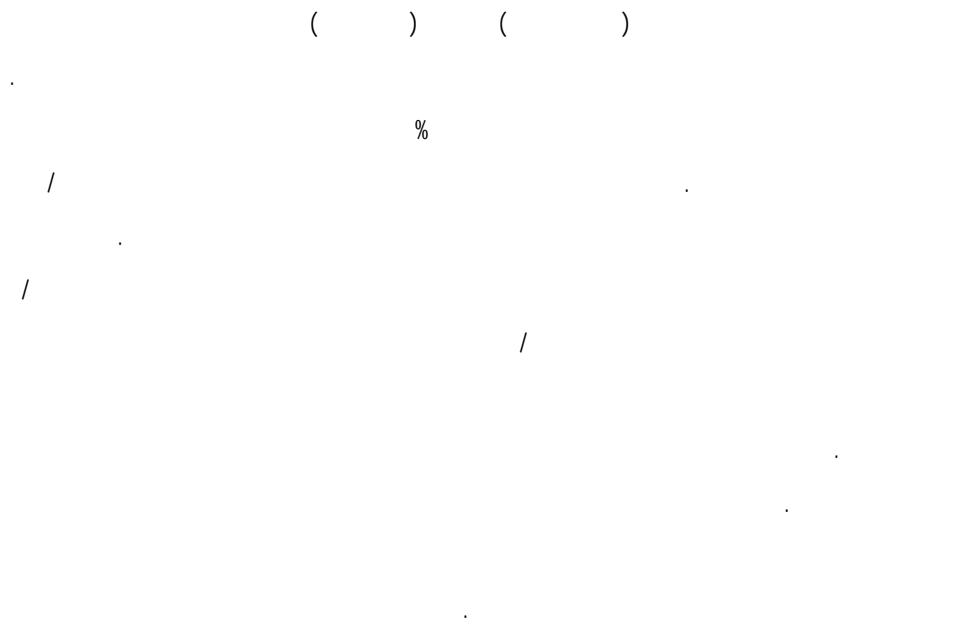


* (*Carthamus tinctorious* L.)

Effects of growing season and plant densities on water use efficiency in safflower (*Carthamus tinctorious* L.) cultivars and lines.

بهرام مجذ نصیری^۱، مهدی کریمی^۲ و قربان نور محمدی^۳



عملکرد دانه در اغلب محصولات زارعی کافی بود و در چنین حالتی راندمان مصرف آب (Water use efficiency) معادل یک بود. اما واقعیت این است که برای تولید محصول چندین برابر آن مقدار آب مورد نیاز است و این خود دلیلی بر مصرف آب در

اگر تمام آبی که توسط محصول جذب می شود، جهت سنتز بخشی از ماده خشک که به عنوان عملکرد برداشت می شود مصرف می شد، آنگاه حجمی تقریباً معادل یک میلیمتر ارتفاع آب برای تولید حداقل

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۱/۱۰/۲

تاریخ دریافت: ۱۳۸۱/۱/۲۴

* بخشی از رساله دکتری نویسنده اول در گروه تخصصی زراعت واحد علوم و تحقیقات - تهران

۱- دانشجوی دوره دکتری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

۲ و ۳ به ترتیب دانشیار دانشگاه صنعتی اصفهان و استاد واحد علوم و تحقیقات - تهران.

روش‌های افزایش کارآبی مصرف آب برای تولید مطلوب در مزارع تحت آبیاری از زمینه‌های اصلی مطالعه اثرات متقابل گیاه و محیط در دهه‌های گذشته بوده است. هر عاملی که عملکرد را افزایش دهد، غالباً کارآبی مصرف آب را نیز بهبود می‌بخشد. هم چنین عواملی که کاهش تبخیر و تعرق طی فصل رشد را به همراه داشته باشند بر افزایش این خصوصیت مؤثر می‌باشد (Stanhill, 1986). کارآبی مصرف آب را می‌توان از طریق دست کاری در منطقه رشد ریشه و یا افزایش ذخیره آب و توسعه ریشه در پروفیل و یا حتی وضع کردن شرایطی مثل زهکشی نامطلوب یا شوری زیاد، افزایش داد (فاجریا، ۱۳۷۷). افزایش ماده آلی خاک نیز روش مهمی برای افزایش ظرفیت نگهداری آب قابل دسترس است. علاوه بر آن شخم عمیق نیز میزان نفوذ آب و قابلیت دسترسی به آن را برای گیاهان افزایش می‌دهد. در بررسی آلسی و همکاران (Alessi et al., 1981) میزان عملکرد دانه، درصد روغن دانه و کارآبی مصرف آب در ارقام مختلف گلنگ (Carthamus tinctorious L.) متأثر از تاریخ کاشت و تراکم بوته بود. در این مطالعه هم چنین مشخص شد که متوسط مصرف آب در کاشت اول (اواخر اردیبهشت) به ترتیب ۴ تا ۸ سانتیمتر بیشتر از دو تاریخ کاشت ۱۷ خرداد و ۵ تیرماه بود، اما تراکم بوته در این خصوص، اختلافی ایجاد نکرد. گارساید و همکاران (Garside et al., 1992) یک ارتباط خطی قوی میان مصرف آب و عملکرد دانه و ماده خشک مشاهده کردند. آن‌ها هم چنین دریافتند که اگر چه مصرف آب برای تیمارهای آبیاری و فصل رشد متفاوت بود ولی کارآبی مصرف آب تقریباً ثابت باقی ماند. بررسی دیگری که توسط دانیلز و اسکات (Daniels and Scott, 1991) انجام گرفته است دیده شد که افزایش عملکرد دانه در سویا موجب افزایش کارآبی مصرف آب گشت، اگر چه ایشان ابراز داشته اند که این وضعیت عمومیت ندارد.

راه‌هایی غیر از تولید محصول می‌باشد که مقداری از این مصارف اجتناب پذیر و مقداری نیز اجتناب ناپذیرند (Stanhill, 1986). با توجه به این که میزان آب آبیاری مورد نیاز در هر مزرعه به کارآبی آبیاری مربوط می‌شود، بنابراین اندازه گیری و یا پیش‌بینی صحیح این پارامتر حائز اهمیت است (Garside et al., 1992). کارآبی مصرف آب هم چنین یکی از خصوصیات مهم فیزیولوژیک است که نشان دهنده توانایی گیاه در مقابله با تنفس آب می‌باشد (Frank et al., 1987; Daniel and Scott, 1991) که کارآبی مصرف آب را تحت تأثیر قرار می‌دهند شامل عوامل آب و هوایی، عوامل خاک و عوامل گیاهی هستند.

از عوامل آب و هوایی می‌توان آب CO_2 و درجه حرارت هوا را نام برد. از عوامل گیاهی نیز می‌توان به متابولیسم کرین، عکس العمل روزنه‌ها، اندازه برگ، آرایش اجتماع گیاهی و مسائل زراعی اشاره کرد (Stanhill, 1986). روش‌های متعددی برای تعیین کارآبی مصرف آب وجود دارد (Frank et al., 1987). در روش اول، کارآبی مصرف آب با تقسیم میزان تبادل CO_2 بر میزان تعرق محاسبه می‌شود، در روش دوم پارامتر مورد بحث حاصل نسبت میزان تجمع ماده خشک بر آب از دست رفته از طریق تعرق است (Heitholt, 1989) و در روش سوم که که به عنوان متداول ترین روش شناخته می‌شود، کارآبی مصرف آب حاصل نسبت میزان تجمع ماده خشک بر آب از دست رفته از طریق تبخیر و تعرق است (Daniels and Scott, 1991; Hiebsch et al., 1976; Timmons et al., 1967). از آن‌جا که بخشی از ماده خشک در گیاه به عنوان محصول اقتصادی برداشت می‌شود، بنابراین تعریف دقیق‌تر برای کارآبی مصرف آب، نسبت عملکرد اقتصادی (Y) به واحد آب تبخیر و تعرق شده (ET) در مزرعه است.

$$WUE = \frac{Y}{ET}$$

ردیف برای حصول تراکم مذکور به ترتیب ۵، ۱۰ و ۱۵ سانتیمتر انتخاب شدند. برای اطمینان از حصول تراکم‌های مورد نظر، در زمان کاشت، میزان بذر پیشتری کشت شد و پس از سبز شدن و استقرار کامل گیاهچه‌ها و در مرحله توسعه کامل دومین برج رزت، فاصله بوته‌ها در روی ردیف در اندازه‌های مورد نظر تنظیم شد. به منظور پیش‌گیری از بروز بیماری‌های خاکزی، بذور قبل از کاشت با محلول قارچکش کاپتان به میزان دو در هزار ضد عفونی شدند. اولین آبیاری یک هفته پس از کشت صورت گرفت و پس از مرحله سبز شدن بوته‌ها، آبیاری تا پایان دوره رسیدن فیزیولوژیک بر اساس ۵۰ درصد تخلیه رطوبتی خاک تا عمق ریشه انجام شد. به منظور محاسبه زمان دقیق انجام آبیاری از روز پنجم بعد از هر آبیاری، پس از طی زمان ۴۸ ساعت با خروج آب ثقلی و عبور از مرحله ظرفیت مزرعه (FC)، نمونه‌هایی از خاک در منطقه انتهایی ریشه جمع آوری شده و پس از خشک کردن کامل درآون آزمایشگاهی، درصد وزنی رطوبت آن‌ها سنجیده می‌شد. در هر زمان که درصد تخلیه رطوبتی اندازه گیری شده به ۵۰ درصد رطوبت در وضعیت FC نزدیک گردید، ضمن ثبت میزان وزنی آب تخلیه شده تا عمق ریشه و تبدیل به واحد حجم، عملیات آبیاری صورت می‌گرفت. به منظور کنترل مقدار آب مصرفی و عبور آب به میزان محاسبه شده برای هر آبیاری از پارشال فلوم تیپ چهار که در مجرای ورود آب به مزرعه نصب شده بود، استفاده شد و به مقدار لازم آب به کرت‌هایی که انتهای آن‌ها بسته بود سرازیر می‌شد. این میزان آب بر اساس واحد ستونی از آب که برای اشباع کردن خاک در بیشترین عمق ریشه مورد نیاز بود، محاسبه گردید و نتایج پس از تبدیل به واحد متر مکعب در هکتار تجزیه آماری شد.

منحنی و معادله مربوط به پارشال فلوم مذکور، ارتباط بین ستون آب در پارشال فلوم و میزان عبور آب به واحد لیتر در ثانیه را مشخص می‌سازد. بنابراین با

این مطالعه از فروردین ماه سال ۱۳۷۹ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی کبوتر آباد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق اصفهان با عرض جغرافیایی ۴۵ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۵۱ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۵۷۰ متر از سطح دریا به مرحله اجرا درآمد. اقلیم منطقه بر اساس روش اقلیم بندی کوپن (BWhs) یعنی اقلیم صحراوی و گرم با تابستان‌های خشک و مطابق تقسیم‌بندی کریمی ۳، C، V، یعنی خشک با تابستان‌های گرم و زمستان‌های نسبتاً سرد می‌باشد (کریمی، ۱۳۶۶). میانگین دراز مدت بارش و درجه حرارت سالیانه به ترتیب حدود ۱۲۰ میلیمتر و ۱۶ درجه سانتیگراد است. بافت خاک مزرعه از نوع لوم سیلت است. در این بررسی پنج ژنتیپ گلرنگ شامل دو لاین برگزیده از توده محلی گلرنگ به همراه ارقام شناخته اراک، ۲۸۱۱، ژیلا و کوسه در دو زمان کاشت ۱۵ فروردین (کشت بهاره یا کشت اول) و ۱۵ تیرماه (کشت تابستانه یا کشت دوم) و هر کدام در سه تراکم ۴۰، ۲۰ و ۱۳ بوته در مترمربع مورد بررسی قرار گرفتند. آزمایش در قالب طرح آزمایشی کرت‌های دوبار خرد شده (اسپیلیت اسپیلیت پلات) انجام شد، به طوری که تاریخ کاشت به عنوان عامل اصلی، تراکم بوته به عنوان عامل فرعی و ارقام به عنوان عامل فرعی فرعی در نظر گرفته شدند. عملیات تهیه زمین با دیسک بهاره در زمین شخم خورده از پائیز سال قبل آغاز گردید. کوددهی بر مبنای ۲۰ کیلوگرم فسفر (P_2O_5) و ۳۰ کیلوگرم نیتروژن (N) در هر هکتار محاسبه و قبل از دیسک دوم در سطح مزرعه پخش و با خاک مخلوط شد. کشت به صورت جوی و پشتہ بوده و به همین منظور فاروهایی به فاصله ۵۰ سانتیمتر از یکدیگر احداث گردید. هر کرت شامل چهار ردیف به طول پنج متر بود. کشت بذور به صورت نم کاری و برروی رأس هر پشتہ و در عمق سه سانتیمتری انجام شد و فاصله نهایی بوته‌ها روی هر

بوته ها در هر کرت فرعی فرعی ، تعداد پنج بوته کامل از هر کرت فرعی فرعی جمع آوری و به مدت ۴۸ ساعت درآون آزمایشگاهی در درجه حرارت ۶۵ درجه سانتیگراد کاملاً خشک شده و سپس توزین گردیدند. میزان عملکرد دانه هر کرت نیز با برداشت کامل سطح مفید هر کرت (۱۰ متر مربع) و جمع آوری دانه ها به دست آمد. کلیه محاسبات آماری و رسم نمودارها با استفاده از برنامه های کامپیوتری مینی تب (Minitab) و اکسل (Excel) انجام پذیرفت.

دانستن میزان آب مورد نیاز و ثبت ستون آب در پارشال فلوم ، زمان دقیق هر آبیاری به دست می آمد. به عبارت دیگر میزان آب لازم تا رسیدن به وضعیت ظرفیت مزرعه برای هر کرت آزمایشی، با توجه به عمق خاکی که ریشه گیاهان را در بر گرفته بود محاسبه شده و انتقال این مقدار آب به هر کرت ، توسط پارشال فلوم کنترل می شد. میزان آب مصرف شده در هر آبیاری که برابر با آب تبخیر و تعرق یافته تا زمان آبیاری بعدی نیز بود، هم چنین تاریخ و تعداد دفعات آبیاری در دو کشت بهاره و تابستانه در جدول ۱ مشخص شده است. برای اندازه گیری وزن خشک بوته، در پایان دوره رسیدن

فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	نیتروژن کل (%)	کربن آلی (%)	اسیدیته خاک pH	هدایت الکتریکی (dS/m)	عمق خاک (cm)
22.8	260	0.09	0.91	7.5	1.5	0-40

جدول ۱- تاریخ ، تعداد دفعات و میزان آب مصرفی در هر آبیاری در آزمایش گلنگ

Table 1. Date, number and quantity of water use in every irrigation

نوبت آبیاری Number	تاریخ آبیاری Irrigation date	کشت بهاره Spring sowing		کشت تابستانه Summer sowing	
		میزان آب مصرفی (ET) (m ³ /ha)	میزان آب مصرفی (ET) (m ³ /ha)	تاریخ آبیاری Irrigation date	میزان آب مصرفی (ET) (m ³ /ha)
1	April . 17	300.0	July 10	300.0	
2	April . 28	300.0	July 18	411.0	
3	May . 9	360.0	July 27	520.0	
4	May . 23	410.0	Aug. 5	573.0	
5	June . 3	463.0	Aug. 14	620.0	
6	June . 15	468.0	Aug. 20	640.0	
7	June . 26	565.0	Aug. 28	640.0	
8	July . 4	620.0	Sept. 6	640.0	
9	July . 5	624.0	-	-	
10	July . 24	626.0	-	-	
11	August . 3	626.0	-	-	
12	August . 15	626.0	-	-	
Total	جمع	5988.0		4344.0	

۰/۴۸۹ کیلو گرم بر مترمکعب نسبت به کشت اول با متوسط ۰/۴۱۷ کیلو گرم بر مترمکعب برتری معنی داری داشت (جدول ۳). کارآبی مصرف آب در کشت دوم به میزان ۱۷/۵ درصد بیشتر از کشت بهاره بود. برتری کشت دوم از این نظر عمدهاً به دلیل

جدول ۲ نشان دهنده که کارآبی مصرف آب در دو کشت بهاره و تابستانه در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی دار شد. هم چنین مقایسه میانگین ها نشان داد که کارآبی مصرف آب در کشت دوم با متوسط

نظر میزان عملکرد دانه تولیدی نسبت به آب تبخیر و تعرق یافته برتری دارد و خروج کمتر آب از گیاه و خاک در جریان تبخیر و تعرق احتمالاً به دلیل کوتاه تر بودن دوره رشد در این فصل بوده است. تأثیر تراکم بوته در واحد سطح نیز بر کارآیی مصرف آب بسیار معنی دار بود (جدول ۲). به طوری که در جدول مقایسه میانگین های مربوطه (جدول ۴) دیده می شود، هر سه تراکم بوته مورد بررسی از نظر کارآیی مصرف آب با یکدیگر اختلاف معنی دار دارند. تراکم ۴۰ بوته در متربع با میانگین ۰/۴۸۱ کیلوگرم بر متر مکعب، بیشترین و تراکم ۱۳ بوته در متربع با میانگین ۰/۳۰۸ کیلوگرم بر مترمکعب، کمترین کارآیی مصرف آب را به خود اختصاص دادند. تراکم حد وسط نیز مقدار ۰/۳۸۸ کیلوگرم بر مترمکعب را نشان داد. با افزایش تراکم بوته، کارآیی مصرف آب نیز روند صعودی داشت. در شرایط این مطالعه اگر چه افزایش تعداد بوته در واحد سطح، احتمالاً افزایش در تعرق را به همراه داشته است، اما به دلیل تولید عملکرد دانه بیشتر، در نهایت کارآیی مصرف آب بیشتر شده است. به عبارت دیگر در جریان افزایش تراکم بوته، افزایش در عملکرد دانه بسیار بیشتر از افزایش در تبخیر و تعرق از

تعداد دفعات کمتر آبیاری و در نتیجه میزان مصرف کمتر آب طی فصل رشد است. تعداد آبیاری های انجام شده ب کشت بهاره، ۱۲ و برای کشت تابستانه، ۸ مرتبه بود (جدول ۱). وزن خشک به دست آمده از بوته های کشت بهاره به طور متوسط ۱۴۶۰/۶ گرم بر مترمربع و برای بوته های حاصل از کشت تابستانه، ۹۵۵/۵ گرم بر مترمربع بود. با وجود برتری آشکار کشت بهاره از نظر تولید بیوماس، به دلیل کاهش قابل توجه مصرف آب، کارآیی مصرف آب در کشت تابستانه به طور فاحش برتر از کشت بهاره بود. مقدار متوسط آب مصرفی برای دو کشت بهاره و تابستانه در هر آبیاری به ترتیب در حدود ۵/۰۰ سانتیمتر (۵۰۰ مترمکعب در هکتار) و ۵/۴۳ سانتیمتر (۵۴۳ مترمکعب در هکتار) بود. هم چنین میزان کل آب مصرفی برای دو کشت بهاره و تابستانه به ترتیب ۵۹۸۸ و ۴۳۴۴ مترمکعب در هکتار محاسبه شد. بدین ترتیب مقایسه این مقادیر مشخص می سازد که کشت تابستانه گلنگ اگر چه از نظر تولید دانه در بوته و در واحد سطح با کشت بهاره برابر نمی کند اما از نظر مصرف مهم ترین نهاده مورد نیاز یعنی آب، به وضوح با صرفه تر است (شکل های ۱ و ۲). در مجموع، کشت تابستانه از

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد دانه، وزن خشک بوته و کارآیی مصرف آب در آزمایش گلنگ
Table 2. Analysis of variance on yield, dry matter and water use efficiency of safflower experiment

Source of variation	منبع تغییر	درجه آزادی d.f	عملکرد دانه Yield	میانگین مربوط MS	
				وزن خشک بوته Dry matter	کارآیی مصرف آب WUE
Block	بلوک	3	270624.60 ^{ns}	141438.75 ^{ns}	83.6 ^{ns}
Sowing season	فصل کشت	1	6758304.03**	3445221.28 **	5427.43**
Error a	خطای الف	3	96237.94 ^{ns}	37653.46 ^{ns}	642.71 ^{ns}
Density	تراکم کشت	2	14167657.36**	7347269.14**	4365.24**
Density×sowing season	تراکم بوته × فصل کاشت	2	14847.35 ^{ns}	18536.71*	3721.35**
Error b	خطای ب	12	76930.08 ^{ns}	31540.10 ^{ns}	654.7 ^{ns}
Cultivar and line	رق و لاین	4	2460019.03**	850114.32*	942.02**
Density×Cult. and line	فصل کاشت × تراکم بوته × رق و لاین	8	33238.95 ^{ns}	18271.57 ^{ns}	124.14 ^{ns}
Sowing season×density×cult. and line	فصل کاشت × تراکم بوته × رق و لاین	8	68270.26*	35192.42*	472.46 ^{ns}
Error	خطای پ	72	29514.91 ^{ns}	7213.61 ^{ns}	142.17 ^{ns}
c					
Total	کل	119			
	CV.		27.07	31.21	26.82

ns, * and **: Non significant, significant at the 5 and 1% levels of probability respectively.

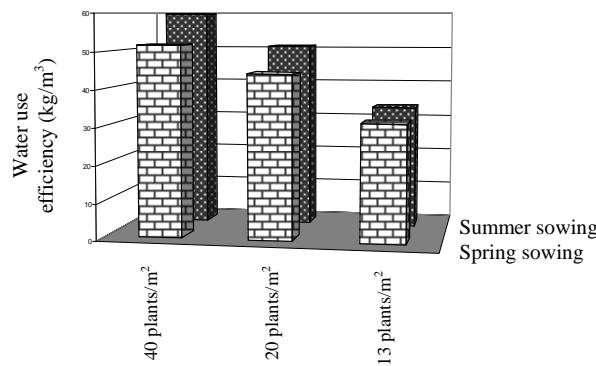
بسیار بیشتر بود. هم چنین معنی دار شدن اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر این پارامتر به دلیل افزایش کمتر کارآبی مصرف آب در لاین ۲ در کشت تابستانه در مقایسه با سایر ارقام و لاین ها بود (شکل ۲). علاوه بر این، ارقام ژیلا و کوسه به اندازه رقم اراک ۲۸۱۱ و لاین ۱ در کشت دوم افزایش در میزان کارآبی مصرف آب نشان ندادند.

روند تغییرات وزن خشک بوته و کارآبی مصرف آب در مقابل یکدیگر در شکل ۴ آمده است. به منظور وضوح بیشتر در نمایش چگونگی این تغییرات در منحنی ها، به بررسی ارقام اراک ۲۸۱۱ و ژیلا به عنوان ارقام شناخته شده و شاهد و لاین ۱ به عنوان لاین برگزیده و نماینده توده محلی گلنگ در اصفهان انتخاب شده است. افزایش در کارآبی مصرف آب در ابتدا همراه با افزایش در میزان وزن خشک بوته بوده است. سرعت افزایش در وزن خشک بوته در شرایطی که کارآبی مصرف آب در محدوده ۰/۳۰ تا ۰/۳۴ کیلوگرم بر مترمکعب است، برای رقم ژیلا بیشتر از سایر ارقام بود. در این محدوده در واقع مصرف زیاد آب برای افزایش وزن خشک در این رقم لازم بوده است. افزایش در کارآبی مصرف آب تا مقادیر حدود ۰/۴۷۵، ۰/۵۴۵ و ۰/۵۸۰ کیلوگرم بر مترمکعب به ترتیب در ژیلا، اراک ۲۸۱۱ و لاین ۱ همراه با افزایش در وزن خشک بوته بود، ولی پس از آن افزایش در کارآبی مصرف آب توأم با کاهش وزن خشک بوته بود. افزایش کارآبی مصرف آب که در حقیقت به نوعی بیانگر کاهش در میزان مصرف آب در جریان افزایش وزن خشک بوته است، در رقم اراک ۲۸۱۱ و لاین ۱ تداوم بیشتری داشت. رقم ژیلا در مقادیر بیشتر از ۰/۴۷۰ کیلوگرم بر مترمکعب افزایش در ماده خشک بوته نشان نداد، یعنی کاهش مصرف آب در این رقم موجب کاهش سریع در تولید ماده خشک گردید. لاین ۱ تا میزان ۰/۵۷۰ کیلوگرم بر مترمکعب، افزایش در ماده

جامعه گیاهی بوده است. تراکم های مختلف بوته در دو کشت بهاره و تابستانه تغییراتی با روند مشابه در میزان کارآبی مصرف آب ایجاد نکردند و به همین سبب اثر متقابل تاریخ و تراکم بوته بر این متغیر معنی دار شده است (شکل ۱). ارقام و لاین های مختلف نیز از نظر کارآبی مصرف آب با یکدیگر اختلاف بسیار معنی داری داشتند (جدول ۲). گروه بندی میانگین های به دست آمده برای ارقام و لاین ها در این مطالعه (جدول ۵) مشخص می سازد که رقم اراک ۲۸۱۱ با میانگین ۰/۴۵۹ کیلوگرم بر مترمکعب، بیشترین و رقم کوسه با میانگین ۰/۳۲۷ کیلوگرم بر مترمکعب، کمترین کارآبی مصرف آب را داشتند. سایر ارقام و لاین ها نیز مقادیری حد واسط این دو را نشان دادند. در این مورد نیز عامل اصلی ایجاد اختلاف در کارآبی مصرف آب، میزان عملکرد دانه ارقام و لاین ها بود. روند تغییرات ماده خشک حاصل و میزان کارآبی مصرف آب در ارقام و لاین های مورد بررسی مشابه زیادی داشت. بنابراین کارآبی مصرف آب می تواند به عنوان یک شاخص معتبر در برآورد میزان تولید بیوماس به کار رود. هم چنین یافتن ارقام مناسب و کشت آن ها در بهترین تراکم بوته در فصل مناسب، کمک شایان توجهی به استفاده بهینه از آب موجود در جهت حصول حداقل عملکرد خواهد نمود. در مجموع نتیجه شد که در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع، علاوه بر این که امکان استفاده از کشت پائیزه برای محصولات دیگر را فراهم می آورد، موجب خواهد شد تا با مصرف آب کمتر به عملکردی قابل رقابت با کشت بهاره نائل شود. اثر متقابل تراکم بوته و زمان کاشت بر کارآبی مصرف آب معنی دار شد (شکل ۱). این وضعیت عمدها به دلیل آن بود که با وجود کاهش تراکم بوته در هر تاریخ کاشت، کارآبی مصرف آب کاهش یافت. اما این کاهش با عبور از تراکم بالا به تراکم پائین تر در کشت تابستانه

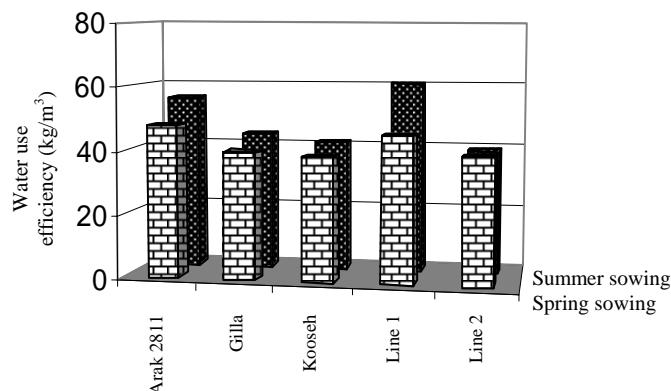
"بررسی اثر فصل کاشت و تراکم بوطه..."

خشک را به همراه داشت، هر چند که از محدوده کارآیی مصرف آبی برابر ۰/۴۴۰ کیلوگرم بر مترمکعب



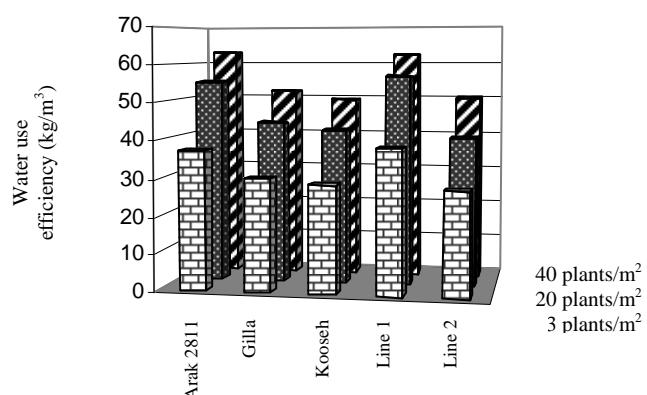
شکل ۱- اثر متقابل تراکم و تاریخ کاشت در کارآبی مصرف آب

Fig. 1. WUE in different cultivars and two dates of planting



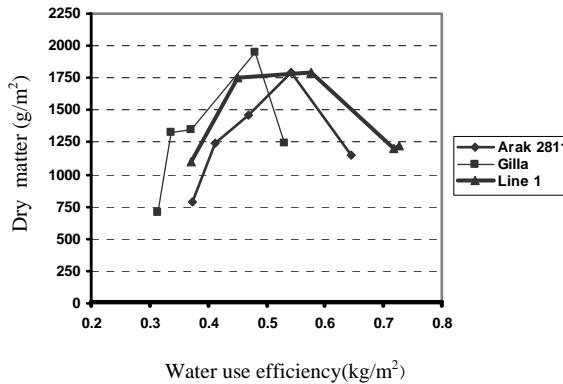
شکل ۲- کارآبی مصرف آب در ارقام و لاین های مختلف در دو کشت بهاره و تابستانه

Fig. 2. Comparison of cultivars and lines WUE in two sowing seasons



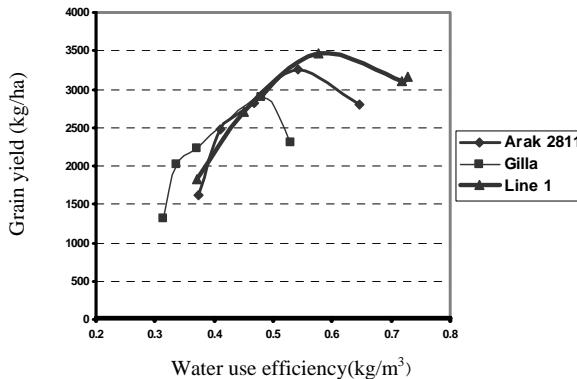
شکل ۳- اثر متقابل رقم و تراکم بوته در کارآبی مصرف آب

Fig. 3. Comparison of cultivars and lines WUE in different planting densities



شکل ۴- تغییرات میزان وزن خشک بوته و کارآیی مصرف آب در لاین ۱ و ارقام شاهد

Fig. 4. Plant dry matter and WUE relations in Line 1 and controls



شکل ۵- تغییرات میزان عملکرد دانه و راندمان مصرف آب در لاین ۱ و ارقام شاهد

Fig. 5. Grain yield and WUE relations in Line 1 and controls

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد، وزن خشک بوته و کارآیی مصرف آب به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن

Table 3. Mean comparison for sowing season on yield , dry matter and water use efficiency

Sowing season	زمان کشت	وزن خشک بوته Dry matter (g/m²)	عملکرد دانه Yield (kg / ha)	کارآیی مصرف آب WUE (kg/ m³)
Spring sowing	کشت بهار	1460.6 a	2556.08 a	0.4168 b*
Summer sowing	کشت تابستانه	955.5 b	2081.45 b	0.4892 a

*میانگین ها با حروف مشابه در هر ستون، در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی دار ندارند.

*Means with similar letters in each column are not significantly dif. at the 5% level (Duncan's MRT)

به بعد افزایش وزن خشک بوته بسیار کند بود. کمترین ۰/۶۵۰ و ۰/۵۳۰ کیلوگرم بر مترمکعب حاصل شد. اگر چه کمترین وزن خشک بوته تولید شده برای هر سه رقم در محدوده ۱۱۰۰ و ۱۲۵۰ کیلوگرم بر مترمربع بود، اما

میزان وزن خشک برای لاین ۱ و ارقام اراک ۲۸۱۱ و ۰/۷۲۵ به ترتیب در کارآیی مصرف آب برابر با

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد، وزن خشک بوته و کارآبی مصرف آب در تراکم های مختلف کاشت

Table 4 . Mean comparision for density on yield , dry matter and water use efficiency

تراکم کاشت Density	وزن خشک بوته Dry matter (g/m2)	عملکرد دانه Yield (kg /ha)	کارآبی مصرف آب WUE (kg /m3)
۴۰ بوته	1508.4 a*	2850.88 a	0.4806 a
۲۰ بوته	1190.85 b	2429.33 b	0.388 b
۱۳ بوته	852.54 c	1676 . 10 c	0.3081 c

*میانگین ها با حروف مشابه در هر ستون، در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی دار ندارند.

*Means with similar letters in each column are not significantly dif. at the 5% level (Duncan's MRT)

جدول ۵- مقایسه میانگین عملکرد، وزن خشک بوته و کارآبی مصرف آب در ارقام و لاین های مختلف در آزمایش گلنگ

Table 5. Mean comparision for cultivars and lines on yield, dry matter and water use efficiency

رقم (لاین) Cultivar and line	وزن خشک بوته Dry matter(g/m2)	عملکرد دانه Yield(kg/ha)	کارآبی مصرف آب W U E (kg / m3)
Arak 2811 ۲۸۱۱ اراك	1270.6 a*	2641.83 a	0.4592 a
Gilla ژيلا	1236.4 a	2152.42 b	0.4080 ab
Koosheh گوسه	1050.2 b	2065.75 bc	0.3277 c
Line 1 ۱ لاین	1163.3 ab	2690.42 a	0.4188 a
Line2 ۲ لاین	1181.1ab	2043.42c	0.3479bc

*میانگین ها با حروف مشابه در هر ستون، در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی دار ندارند.

*Means with similar letters in each column are not significantly dif. at the 5% level (Duncan's MRT)

همراه با کاهش در عملکرد دانه بود . بنابراین افزایش در عملکرد دانه در محدوده بیشتر از این مقادیر برای ارقام مزبور منوط به مصرف بیشتر آب و لاجرم کاهش کارآبی مصرف آب بود. لاین ۱، با عملکرد دانه برابر ۳۵۰۰ کیلوگرم در هکتار از کارآبی مصرف آب در حدود ۵۸۵ کیلوگرم بر مترمکعب برخوردار بود. بنابراین که افزایش در کارآبی مصرف آب در رقم ژيلا زودتر و در لاین ۱ دیرتر از سایرین به نقطه تولید حداکثر عملکرد دانه منتهی شده بود. شبکه کاهش عملکرد دانه در محدوده ای که راندمان مصرف آب در لاین ۱ در بیشترین میزان است (۰/۵۸۵ کیلوگرم بر مترمکعب) کندر از دو رقم دیگر بود. به طوری که منحنی مربوط نشان می دهد حصول عملکرد دانه برابر سه هزار کیلوگرم در هکتار با کارآبی مصرف آب برابر ۷۱۵ کیلوگرم بر مترمکعب میسر شده است.

در مجموع ازنتایج حاصل از این تحقیق چنین استنباط می شود که در شرایط این مطالعه با انجام کشت

همین میزان ماده خشک همراه با کارآبی مصرف آب برابر با ۵۳۰ کیلوگرم بر مترمکعب در رقم ژيلا (به عنوان حداکمل) و ۰/۷۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب در لاین ۱ (به عنوان حداکثر) بوده است. ارتباط بین میزان عملکرد دانه کارآبی مصرف آب (نمودار ۵) نیز با نمودار قبل مشابه دارد. از آنجائی که عملکرد دانه و کارآبی مصرف آب با یکدیگر رابطه مستقیم دارند، افزایش در عملکرد دانه الزاماً موجب افزایش در کارآبی مصرف آب نخواهد شد، مشروط بر این که میزان آب تبخیر و تعرق یافته نوسان زیادی نداشته باشد. اما چنان چه افزایش در عملکرد دانه، با فراتر رفتن از محدوده ای همراه با افزایش در مصرف آب باشد، رابطه بین کارآبی مصرف آب و عملکرد دانه دست خوش تغییر شده و حتی معکوس خواهد شد (Alessi et al., 1981). در ارقام ژيلا و اراك ۲۸۱۱ افزایش عملکرد دانه به ترتیب تا میزان ۲۸۰۰ و ۳۲۵۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش کارآبی مصرف آب شد، اما پس از آن افزایش در کارآبی مصرف آب

از زمان و امکانات بلااستفاده موجود بین دو فصل کاشت به عملکردی قابل رقابت با کشت بهاره نائل آیم.

تابستانه گلرنگ اگر چه به عملکردی در حد کشت بهاره دست نخواهیم یافت اما می‌توانیم با صرف میزان کمتر آب زراعی و با استفاده

References

- فاجریا، ان. ک. ۱۳۷۷. افزایش عملکرد گیاهان زارعی، ترجمه: هاشمی دزفولی، ا. ع. کوچکی، ع و م. بنیان اول، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۸۷ صفحه.
- کریمی، م. ۱۳۶۶. آب و هوای منطقه مرکزی ایران. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. ۹۷ صفحه.
- Alessi, J., J.F. Power., and D.L . Zimmerman. 1981 Effects of seeding date and populatin on water use efficiency and safflower yield. *Agron. J.* **73**:783–787.
- Daniels, M. B., and H. D. Scott. 1991. Water use efficiency of double cropped wheat and soybean. *Agron. J.* **83**:564–570.
- Frank, A. B., R. E. Barker., and J.D. Berdahl. 1987. Water use efficiency of grasses grown under controlled and field conditions. *Agron. J.* **79**:541–544.
- Garside, A. L., R. J. Lawn., R. C. Muchow., and D. E. Byth. 1992. Irrigation management of soybean in a semi – arid tropical environment. II. Effect of irrigation frequency on soil and plant water status and crop water use. *Aust. J. Agric. Res.* **43**:1019–1032.
- Heitholt, J. J. 1989. Water use efficiency and dry matter distribution in nitrogen and water stressed winter wheat. *Agron. J.* **81**:464–469.
- Hiebsch, C. K., E.T. Kanemasu., and C.D. Niekell. 1976. Effects of soybean leaflet type on net carbon exchange, water use , and water use efficiency. *Can . J.* **56**:455–458.
- Stanhill, G. 1986. Water use efficiency. *Adv. Agron.* **39**:53–85.
- Timmons, D. R., R. F. Holt., and R. L. Thompson. 1967. Effect of plant population and row spacing on evapotranspiration and water use efficiency by soybeans. *Agron. J.* **59**:262–265.

Effects of growing season and plant densities on water use efficiency in safflower (*Carthamus tinctorious L.*) cultivars and lines

Majd-Nassiri¹, B. M. Karimi² and G. Nour-Mohamadi³

ABSTRACT

In order to study effects of plant density on water use efficiency (WUE) in spring and summer growing seasons in Esfahan region, five safflower genotypes including two selected lines from Esfahan landraces and three improved cultivars (Arak 2811, Gilla and Koosheh) were compared in two growing season (sown on April. 4 and July. 6) and three plant densities (40, 20 and 13 plants per m²) using split-split plots experimental design in Isfahan in 2000. The results showed that differences in water use efficiency between two growing season was significant ($P<0.01$). Water use efficiency in summer growing season better than spring growing season by 17%. Summer growing season produced 474.6 kg/ha less grain yield than spring growing season, however, WUE in summer growing season was higher than spring growing season. Plant density effects were also significant on water use efficiency. The highest and the lowest of WUE were 0.481 kg/m³ and 0.308 kg/m³ 40 and 13 plants per m², respectively. The main factor that contributed to higher WUE was higher plant in density which increased grain yield. Arak 2811 in spring growing season and line 1 in summer growing season had the highest WUE.

Keywords: Safflower, Growing season, Plant density, Water use efficiency.

1- Part of Ph.D thesis in agronomy of first auther at the Science & Research Unit, I.A. Univ. Tehran, Iran.

2, 3- Assoc. prof., Industrial University of Isfahan and prof. in Sciences and Research Unit, I.A. Univ. Tehran, respectively.

* Part of Ph.D theses in agronomy of first auther at the Science & Reseavh Unit, I.A. Univ. Tehran, Iran.