

۱، ۲ و ۳- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه و مربی مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی استان کرمانشاه
(*- نویسنده مسئول: (E-mail: Khoramivafa@gmail.com

4- Water use efficiency (WUE)

مدیریت آب، خاک و گیاه به دلیل تأثیر عمیقی که بر شدت تبخیر و تعرق دارد عامل مهمی در بهینه سازی کارایی مصرف آب است. هر مدیریتی که تبخیر از سطح خاک را کاهش دهد عملکرد و کارایی مصرف آب را بالا خواهد برد. علاوه بر مدیریت آب، مدیریت کود نیز تأثیر شایانی در افزایش کارایی مصرف آب دارد. در مناطق خشک و نیمه خشک، کشت مخلوط می‌تواند کارایی مصرف آب یا حفاظت آب در خاک را بهبود دهد (Fortin et al., 1994) مدیریت آبیاری به عنوان مهمترین عامل تأثیرگذار بر کارایی مصرف آب نسبت به سایر نهاده‌ها شناخته شده است (Karimi et al., 2006).

در رابطه با مصرف آب در چند کشتی، اصل تولید رقابتی و رقابت اجزای چند کشتی برای دستیابی به آب نقش کلیدی و اهمیت فرآوانی دارد. به نحوی که با انتخاب نامناسب اجزای چند کشتی، به ندرت گونه‌ها محیط را به سود یکدیگر تغییر خواهند داد و به این دلیل محدودیت رطوبت در این چنین ترکیب‌های نادرست به غلبه یک محصول بر محصول دیگر منجر و باعث خسارت اقتصادی می‌شود (Zhang & Li, 2003). در واقع وقتی یک سیستم تولید محصول، مطلوب است که از منابع به طور بهتری استفاده شود.

الگوهای جذب آب در گیاهانی که به صورت مخلوط کشت می‌شوند با کشت خالص متفاوت است (Mohsenabadi et al., 2008). جذب آب توسط یک محصول به ظرفیت ریشه ای آن و توزیع ریشه در نیم‌رخ خاک بستگی دارد. محصولاتی که سیستم ریشه‌ای عمیق دارند ممکن است سیستم ریشه‌ای عمیق‌تری تولید کنند (Francis, 1989).

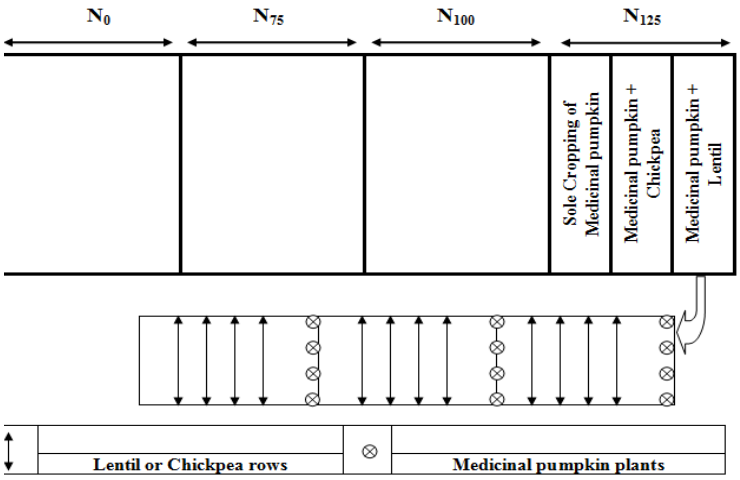
بیشتر پژوهش‌های چند کشتی بر روی عملکرد متمرکز شده است و کارایی استفاده از منابع (آب، نور و مواد غذایی) کمتر بحث شده است. واقعیت این است که کارایی مصرف آب در مخلوطها ۹۹-۱۸ درصد بیشتر از کشت خالص است (Morris & Garrity, 1993)، زیرا در چند کشتی، گیاهان از آب به خوبی استفاده می‌کنند و کارایی مصرف آب نسبت به کشت خالص بالا می‌رود (Davis et al., 1986). با اینحال، در این خصوص گزارش‌های متفاوتی ارائه شده است. برای نمونه عدم تأثیر معنی‌دار کشت مخلوط بر کارایی مصرف آب در کشت مخلوط جو (*Hordeum vulgare* L.) با ماشک (*Vicia villosa* L.) (Mohsenabadi et al., 2008) و یا نخود (*Cicer arietinum* L.) با گندم (*Triticum aestivum* L.) (Jahansooz et al., 2007)، کاهش کارایی مصرف آب در مخلوط سوییچ گراس (*Panicum virgatum* L.) با گون (*Astragalus onobrychis* L.) (Xu et al., 2008) و در مقابل افزایش کارایی مصرف در کشت مخلوط بادام زمینی (*Arachis hypogea* L.) با ارزن انگشتی (*Eleusine coracana* L.) (Rankulatile et al., 1998) گزارش شده است. اگرچه نیتروژن و رطوبت خاک از منابع اصلی محدودکننده در کشت‌های مخلوط هستند، ولی اطلاعات مربوط به سودمندی کشت مخلوط درباره بکارگیری بهتر و اصلاح شده از این منابع و اثبات سازوکارهای درگیر در این رابطه هنوز شناخته نشده است (Rankulatile et al., 1998). از اینرو، هدف این آزمایش مقایسه کارایی مصرف آب در کشت خالص کدوی تخمه کاغذی و مخلوط آن با نخود و عدس و همچنین بررسی اثرات مصرف نیتروژن بر این اختلاف بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ (میانگین بارندگی و دما به ترتیب ۳۳۵/۵ میلی‌متر و ۱۴/۶۰ درجه سانتی‌گراد) در مزرعه تحقیقاتی ایستگاه تحقیقات حاصلخیزی آب خاک ماهیدشت کرمانشاه (۲۶ - ۴۶ شرقی و ۸´ - ۳۴ شمالی، ارتفاع از سطح دریا ۱۳۶۵ متر، با آب و هوای معتدل و اقلیم نیمه خشک در معیار کوپن) به صورت کرت‌های یکبار خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. pH خاک مکان آزمایش ۷/۸ و بافت آن لوم رسی بود. چهار سطح مختلف کود نیتروژن (صفر، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) از منبع کود اوره به عنوان عامل اصلی و سه سیستم مختلف کاشت شامل کشت خالص کدوی تخمه کاغذی) کشت مخلوط کدوی تخمه کاغذی همراه با چهار ردیف نخود و کشت مخلوط کدوی تخمه کاغذی همراه با چهار ردیف عدس به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند (شکل ۱).

کشت نخود (رقم بیونیج) و عدس (رقم محلی) به صورت ردیفی روی پشته‌ها در ۱۸ اسفند ماه و کشت کدوی تخمه کاغذی در محل داغاب پشته‌ها، در نیمه اردیبهشت ماه در زمینی که قبلاً آیش بود، صورت گرفت. ابعاد کاشت برای سه گیاه کدوی تخمه کاغذی، نخود و عدس به ترتیب ۲۵۰×۴۰، ۳۰×۵ و ۳۰×۳ سانتی‌متر و مساحت واحدهای آزمایشی کشت خالص و مخلوط ۵×۳ متر مربع بود. واحدهای آزمایشی شامل سه ردیف (پشته با طول دو و عرض ۲/۵ متر) بودند که پشته میانی برای نمونه‌برداری‌ها و دو پشته دیگر به همراه نیم متر از ابتدا و انتهای پشته میانی بعنوان حاشیه در نظر گرفته شدند (شکل ۱). تیمارهای نیتروژن در مقادیر ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ کیلوگرم به سه قسمت مساوی تقسیم و در سه مرحله کاشت، گلدهی، میوه‌دهی کدوی تخمه کاغذی به صورت نواری و از منبع کودی اوره مصرف شدند.

وجین علف‌های هرز برای نخود، عدس و کدو تنها در یک مرحله (مرحله چهار برگی کدو) صورت گرفت. برای مبارزه با کرم پیله‌خوار نخود در مرحله گلدهی سمپاشی صورت گرفت. در مورد عدس و کدوی تخمه کاغذی آفتی مشاهده نشد و سمپاشی نیز صورت نگرفت.



شکل ۱- نمایش چگونگی ترتیب تیمارها
Fig. 1- Illustration of treatments arrangement

در طول انجام آزمایش یا پس از اتمام آن صفاتی چون ظرفیت زراعی[1]، کل آب مصرفی و همچنین آب مصرف شده در تیمارهای خالص کدوی تخمه کاغذی و مخلوط آن با نخود و عدس در سطوح مختلف مصرف نیتروژن، عملکرد دانه و بیولوژیک کدوی تخمه کاغذی، کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد دانه و بیولوژیک و کارایی تبخیر و تعرق[2] محاسبه گردید.

برای تعیین حجم آب ورودی به هر کرت، از کنتور حجمی دو اینچی (ABAR) استفاده شد و برای برآورد ظرفیت زراعی از روش ایجاد حوضچه در داخل مکان اجرای آزمایش (۳۰ درصد حجمی یا یک سوم اتمسفر) و و برای تعیین نقطه پژمردگی دائمی[3] از کاشت بذر آفتابگردان در گلدان پلاستیکی و آبیاری آن تا مرحله شش برگی (۱۸ درصد حجمی) استفاده شد (Alizadeh, 2006). برای تعیین میزان رطوبت وزنی خاک، دو نمونه از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری توسط مته و به صورت روزانه از هر پشته گرفته و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۱۰-۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. سپس با استفاده از معادله ۱ زیر مقدار درصد وزنی رطوبت خاک محاسبه شد:

معادله (۱) $$\text{درصد رطوبت حجمی} = \frac{\text{وزن خاک مرطوب} - \text{وزن خاک خشک}}{\text{وزن خاک خشک}}$$

نیاز آبی گیاه کدوی تخمه کاغذی طبق معادلات ذیل محاسبه شد. برای تعیین تبخیر و تعرق پتانسیل از داده‌های تشتک کلاس A و ضرایب تشتک (K_P) استفاده شد (معادله ۲).

معادله (۲) $$ET_P = K_P \times E_{pan}$$

ضرایب تشتک تبخیر برای منطقه کرمانشاه و در ماه های مختلف سال به شرح زیر بود (جدول ۱) (Ghamarnia et al., 2010).

ETc (تبخیر و تعرق واقعی گیاه) از معادله (۳) بدست آمد. در این معادله مقادیر مختلف Kc برابر با ۰/۵، ۱ و ۰/۸ در مراحل مختلف ابتدائی، میانی و انتهائی رشد در نظر گرفته شد (Allen et al., 1998).

معادله (۳) $$ET_C = K_C \times ET_O$$

آبیاری کدوی تخمه کاغذی بعد از کاشت تا انتهای برداشت (اواخر مهر ماه) در بیست مرحله صورت گرفت. در هر نوبت آبیاری بعد از ورود آب به هر کرت آزمایشی انتهای آنها کاملاً مسدود گردید و حجم آب ورودی به کنتور خوانده شد. با توجه به اینکه در این تحقیق نحوه انتقال آب به کرت‌های آزمایشی از طریق لوله‌ها پلاستیکی صورت گرفت. راندمان آبیاری به طور متوسط ۸۰ درصد در نظر گرفته شد و حجم آب مورد نیاز در هر بار آبیاری نیز با استفاده از معادله (۴) محاسبه گردید.

معادله (۴) $$V = \frac{ET_C \times A}{\text{راندمان آبیاری}}$$

که در این معادله، V: حجم آب در هر نوبت آبیاری، A: مساحت هر کرت و Etc: تبخیر و تعرق واقعی گیاه است.

کارایی مصرف آب از حاصل تقسیم عملکرد دانه کدوی تخمه کاغذی (کیلوگرم در هکتار) بر مقدار آب مصرفی در طول فصل رشد و بدون احتساب مقدار بارندگی محاسبه شد (Ehdaie & Waines,

1- Field Capacity
2- Evapo-transpiration Efficiency (ETE)
3-Permanent Wilting Point (PWP)

.(1994

جدول ۱- ضرایب تشتک تبخیر (K_P) در ماه های مختلف منطقه کرمانشاه (Ghamarnia et al., 2010)

in Kermanshah region (Ghamarnia et al., 2010))K_P(Table 1- The monthly different pan coefficients

	آپریل April	می May	ژوئن June	جولای July	آگوست August	سپتامبر September	اکتبر October	نوامبر November
k_{pan}	0.8	0.78	0.8	0.76	0.75	0.73	0.69	0.63
Et_{pan}	1.54	3.04	5.41	8.44	8.74	4.41	1.60	0.27

معادله (۵) $\frac{\text{عملکرد}}{\text{کل آب مصرفی}}$ =کارایی مصرف آب (WUE)

کارایی تبخیر و تعرق نیز از رابطه زیر محاسبه شد (Ehdaie & Waines, 1994).

معادله (۶) $\frac{\text{کل عملکرد بیولوژیک}}{\text{کل آب مصرفی}}$ =کارایی تبخیر و تعرق (ETE)

پیش از تجزیه واریانس، آزمون نرمال بودن داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS 16.0 صورت گرفت که با توجه به نرمال بودن آنها تبدیلی انجام نشد. تجزیه واریانس با استفاده از نرم افزار Mstat-C و مقایسه میانگین‌ها در سطوح احتمال پنج و یک درصد بوسیله آزمون دانکن صورت گرفت. همبستگی بین صفات توسط نرم افزار SPSS 16.0 انجام شد.

نتایج و بحث

مصرف نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر کارایی مصرف آب و کارایی تبخیر و تعرق کدوی تخمه کاغذی داشت، ولی بر کل آب مصرفی تأثیر معنی‌داری نداشت. همچنین اختلاف معنی‌داری در مقدار کل آب مصرفی،کارایی مصرف آب و کارایی تبخیر و تعرق در بین سیستم‌های مختلف کاشت (کشت خالص و مخلوط) مشاهده نشد (جدول ۲).

مقایسه میانگین کل مصرف آب در بین سیستم‌های کاشت و در سطوح مختلف نیتروژن نشان داد که بیشترین آب مصرفی به کشت مخلوط کدوی تخمه کاغذی با عدس و کشت مخلوط کدوی تخمه کاغذی با نخود در سطح شاهد (بدون نیتروژن) مربوط بود (شکل ۲).

کمترین کارایی مصرف آب و کارایی تبخیر و تعرق با مصرف صفر و ۷۵ کیلو گرم نیتروژن در هکتار به دست آمد. این موضوع ممکن است بخاطر اثر افزایشی نیتروژن بر عملکرد دانه کدوی تخمه کاغذی باشد (جدول ۳).

بطوریکه بیشترین کارایی مصرف آب همانند عملکرد دانه با مصرف ۱۰۰ و ۱۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد (جدول ۳). مشابه با نتایج بدست آمده در این آزمایش، برخی پژوهشگران نیز افزایش کارایی مصرف آب را در پی افزایش عملکرد گزارش کرده‌اند (Karimi et al., 2006; Howell et al., 1996). بیشترین کارایی تبخیر و تعرق نیز روندی نسبتاً مشابه با کارایی مصرف آب داشت (جدول ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برای کارایی مصرف آب کدوی تخمه کاغذی

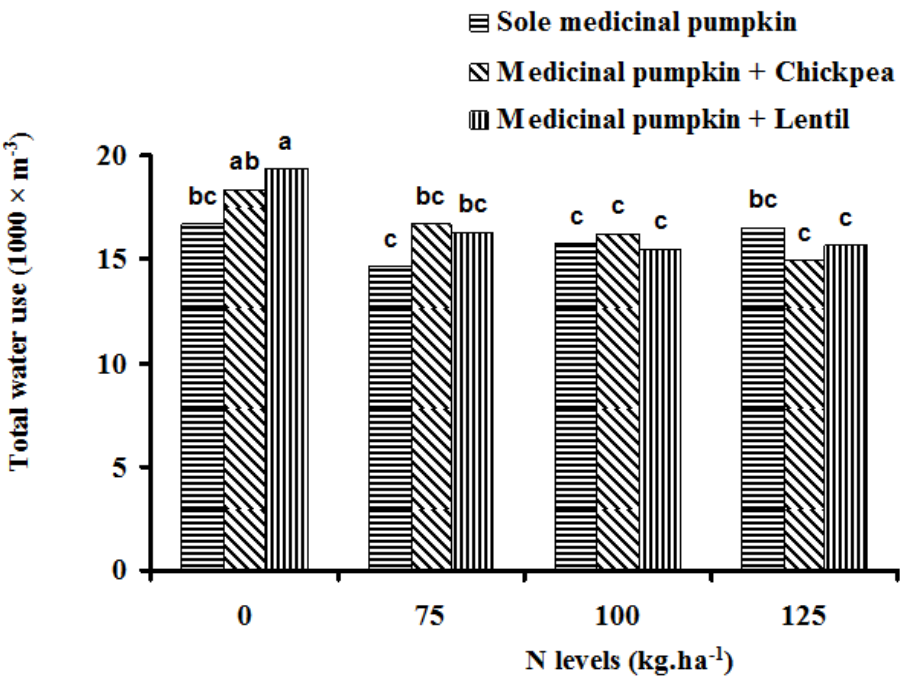
Table 2- ANOVA (mean squares) for Water use efficiency of Medicinal pumpkin

منابع تغییر SOV	درجه آزادی df	کل آب مصرفی TWU	کارایی مصرف آب دانه WUEG	کارایی مصرف آب بیولوژیک WUEB	کارایی تبخیر و تعرق ETE
تکرار Replication	2	9013323.48	0.00001425	0.00102233	0.001
نیتروژن Nitrogen	3	12117693.68 ^{ns}	0.00058847**	0.03143281**	0.041*
خطای اصلی Error A	6	4858594.73	0.00005536	0.00855193	0.008
سیستم کاشت Cropping system	2	2004873.82 ^{ns}	0.00009675 ^{ns}	0.00197258 ^{ns}	0.004 ^{ns}
نیتروژن× سیستم کاشت N×Cropping system	6	2892999.58 ^{ns}	0.00007308 ^{ns}	0.01630895**	0.02**
خطای فرعی Error B	16	1226409.305	0.00008179	0.00244903	0.003
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		6.76	29.37	0.00102233	16.87%

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

* and ** are significant at 5 and 1 % probability levels, respectively.

TWU: Total Water Use, WUES: Water Use efficiency based on grain, WUEB: Water Use efficiency based on biological yield and ETE: Evapo-transpiration Efficiency.



شکل ۲- کل آب مصرفی کدوی تخمه کاغذی در کشت خالص و مخلوط با نخود و عدس در سطوح مختلف نیتروژن

Fig. 2- Total water use in sole cropping of medicinal pumpkin and intercropped with chickpea and lentil at different N levels

میانگین‌های دارای حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with different letter are significantly different at α=5% probability level based on Duncan test.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر نیتروژن بر عملکرد دانه، کارایی مصرف آب و کارایی تبخیر و تعرق کدوی تخمه کاغذی و نسبت برابری زمین

Table 2- Mean comparison of N effect on seed yield, WUE and evapo-transpiration efficiency of medicinal pumpkin and land equivalent ratio

نسبت برابری زمین LER	کارایی تبخیر و تعرق (کیلو گرم بر متر مکعب در هکتار) ETE ($kg.m^{-3}.ha$)	کارایی مصرف آب بیولوژیک (کیلو گرم بر متر مکعب در هکتار) WUEB ($kg.m^{-3}.ha$)	کارایی مصرف آب دانه (کیلو گرم بر متر مکعب در هکتار) WUEG ($kg.m^{-3}.ha$)	عملکرد بیولوژیک (کیلو گرم بر هکتار) BY ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه (کیلو گرم بر هکتار) GY ($kg.ha^{-1}$)	کل آب مصرفی (متر مکعب) TWU (m^3)	سطوح مصرف نیتروژن (کیلو گرم بر هکتار) Nitrogen levels ($kg.ha^{-1}$)
1.64	0.2 b	0.16b	0.01 b	3628b	261.8b	18120a*	0
2.18	0.29 ab	0.24ab	0.02 b	4608ab	314.5b	15910a	75
1.39	0.35 a	0.28a	0.03 a	5552a	488.3 a	15790a	100
1.60	0.34 a	0.29a	0.03 a	5464a	488.1 a	15700a	125

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

at α=5% based on Duncan. * Means with similar letters in each column are not significantly different

GY: Grain yield, BY: Biological yield, WUEG: Water Use efficiency based on grain yield, WUEB: Water Use efficiency based on biologic yield, ETE: Evapo-transpiration efficiency (the precipitation was not evaluated) and LER: land equivalent ratio.

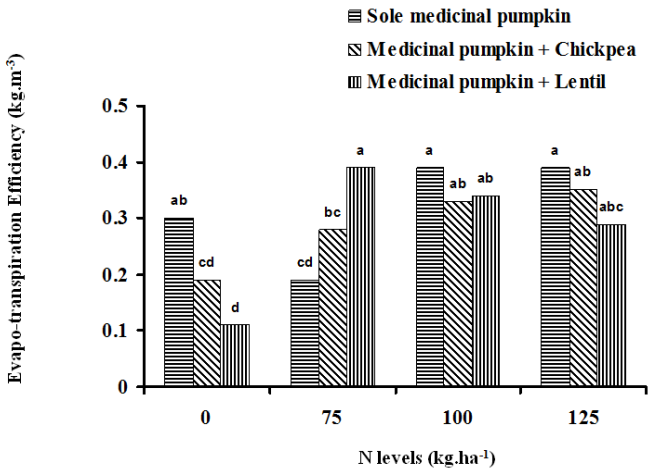
تأثیر مثبت مصرف متعادل نیتروژن بر کارایی مصرف آب در پژوهش‌های دیگری چون مخلوط ماشک و جو (Mohsenabadi et al., 2008)، ذرت (*Zea mays* L.) (Karimi, 2006)، گوجه فرنگی (*Lycopersicum esculentum* L.) (Farahmand et al., 2005)، کلزا (*Brassica napus* L.) (Daneshvar et al., 2008)، گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) (Mahey et al., 1989)، کتان (*Linum usitatissimum* L.) (Omidbaigi et al., 2001) گزارش شده است.

نتایج همچنین نشان داد که کارایی مصرف آب در کشت خالص کدوی تخمه کاغذی و مخلوط آن با نخود و عدس تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲). همانند یافته‌های این آزمایش، در کشت مخلوط جو با ماشک (Mohsenabadi et al., 2008) و یا کشت مخلوط

نخود با گندم (Jahansooz et al., 2007) نیز عدم تأثیر معنی‌دار کشت مخلوط بر کارایی مصرف آب گزارش شده است. در مقابل، کارایی مصرف آب در کشت مخلوط سویچ گراس با گون در مقایسه با کشت خالص آنها کاهش یافت (Xu et al., 2008)، ولی در کشت مخلوط بادام زمینی با ارزن انگشتی کارایی مصرف آب افزایش نشان داد (Rankulatile et al., 1998). بطور کلی، افزایش کارایی مصرف آب در کشت مخلوط به کاهش تبخیر آب از سطح خاک (بخاطر وجود پوشش بیشتر روی زمین نسبت به کشت خالص (Rankulatile et al., 1998) نسبت داده شده است. از آنجا که دو گیاه نخود و عدس از لحاظ تاریخ کاشت با کدوی تخمه کاغذی اختلاف زمانی داشتند و مدت زمان کمی همراه آن بودند، لذا پوشش بیشتری نسبت به کشت خالص کدوی تخمه کاغذی ایجاد نکردند و درنتیجه تأثیری بر کاهش تبخیر از سطح خاک نداشتند. با این وجود کشت مخلوط با عدس و نخود، کارایی مصرف آب کدوی تخمه کاغذی را کاهش نداد چراکه در برخی آزمایش‌ها گزارش شده است عدم وجود تاج پوشش مناسب در اوایل فصل و کاهش تعرق و افزایش تبخیر، کاهش کارایی مصرف آب را در پی خواهد داشت (Jahansooz et al., 2007).

به نظر می‌رسد که نیتروژن در مقایسه با سیستم‌های کاشت تأثیر بیشتری بر روی کارایی مصرف آب برای دانه داشته است (جدول ۳). کمترین کارایی تبخیر و تعرق در کشت مخلوط کدوی تخمه کاغذی با عدس و کشت مخلوط کدوی تخمه کاغذی با نخود درسطح شاهد (بدون کود) و کشت خالص کدوی تخمه کاغذی در سطح ۷۵ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار به دست آمد (شکل ۳). تأثیر کود نیتروژن بر کارایی تبخیر و تعرق مشهود است که می‌توان در افزایش رشد رویشی و در پی آن افزایش عملکرد بیولوژیک گیاه را به نقش کود نیتروژن نسبت داد، به خاطر این مسأله است که در مقادیر بالای مصرف نیتروژن (۱۲۵–۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) کارایی تبخیر و تعرق کشت خالص کدوی تخمه کاغذی با کشت مخلوط آن با نخود و عدس اختلاف معنی‌داری نداشت. در واقع نیتروژن کاهش عملکرد بیولوژیک کدوی تخمه کاغذی ناشی از کشت مخلوط را جبران کرد. از اینرو، کارایی تبخیر و تعرق کشت مخلوط و کشت خالص در این سطح تفاوت معنی‌داری نداشتند (شکل ۳).

نتایج همبستگی ساده صفات مورد مطالعه نشان‌دهنده همبستگی مثبت معنی‌دار بین عملکرد دانه با کارایی مصرف آب و کارایی تبخیر و تعرق بود (r=۰/۹۹) (جدول ۴). نتایج پاکنژاد و همکاران (Paknejad et al., 2009) در مورد همبستگی بالا بین عملکرد دانه و کارایی مصرف آب ارقام گندم با نتایج بدست آمده از این تحقیق مطابقت دارد. از سویی دیگر، کارایی مصرف آب با کل آب مصرفی رابطه منفی و معنی‌داری نشان داد (جدول ۴). در واقع با افزایش کل آب مصرفی، کارایی مصرف آب کدوی تخمه کاغذی نیز کاهش یافت. گرچه آب عامل بسیار مؤثر بر عملکرد محصول است، ولی کارایی مصرف آن با افزایش آب آبیاری رابطه مستقیم و خطی ندارد و حداکثر عملکرد، همواره عملکرد اقتصادی نبوده و به معنای حداکثر کارایی مصرف آب نیست (Montajabi & Vaziri, 2004).



شکل ۳- کارایی تبخیر و تعرق کدوی تخمه کاغذی در کشت خالص و مخلوط با نخود و عدس در سطوح مختلف مصرف نیتروژن

Fig. 3- Evapo-transpiration efficiency of medicinal pumpkin in sole and intercropped with chickpea and lentil at different N levels

میانگین‌های دارای حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with different letter are significantly different at α=5% probability level based on Duncan test.

افزایش مصرف آب باعث کاهش کارایی مصرف آب برای عملکرد ریشه و قند استحصالی چغندرقند شد (Hoseinpur et al., 2006). در آزمایشی، کارایی مصرف آب سویا (*Glycine max* L.) با کاهش آب آبیاری به شکل معنی‌داری افزایش یافت (Ghajar

(Sepanlou & Bahmanyar, 2004).

عملکرد دانه، عملکرد تر میوه و عملکرد بیولوژیک با کل آب مصرفی رابطه‌ای منفی داشتند، ولی تنها رابطه عملکرد بیولوژیک با کل آب مصرفی معنی‌دار بود (جدول ۴). این در حالی بود که عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک با کارایی تبخیر و تعرق همبستگی مثبت و معنی‌داری داشتند (جدول ۴). در واقع آنچه باعث شده است که کارایی تبخیر و تعرق تحت تأثیر قرار بگیرد عملکرد دانه و عملکرد میوه‌ها بوده است، زیرا همبستگی بین کارایی تبخیر و تعرق با کل آب مصرفی مشاهده نشد.

همانطور که در جدول ۳ نشان داده شده است، کارایی مصرف آب کدوی تخمه کاغذی پایین است. از آنجا که این گیاه دارای میوه‌های بزرگی است (به طور متوسط ۲/۵–۱/۵کیلوگرم)، لذا بخش زیادی از آب مصرفی برای تشکیل میوه‌ها مصرف می‌شود. بنابراین درصورت محاسبه کارایی مصرف آب بر اساس میوه، مقدار آن به حدود ۱/۵–۱ خواهد رسید(جدول ۳). همچنین دوره رشد نسبتاً طولانی کدوی تخمه کاغذی نیز باعث می‌شود میزان از دست رفتن آب نیز در طی همین دوره به مراتب بیشتر بوده و کارایی مصرف آب کاهش یابد. مشابه با این گزارش شده است که ارقام دیررس کلزا بخاطر مصرف بیشتر آب، کارایی مصرف کمتری نسبت به ارقام زودرس دارند (Schott, 1994). در مورد گیاه کدوی تخمه کاغذی، با مصرف بهینه نیتروژن و انتخاب بذر مناسب می‌توان کارایی مصرف آب را افزایش داد. هرچند شرایط جوی نیز بر میزان کل آب مصرفی تأثیر بسزایی دارد. برای نمونه در سال‌های خشک، بواسطه تبخیر و تعرق بالا، مصرف آب افزایش می یابد. از نظر استانهیل (Stanhill, 1986) عوامل آب، دی اکسیدکربن، دمای هوا، گونه گیاهی، مسیر فتوسنتزی گیاه، رفتار روزنه‌ای گیاه، اندازه و ساختمان و آرایش برگ‌ها، خصوصیات خاک و عوامل اقتصادی تولید که بر کارآیی مصرف آب تأثیر می‌گذارند.

نتیجه‌گیری

با توجه به عدم اختلاف معنی‌دار بین ۱۰۰ و ۱۲۵ کیلوگرم نیتروژن، می‌توان با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن بالاترین عملکرد و کارایی مصرف آب رسید. نتایج آزمایش نشان داد که با توجه به عدم تأثیر معنی‌دار کشت مخلوط بر کل آب مصرفی، کشت مخلوط کدوی تخمه کاغذی با دو گیاه نخود و عدس بدون نگرانی از افزایش میزان مصرف آب قابل پیشنهاد است. اگرچه کارایی مصرف آب این گیاه پایین است، اما چون از لحاظ اقتصادی سودمندی بسیار مناسبی دارد، لذا می‌توان کشت آن را برای مناطقی که محدودیت آب ندارند توصیه کرد. پیشنهاد می‌شود در آزمایش‌های تکمیلی، بمنظور تعیین دقیق میزان آب مورد نیاز برای دستیابی به حداکثر عملکرد و همچنین تشخیص اینکه کدامیک از دو عامل آبیاری یا مصرف بهینه نیتروژن بیشترین تأثیر را بر کارایی مصرف آب خواهد داشت، تیمارهای آبی مورد بررسی قرار گیرند

جدول ۳ - ضرایب همبستگی ساده بین کارایی مصرف آب کدوی تخمه کاغذی و صفات مرتبط با آن

Table 3- Simple correlation coefficient between WUE of medicinal pumpkin and related traits

صفات Traits	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
(۱) کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مربع در هکتار) (1) WUE ($kg.m^{-3}.ha$)	1					
(۲) کارایی تبخیر و تعرق (کیلوگرم بر متر مربع در هکتار) (2) ETE ($kg.m^{-3}.ha$)	$^{**}0.85$	1				
(۳) کل آب مصرفی (متر مکعب) (3) TWU (m^3)	$^{*}-0.63$	-0.55^{ns}	1			
(۴) عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) (4) SY ($kg.ha^{-1}$)	$^{**}0.99$	$^{**}0.85$	-0.55^{ns}	1		
(۵) عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) (5) BY ($kg.ha^{-1}$)	$^{**}0.79$	$^{**}0.99$	-0.42^{ns}	$^{**}0.81$	1	
(۶) عملکرد تر میوه (کیلوگرم در هکتار) (6) YLF ($kg.ha^{-1}$)	$^{**}0.71$	$^{**}0.81$	-0.37^{ns}	$^{**}0.74$	$^{**}0.8$	1

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

* and ** are significant at 5 and 1 % probability levels, respectively.

سپاسگزاری

بدیهی است بدون الطاف الهی و همکاری دوستان (که تعداد آنها کم نیست) انجام این آزمایش امکان‌پذیر نبود. از اینرو، نگارندگان وظیفه خود می دانند ضمن شکرگزاری از آفریننده یکتا، صمیمانه از کلیه افرادی که آنها را یاری کرده‌اند، سپاسگزاری کنند.

منابع

1- Alizadeh, A. 2006. Soil-Water-Plant Relationships. Astan Quds Razavi, Imam Reza University Publication, Iran, 484 pp. (In Persian)
2- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., and Smith, M. 1998. Crop evapo-transpiration-guidelines for computing crop water requirements (Irrigation and Drainage Paper No. 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome, Italy.
3- Daneshmand, A.R., Shirani-Rad, A.H., Noormohammadi, G.H., Zarei, G., and Daneshian, J. 2007. Effect of water stress and different levels of nitrogen fertilizer on seed yield and its components, nitrogen uptake and water use and nitrogen utility efficiency in two rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. Iranian Journal of Crop Sciences 8 (4): 323-342. (In Persian with English Summary)
4- Daneshvar, M., Tahmasebi Sarvestani, Z., Modares Sanavy, S.A.M., and Shirani Rad, A.H. 2008. Effect of irrigation and nitrogen fertilizer on agronomical and physiological traits of two canola (*Brassica napus* L.) cultivars. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 15(4): 56-68. (In Persian with English Summary)
5- Davis, J.H.C., Woolley, J.N., and Moreno, R.A. 1986. Multiple Cropping with Legumes and Starchy Roots. MacMillan Publishing Company New York. pp. 82-110.
6- Ehdaie, B., and Waines, J.G. 1994. Growth and transpiration efficiency of efficiency of near isogentic lines for high in spring wheat. Crop Science 34: 1443-1451
7- Farahmand, A.R., Farhad, H., Liaghat, A.M., and Kashi, A.K. 2005. Investigation of the effectiveness of irrigation water regimes and nitrogen amount on yield and water use efficiency of tomato. Journal of Soil and Water Science 19(2): 263-270. (In Persian with English Summary)
8- Fortin, M.C., Culley, J., and Edwards, M. 1994. Soil water, plant growth, and yield of strip-intercropped corn. Journal of Production Agriculture 7: 63–69.
9- Francis, C.A. 1989. Biological efficiencies in multiple cropping systems. Advances in Agronomy 42: 1-36.
10- Ghaemi, A., and Hasanabadi, Z. 2003. View of water resources and pressure irrigation. In: Proceedings of the 3rd regional conference on irrigation and drainage in Khuzestan Province. pp. 9-20. (In Persian)
11- Ghajar Sepanlou, M., and Bahmanyar, M.A. 2004. Effects of irrigation cut-off time on growth, grain yield, water use efficiency and harvest index of soybean cultivars in Mazandaran. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources of Khazar 2(2): 79-89. (In Persian with English Summary)
12- Ghamarnia, H., Ghobadi, M., Miri, A., and Jafarizadeh, M. 2010. Evaluation of crop coefficient and water requirements of *Nigella sativa* in arid and semi arid regions. 3rd Irrigation and Drainage Network Management National Conference, Ahvaz, Iran, 20-21 February.
13- Hashemi-Dezfouli, A.S. 1994. Concept of water use efficiency. Pajouhesh & Sazandegi 25: 34-37. (In Persian with English Summary)
14- Hoseinpur, M., Sorushzadeh, A., Agha- alikhani, M., Taleghani, D.F., and Khoramian, M. 2006. The Effect of irrigation in spring on water use efficiency and yield of autumn sown sugar beet. Journal of Sugar beet 22(2): 35-51. (In Persian with English Summary)
15- Howell, T.A., Evett, S.R., Tolk, J.A., Schneider, A.D., and Steiner, J.L. 1996. Evapo-transpiration of corn-southern high plains. In: Proceeding of the Conference on International Evapo-transpiration and irrigation Schedule. ASAE, San Antonio, TX, PP. 381-387
16- Jahansooz, M.R., Yunusa, I.A.M., Coventry, D.R., Palmer, A.R., and Eamus, D. 2007. Radiation- and water-use associated with growth and yields of wheat and chickpea in sole and mixed crops. Journal of Central European Agriculture 26: 275-282.
17- Karimi, A., Homaee, M., Moezardalan, M., Liyaghat, A. M., and Raiesi, F. 2006. Effect of fertigation on yield and water use efficiency on corn in a tape irrigation system. Journal of Agricultural Science (Islamic Azad University) 12 (3): 561-575. (In Persian with English Summary)
18- Mahey, R.K., Baldev, S., and Randhawa, G.S. 1989. Response of safflower to irrigation and nitrogen. Indian Journal of Agronomy 34: 21-23.
19- Mohsenabadi, G.R., Jahansooz, M.R., Chaichi, M.R., Rahimian Mashhadi, H., Liaghat, A.M., and Savaghebi, G.R. 2008. Evaluation of barley–vetch intercrop at different nitrogen rates. Journal of Agricultural Science and Technology 10: 23-31.

20- Montajabi, N., and Vaziri, J. 2004. Effects of irrigation scheduling on yield and water use efficiency of wheat in Golpaygan. Journal of Soil and Water Science 18(1): 56-62. (In Persian with English Summary)
21- Morris, R.A., and Garrity, D.P. 1993. Resource capture and utilization in intercropping water. Field Crops Research 34: 303-317.
22- Omidbaigi, R., Tabatabaei, S.M.F., and Akbari, T. 2001. Effects of N fertilizers and irrigation on the productivity (growth, seed yield, and active substances) of linseed. Iranian Journal of Agricultural Science 32(1): 53-64. (In Persian with English Summary)
23- Paknejad, F., Jami AL-Ahmadi, M., Vazan S., and Ardakani, M.R. 2009. Effects of water stress at different growth stages on yield and water use efficiency of some wheat cultivars. Electronically Journal of Crop Science 2 (3): 17-36. (In Persian with English Summary)
24- Rankulatile, H., Homma, K., Horie, T., Kurusa T., and Inamura, T. 1998. Land equivalent ratio of groundnut-finger millet intercrops as affected by plant combination ratio, and nitrogen and water availability. Plant Production Science 1(1): 39-46.
25- Schott, J.J., Bar-Hen, A., Monod, H., and Blout, F. 1994. Competition between winter rape cultivars under experimental conditions. Cahiers Agricultures 3 (6): 377-83.
26- Stanhill, G. 1986. Water use efficiency. Advances in Agronomy 39: 53-85.
27- Xu, B.C., Li, F.M., and Shan, L. 2008. Switch grass and milk vetch intercropping under 2:1 row-replacement in semiarid region, northwest China: Aboveground biomass and water use efficiency. European Journal of Agronomy 28: 485–492.
28- Zhang, F., and Li, L. 2003. Using competitive and facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrient-use efficiency. Plant and Soil 248: 305–312.