نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۲، ص. ۱۰۴-۹۳

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 2, Summer 2013, p. 93-104

بررسی تأثیر کودهای بیولوژیک و حجم‌های مختلف آب در هر نوبت آبیاری بر خصوصیات رویشی و عملکرد دانه کنجد (*Sesamum indicum* L.)

سرور خرم دل[1*]، پرویز رضوانی مقدم[2]، افسانه امین غفوری[3] و جواد شباهنگ[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۶/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۲/۲۸

چکیده

به‌منظور بررسی اثر کودهای بیولوژیک و حجم‌های مختلف آب بر برخی خصوصیات رویشی و عملکرد دانه کنجد (*Sesamum indicum* L.) آزمایشی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۸۸ اجرا شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور و سه تکرار انجام شد. در این آزمایش سه کود بیولوژیک (نیتراژین، نیتروکسین و بیوفسفر) و شاهد به‌عنوان فاکتور اول و سه حجم آب در هر نوبت آبیاری (۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌لیتر) به عنوان فاکتور دوم در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که اثر ساده کود بیولوژیک و حجم آب بر ارتفاع بوته، فاصله اولین میانگره از سطح خاک، تعداد و وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، عدد کلروفیل‌متر، درصد رطوبت نسبی برگ و عملکرد دانه کنجد معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) بود. بیشترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب در نیتراژین و شاهد با ۲۰۴/۴ و شاهد با ۱۰۰/۰ کیلوگرم در مترمربع مشاهده شد. بیشترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب در حجم آبیاری ۱۰۰ و ۳۰۰ میلی‌لیتر با ۲۰۲/۱ و ۱۷۰/۱ کیلوگرم در مترمربع حاصل شد. همچنین اثر متقابل کود بیولوژیک و حجم آب بر ارتفاع بوته و محتوی آب نسبی برگ کنجد معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) بود. تلقیح با کودهای بیولوژیک بدلیل بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای و همچنین تولید انواع هورمون‌ها و مواد بیولوژیکی محرّک رشد گیاه باعث فراهمی رطوبت و افزایش دسترسی به عناصر غذایی گردید. افزایش حجم آب از ۱۰۰ به ۳۰۰ میلی‌لیتر احتمالاً به دلیل نیاز آبی نسبتاً پایین کنجد باعث کاهش خصوصیات رشدی این گیاه گردید. بنابراین چنین به‌نظر می‌رسد که کاربرد کودهای بیولوژیک مناسب در مناطق خشک و نیمه خشک، می‌تواند در بهبود خصوصیات رویشی و عملکرد دانه این گیاه مقاوم و مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: عناصر غذایی، گیاه دانه روغنی، نیاز آبی، نیتراژین

مقدمه

ایران به‌عنوان یکی از مناطق خشک (۶۵ درصد) تا نیمه خشک (۲۵ درصد) جهان محسوب می‌شود و تنش خشکی یکی از مهمترین مشکلاتی است که تولید محصولات زراعی را در بخش‌های زیادی از کشور تحت تأثیر قرار می‌دهد. علاوه بر کمبود آب و تنش خشکی در کشور، روند افزایش جمعیت در طی سال‌های اخیر و به تبع آن افزایش مصرف سرانهٔ روغن خوراکی سبب افزایش واردات روغن به کشور شده است. لذا انتخاب محصولات دانه روغنی و مقاوم برای کشت در مناطق خشک و نیمه خشک از اهمیت به سزایی برخوردار است.

کنجد (*Sesamum indicum* L.) گیاهی گرما دوست و سازگار با نواحی خشک و نیمه خشک دنیا است که طی دورهٔ رشد نیاز به هوای آفتابی و صاف دارد. این گیاه منبع غنی از روغن و پروتئین بوده و ارزش غذایی بالایی دارد (Sadat Lajevardi, 1980). روغن این گیاه به دلیل وجود سزامین و سزامولین از قابلیت ماندگاری بسیار بالایی نسبت به اکسیداسیون برخوردار است، این مواد به علت خاصیت آنتی اکسیدانی قوی از فساد روغن کنجد جلوگیری می‌کنند (Change & Huang, 2002). نتایج برخی از تحقیقات (Gerendas & Pieper, 2001) حاکی از آن است که کنجد گیاهی حساس به خشکی می‌باشد. با این وجود برخی از منابع (Hassanzadeh et al., 2009) نیز کنجد را به‌عنوان گیاهی نسبتاً متحمل به خشکی معرفی کرده‌اند.

عملکرد گیاهان تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند آب، خاک، هوا قرار می‌گیرد (Fageria, 1992) و در این میان، نتایج برخی بررسی‌ها

۱، ۲ و ۳- به ترتیب استادیار، استاد و دانشجوی دکتری بوم‌شناسی زراعی گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: khorramdel@um.ac.ir)

Jones & Corlett, 1992; Basra & Basra, 1997; Kafi et al., 1999; Munns, 2002) نشان داده است که کمبود آب مهمترین فاکتور محدودکننده رشد و عملکرد محصولات زراعی می‌باشد. تنش رطوبتی اثرات متعدّدی بر متابولیسم، مورفولوژی و فیزیولوژیکی گیاه می‌گذارد (Fageria, 1992). با افزایش تنش خشکی فتوسنتز گیاه کاهش می‌یابد و نتایج نشان داده است که این محدودیت عمدتاً بدلیل بسته شدن روزنه‌ها می‌باشد (Basra & Basra, 1997). واکنش‌های مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاهان نسبت به کمبود آب، بسته به شدت و طول دوره تنش متغیر می‌باشد. علاوه بر این، مرحله رشد گیاه که با تنش خشکی مواجهه می‌شود نیز در میزان تأثیر تنش بر رشد و نمو گیاه حائز اهمیت است (Kafi et al., 1999; Fathi, 1999; Fageria, 1992).

با این‌وجود، در تولید گیاهان، علاوه بر شرایط آب و هوایی، فاکتورهای خاکی به ویژه عناصر غذایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشند؛ لذا مدیریت صحیح چرخه عناصر غذایی در یک سیستم کشاورزی، جهت افزایش عملکرد و پایداری تولید اهمیت ویژه‌ای دارد، به‌طوری‌که مدیریت صحیح حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه به حفظ محیط زیست، کاهش فرسایش و حفظ تنوع زیستی کمک نموده، ضمن این‌که با اجتناب از کاربرد غیرضروری و بی‌رویه عناصر غذایی، هزینه‌ها کاهش و کارایی نهاده‌ها افزایش می‌یابد. بروسارد و فررا-سناتو (Brussard & Ferrera-Cenato, 1997)، اظهار داشتند که افزودن مواد آلی به خاک باعث افزایش عناصر غذایی و قابلیت جذب آن‌ها توسط گیاه شده و بدین ترتیب، منجر به افزایش تعادل نیتروژنی و کارآیی جذب فسفر شد. نتایج برخی بررسی‌ها نشان داده است که استفاده کودهای بیولوژیک مانند باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن در خاک، علاوه بر رفع کمبود نیتروژن و بهبود حاصلخیزی خاک باعث افزایش عملکرد و همچنین کاهش آلودگی منابع آبی بر اثر استفاده از کودهای نیتروژنه می‌شود (Hungria et al., 1997).

کودهای بیولوژیک منحصراً به مواد آلی حاصل از کودهای دامی، بقایای گیاهی، کود سبز و غیره اطلاق نمی‌گردد، بلکه میکروارگانیسم‌های باکتریایی و قارچی و مواد حاصل از فعالیت آن‌ها در رابطه با تثبیت نیتروژن، فراهمی فسفر و سایر عناصر غذایی نیز از جمله مهمترین کودهای بیولوژیک محسوب می‌گردند (Manaffee & Kloepper, 1994). از جمله فواید همزیستی با این باکتری‌ها می‌توان به تولید انواع هورمون‌های محرّک رشد گیاه (نظیر اکسین (Lambrecht et al., 2000)، جیبرلین (Bashan & Holguin, 1997) و سیتوکینین (Cacciari et al., 1989)، ترشح انواع مواد فعّال بیولوژیکی مانند ویتامین‌های گروه B، اسید نیکوتینیک، اسید پنتوتینیک و بیوتین (Kader, 2002)، توسعهٔ سیستم ریشه‌ای، بهبود جذب آب و عناصر غذایی (Kravchenko et al., 1994)، تثبیت بیولوژیک نیتروژن (Ishizuka, 1992) و همچنین حذف عوامل بیماری‌زای خاکزی (Rudresha et al., 2005) اشاره کرد.

بیشتر مطالعات انجام شده در زمینه واکنش کودی کنجد بر مبنای مصرف انواع کودهای شیمیایی بوده است و گزارشی مبنی بر واکنش این گیاه نسبت به کودهای بیولوژیک در دسترس نیست. همچنین نتایج برخی بررسی‌ها نشان داده است که کنجد در برابر مصرف کودهای شیمیایی واکنش چندانی نشان نمی‌دهد (Sadat Lajevardi, 1980)، لذا شناخت تأثیر کودهای بیولوژیک جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی، بررسی تأثیر این کودها در مقاومت به تنش خشکی و مطالعه عکس‌العمل این گیاه نسبت به حجم‌های مختلف آبیاری نیازمند مطالعه و تحقیق است. به همین منظور این آزمایش با هدف بررسی اثر کودهای بیولوژیک و حجم‌های مختلف آب بر برخی خصوصیات رشدی و عملکرد گیاه روغنی کنجد انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور مطالعه و بررسی عکس العمل کنجد توده تک شاخه اسفراین نسبت به حجم‌های مختلف آب در شرایط تلقیح با کودهای بیولوژیک، آزمایشی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۸۸ اجرا شد. نتایج حاصل از تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده‌است.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور و سه تکرار انجام شد. در این آزمایش سه نوع کود بیولوژیک شامل نیتراژین، نیتروکسین و بیوفسفر و شاهد به‌عنوان فاکتور اول و سه حجم مختلف آب در هر نوبت آبیاری شامل ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌لیتر به عنوان فاکتور دوم در نظر گرفته شدند. کودهای بیولوژیک در دو مرحله تلقیح بذر قبل از کاشت و به صورت سرک در مرحله گلدهی مصرف شدند.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک قبل از کاشت

Table 1- Physical and chemical characteristics of soil before planting

بافت خاک Soil texture	میزان عناصر قابل دسترس (ppm) Available nutrient content (ppm)			هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH
	N	P	K		
Silty loam	370.00	10.00	105.00	1.11	8.02

در مرحله اول، بذرهای تلقیح شده پس از خشک شدن در سایه کشت شدند. گلدان‌ها به میزان مساوی از مخلوط ۲/۳ خاک مزرعه و ۱/۳ ماسه بادی پُر شدند. به‌منظور جلوگیری از هدررفت و تغییر حجم آب، قبل از پُر نمودن گلدان‌ها با خاک، درون گلدان‌ها پاکت‌های پلاستیکی قرار داده شد. در هر گلدان ۱۰ بذر کنجد (با رعایت فاصله مناسب) کاشته شد و پس از رسیدن گیاه به مرحله ۴-۳ برگی، تعداد بوته‌ها به سه بوته (با توجه به تراکم مطلوب ۴۰ بوته در متر مربع) کاهش یافت. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی تا مرحله ۴-۳ برگی گیاه به فاصله هر سه روز یکبار انجام شد. بعد از رسیدن بوته‌ها به این مرحله، اعمال تیمار آبیاری به فاصله پنج روز یکبار در طول دوره ۱۵۰ روزه رشد گیاه انجام شد. کودهای بیولوژیک همچنین به صورت سرک و مخلوط با آب آبیاری در مرحله ۷-۶ برگی کنجد مصرف شدند.

جهت تعیین عدد کلروفیل‌متر، در پایان دوره رشد، با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر SPAD Minolta-502، عدد کلروفیل متر از قسمت وسط جوانترین برگ توسعه یافته کنجد قرائت و ثبت شد.

در پایان فصل رشد صفات رویشی کنجد شامل ارتفاع بوته، فاصله اولین میانگره از سطح خاک، تعداد و وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه و طول و وزن خشک ریشه اندازه‌گیری شد. محتوی رطوبت نسبی برگ (RWC)[1] با استفاده از روش وترلی (Weatherley, 1950) و معادله (۱) محاسبه شد:

$$RWC=\frac{Wf-Wd}{Wt-Wd} \qquad \text{معادله (۱)}$$

در این معادله، Wf: وزن تر برگ (g)، Wd: وزن خشک برگ (g) و Wt: وزن آماس برگ (g) می‌باشد.

به منظور بررسی تأثیر حجم آب در هر نوبت آبیاری و کود بیولوژیک بر رشد ریشه، طول ریشه‌های هر بوته پس از شستشو با استفاده از روش تنانت (Tennant, 1975) اندازه‌گیری شد. جهت تعیین وزن خشک نیز ریشه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند.

برای تجزیه آماری و رسم نمودارها به ترتیب از نرم‌افزارهای SAS ver. 9.1 و Excel (Sabouri Rad et al., 2012) استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد و بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

اثر کودهای بیولوژیک بر ارتفاع بوته کنجد معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. بیشترین و کمترین ارتفاع بوته به ترتیب در نیتراژین با ۵۲ سانتیمتر و شاهد با ۲۷ سانتی‌متر مشاهده شد (شکل ۱- الف). چنین به‌نظر می‌رسد که افزایش توانایی فتوسنتزی گیاه در پاسخ به تلقیح با کودهای بیولوژیک باعث بهبود فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی و در نتیجه افزایش ارتفاع کنجد شده است. میگاهد و همکاران (Migahed et al., 2004) با بررسی اثر تلقیح *ازتوباکتر* (*Azotobacter chroococcum* L.) و *آزوسپیریلوم* (*Azospirillum lipoferum* L.) روی کرفس (*Apium graveolens* L.) به این نتیجه رسیدند که کودهای بیولوژیک باعث بهبود خصوصیات رشدی گیاه نظیر ارتفاع، تعداد شاخه جانبی و چتر گیاه در مقایسه با شاهد شد.

اثر حجم آب در هر نوبت آبیاری بر ارتفاع بوته معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. با افزایش حجم آب روند کاهشی در ارتفاع بوته مشاهده شد، بطوریکه بیشترین و کمترین ارتفاع بوته به ترتیب در حجم آبیاری ۱۰۰ و ۳۰۰ میلی‌لیتر با ۴۶ و ۳۲ سانتی‌متر حاصل شد (شکل ۱- ب). به‌طور کلی، اگرچه در دسترس بودن آب و عناصر غذایی ضروری، از طریق افزایش میانگره و تعداد گره، ارتفاع گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Gardner et al., 1985)، اما چنین به‌نظر می‌رسد که با توجه به خشکی پسندبودن کنجد (Hassanzadeh et al., 2009)، در تیمار ۱۰۰ میلی لیتر بدلیل تأمین حجم مناسب رطوبت برای گیاه و در نتیجه ایجاد شرایط مناسب برای رشد رویشی، ارتفاع بوته و به تبع آن سطح فتوسنتزکننده گیاه افزایش یافته است.

اثر متقابل کود بیولوژیک و حجم آبیاری بر ارتفاع بوته کنجد معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) بود. بیشترین ارتفاع بوته کنجد در نیتراژین و حجم آبیاری ۱۰۰ میلی‌لیتر (۶۲ سانتی‌متر) و کمترین آن در شاهد و حجم ۳۰۰ میلی‌لیتر (۲۴ سانتی‌متر) حاصل شد (جدول ۱).

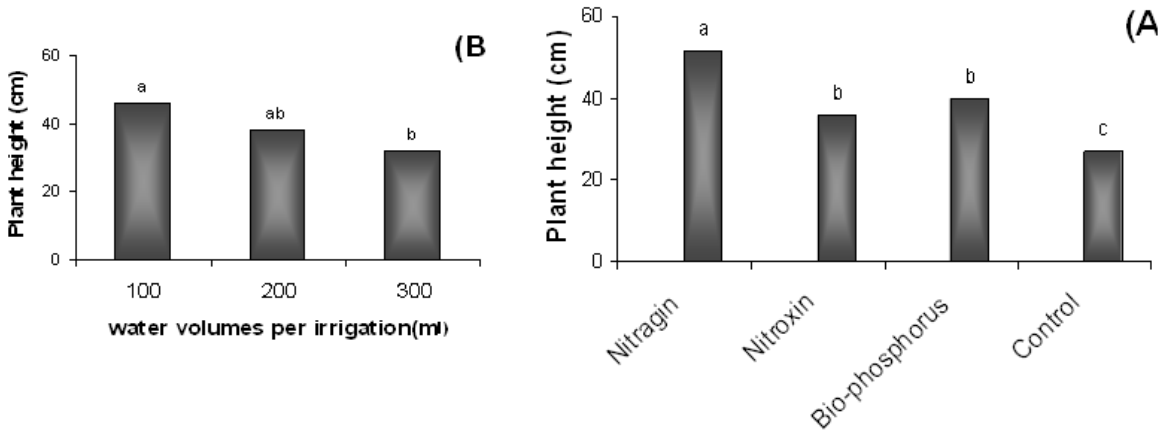
کودهای بیولوژیک تأثیر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) بر فاصله اولین میانگره از سطح خاک داشتند، بطوریکه بیشترین و کمترین فاصله میانگره به ترتیب در نیتراژین (۱۰/۰ سانتی‌متر) و شاهد (۳/۱ سانتی - متر) مشاهده شد (شکل ۲- الف). با توجه به ضرورت وجود نیتروژن برای بهبود رشد رویشی گیاه، چنین به‌نظر می‌رسد که تلقیح با این کودها به دلیل افزایش دسترسی به عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن باعث بهبود شرایط برای رشد، تولید مواد فتوسنتزی و در نتیجه افزایش فاصله اولین میانگره از سطح خاک شده است. تعداد زیادی از محققین (Kravchenko et al., 1994; Kader, 2002; Migahed et al., 2004; Khorramdel et al., 2008) نیز بهبود رشد گیاهان مختلف را در اثر تلقیح با کودهای بیولوژیک به دلیل افزایش دسترسی به عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن گزارش کرده‌اند.

اثر حجم آب در هر نوبت آبیاری بر فاصله اولین میانگره از سطح خاک معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. هر چند که بین حجم آبیاری ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌لیتر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، ولی افزایش فاصله آبیاری از ۱۰۰ به ۳۰۰ میلی‌لیتر باعث کاهش درصدی ۳۶ ارتفاع

1- Relative Water Content

اولین میانگره از سطح خاک شد (شکل ۲- ب). چنین بنظر می‌رسد که افزایش حجم آب در هر نوبت آبیاری به دلیل نیاز آبی نسبتاً پایین کنجد، سبب کاهش ظرفیت فتوسنتزی گیاه گردیده و در نتیجه کاهش تولید مواد فتوسنتزی و محدودیت عرضه این مواد، کاهش رشد و در نتیجه کاهش ارتفاع گیاه را به دنبال داشته که آن هم در نهایت باعث کاهش ارتفاع اولین میانگره از سطح خاک شده است.

کودهای بیولوژیک تأثیر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) بر تعداد برگ در بوته کنجد داشتند، به‌طوری‌که بیشترین تعداد برگ در نیتراژین (۲۵/۱۷ برگ در بوته) و کمترین تعداد آن در شاهد (۵/۶۸ برگ در بوته) بدست آمد (شکل ۳- الف). همان‌گونه که بیان شد، به‌نظر می‌رسد که تلقیح با این کودها به دلیل افزایش دسترسی به عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن که عاملی مؤثر در تحریک رشد و فتوسنتز گیاهان می‌باشد، باعث بهبود شرایط برای رشد، تولید مواد فتوسنتزی و در نتیجه افزایش فاصله تعداد برگ در بوته کنجد شده است. نتایج تعدادی از مطالعات (Ishizuka, 1992; Kravchenko et al., 1994; Kader, 2002; Migahed et al., 2004) نیز بهبود رشد گیاهان مختلف را در اثر تلقیح با کودهای بیولوژیک به دلیل افزایش فراهمی و بهبود جذب عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن تائید کرده است.



شکل ۱- اثر (الف) تلقیح با کودهای بیولوژیک و (ب) حجم آب در هر نوبت آبیاری بر ارتفاع بوته کنجد

Fig. 1- The effects of (A) inoculation with biofertilizers and (B) water volume per irrigation on sesame height

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means within a bar followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level according to DMRT.

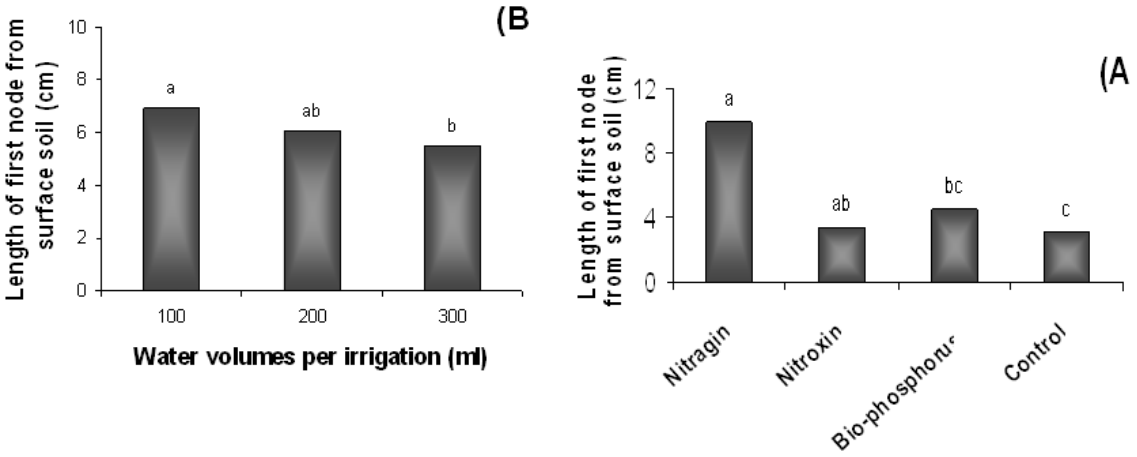
جدول ۱- اثر متقابل تلقیح با کود بیولوژیک و (ب) حجم آب در هر نوبت آبیاری بر ارتفاع بوته و محتوی آب نسبی برگ کنجد

Table 2-(A) Interaction effect between inoculation with biofertilizers and (B) water volume per irrigation on sesame height and leaf relative water content

تیمار Treatment		ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	محتوی آب نسبی برگ (درصد)
کود بیولوژیک Biofertilizer	حجم آب در هر نوبت آبیاری (میلی‌لیتر) Water volume per irrigation (ml)	Height (cm)	Leaf relative water content (%)
Nitragin	100	62 a*	33.13 ef
	200	53 b	57.07 ab
	300	41 c	48.77 bc
Nitroxin	100	39 cde	53.81 ab
	200	34 cdef	41.73 cde
	300	34 cdef	28.41 f
Bio-phosphorus	100	51 b	45.19 ed
	200	39 cd	44.59 cd
	300	29 efg	60.22 a
Control	100	31 defg	27.81 f
	200	26 Fg	39.23 de
	300	24 g	34.02 f

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

* Means within a column followed by the same letters are not significantly different based on Duncan's test at 5% probability level.

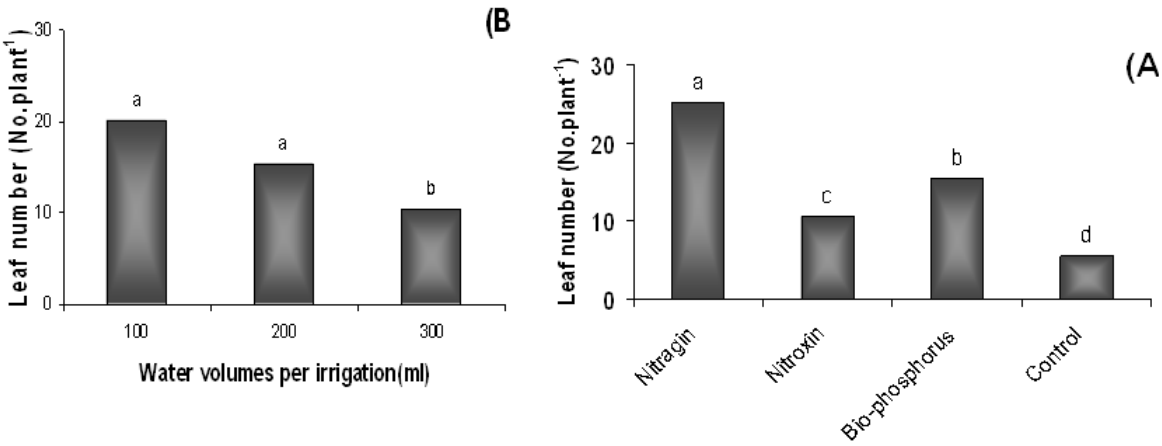


شکل ۲- اثر (الف) تلقیح با کودهای بیولوژیک و (ب) حجم آب در هر نوبت آبیاری بر فاصله اولین میانگره کنجد از سطح خاک

Fig. 2- The effects of (A) inoculation with biofertilizers and (B) water volume per irrigation on length of the first node from surface soil for sesame

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means within a bar followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level according to DMRT.



شکل ۳- اثر (الف) تلقیح با کودهای بیولوژیک و (ب) حجم آب در هر نوبت آبیاری بر تعداد برگ کنجد

Fig. 3- The effects of (A) inoculation with biofertilizers and (B) water volume per irrigation on number of leaves for sesame

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means within a bar followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level according to DMRT.

اثر حجم آب در هر نوبت آبیاری بر تعداد برگ در بوته کنجد معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. با افزایش حجم آب از ۱۰۰ به ۳۰۰ میلی‌لیتر روندی کاهشی در تعداد برگ مشاهده شد، به‌طوریکه تعداد برگ از ۲۰/۰ به ۱۰/۴ برگ در بوته کاهش یافت (شکل ۳- ب). همانگونه که قبلاً بیان شد، به‌نظر می‌رسد که احتمالاً در حجم آبیاری ۱۰۰ میلی‌لیتر شرایط برای رشد رویشی کنجد مطلوب‌تر شده و با توجه به افزایش ارتفاع گیاه در این حجم آب (شکل ۳- ب) و متعاقب آن بهبود سطح فتوسنتزکننده گیاه که تأییدکننده این مطلب، اعمال این میزان آبیاری در نهایت منجر به افزایش تولید مواد فتوسنتزی و در نتیجه تولید بیشترین تعداد برگ در بوته شده است.

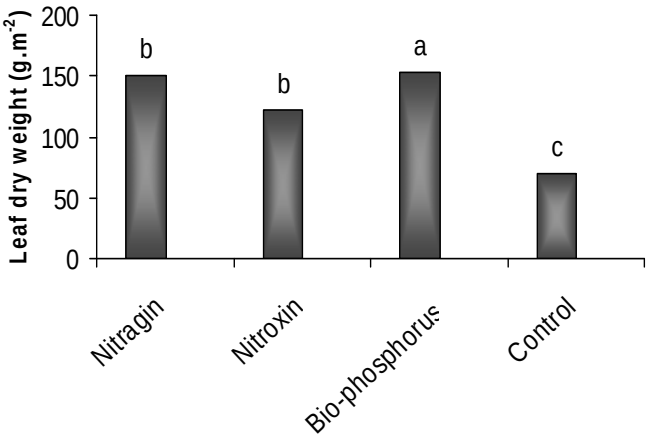
کودهای بیولوژیک تأثیر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) بر وزن خشک برگ کنجد داشتند. بیشترین وزن خشک برگ کنجد در تیمار نیتراژین با ۱۴۹/۹۵ گرم در متر مربع و کمترین میزان آن در شاهد با ۷۰/۱۲ گرم در متر مربع بدست آمد (شکل ۴). افزایش وزن خشک برگ کنجد در شرایط تلقیح با کودهای بیولوژیک می‌تواند به‌دلیل بهبود شرایط رشدی برای توانایی این میکروارگانیسم‌های خاکزی در تولید

هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد (مانند جیبرلین (Bashan &Holguin, 1997)، سیتوکینین (Cacciari et al., 1989) و اکسین (Lambrecht et al., 2000)) و ترشح انواع مواد بیولوژیکی فعّال مانند ویتامین‌های گروه B، اسید نیکوتینیک، اسید پنتوتینیک و بیوتین (Kader, 2002) و همچنین حذف عوامل بیماری‌زای خاکزی (Rudresha et al., 2005) باشد. همچنین همانگونه که قبلاً نیز بیان شد، تلقیح با کودهای بیولوژیک باعث افزایش تعداد برگ (شکل ۳ – الف) گردید که به تبع آن وزن خشک برگ نیز افزایش یافت. خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2008) نیز بهبود شاخص‌های رشدی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) را در شرایط تلقیح با کودهای بیولوژیک نیتروژن (*Azotobacter paspali* و *Azospirrillium brasilense*) و فسفر (*Glomus intraradices*) گزارش کردند.

اثر کودهای بیولوژیک بر وزن خشک ساقه کنجد معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود، به‌طوری‌که بیشترین وزن خشک ساقه در نیتراژین (۲۰۴/۰ گرم در متر مربع) و کمترین میزان آن در شاهد (۱۳۱/۸ گرم در متر مربع) به‌دست آمد (شکل ۵– الف). چنین به نظر می‌رسد که گیاهان تلقیح شده با کودهای بیولوژیک میزان عناصر بیشتری را از خاک جذب کرده و جذب این عناصر باعث بهبود فتوسنتز، تولید ماده خشک و در نتیجه افزایش وزن خشک ساقه شده است. خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2008) نیز افزایش تجمع ماده خشک سیاهدانه را در شرایط تلقیح با کودهای بیولوژیک گزارش کردند.

اثر حجم آب در هر نوبت آبیاری بر وزن خشک ساقه معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. با افزایش حجم آب روند کاهشی در وزن خشک ساقه مشاهده شد، به‌طوریکه بیشترین و کمترین وزن خشک ساقه به ترتیب در حجم ۱۰۰ و ۳۰۰ میلی‌لیتر آبیاری با ۱۹۹/۹ و ۱۶۵/۱ گرم در متر مربع حاصل شد (شکل ۵– ب). همانگونه که بیان شد کاهش حجم آب از ۳۰۰ به ۱۰۰ میلی‌لیتر، احتمالاً به‌دلیل نیاز آبی نسبتاً کم کنجد (Hassanzadeh et al., 2009) باعث بهبود شرایط برای رشد گیاه و افزایش تولید مواد فتوسنتزی شد که در نتیجه بهبود ارتفاع (شکل ۱– ب)، تعداد برگ (شکل ۲– ب) و وزن خشک ساقه را به دنبال داشته است.

کودهای بیولوژیک تأثیر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) را بر طول مخصوص ریشه کنجد داشت. بیشترین طول مخصوص ریشه در بیوفسفر با ۶۹/۵ سانتی‌متر و کمترین میزان آن در شاهد با ۲۳/۸ سانتی‌متر مشاهده شد (شکل ۶– الف). بررسی‌های انجام شده (Ma et al., 2001) نشان داده است که فسفر عنصری مؤثر در بهبود رشد و توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه می‌باشد. لذا با توجه به این موضوع که بیوفسفر باعث افزایش فراهمی فسفر محلول برای کنجد شده است، افزایش طول ریشه کنجد در شرایط مصرف این کود بیولوژیک منطقی به‌نظر می‌رسد. اثر حجم آب در هر نوبت آبیاری بر طول مخصوص ریشه کنجد معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود، به‌طوری‌که افزایش حجم آب از ۱۰۰ به ۳۰۰ میلی‌لیتر منجر به کاهش ۳۷ درصدی طول مخصوص ریشه کنجد شد (شکل ۶– ب). از آنجاکه کمبود آب باعث تحریک رشد ریشه گیاهان می‌شود (Bates & Lynch, 2000)، روند افزایش طول ریشه کنجد با کاهش حجم آب در هر نوبت آبیاری از ۳۰۰ به ۱۰۰ میلی‌لیتر منطقی به‌نظر می‌رسد.

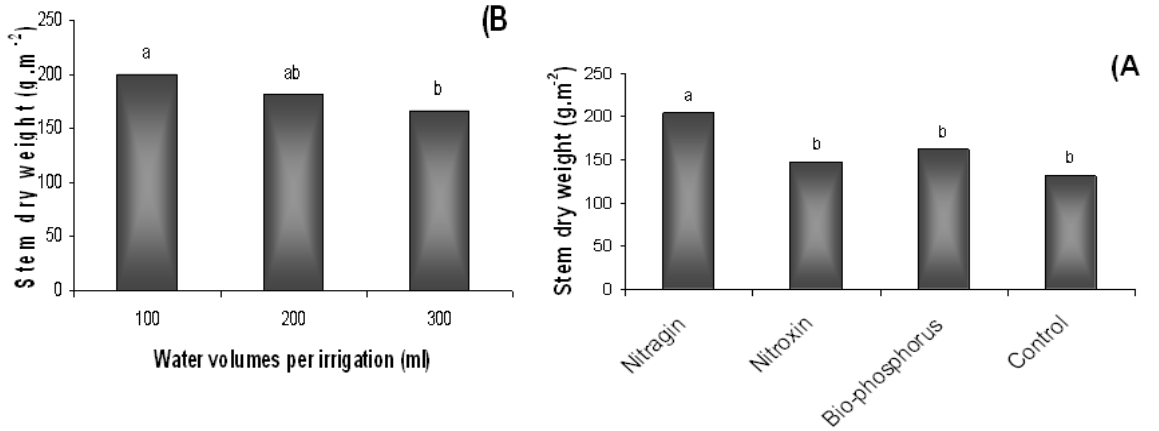


شکل ٤- اثر تلقیح با کودهای بیولوژیک بر وزن خشک برگ کنجد

Fig. 4- The effect of inoculation with biofertilizers on leaf dry weight for sesame

میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level according to DMRT.

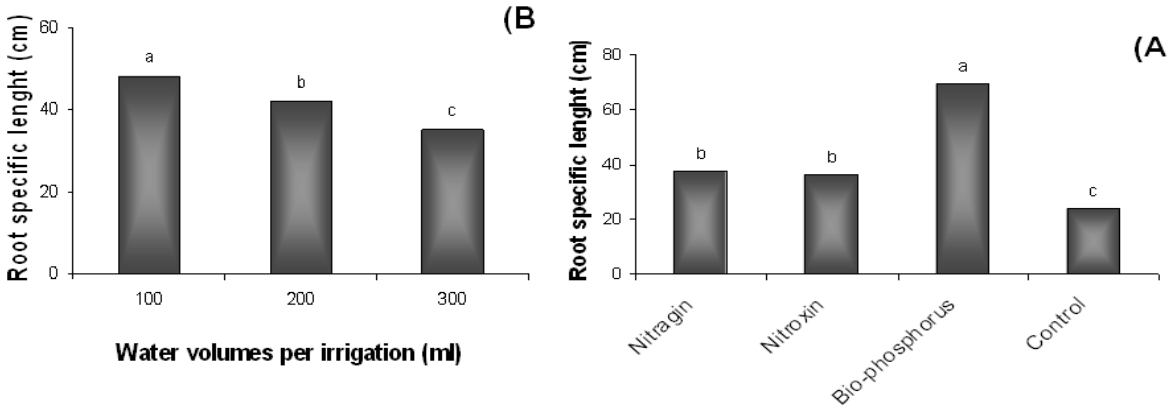


شکل ۵- اثر (الف) تلقیح با کودهای بیولوژیک و (ب) حجم آب در هر نوبت آبیاری بر وزن خشک ساقه کنجد

Fig. 5- The effects of (A) inoculation with biofertilizers and (B) water volume per irrigation on stem dry weight for sesame

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means within a bar followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level according to DMRT.



شکل ٦- اثر (الف) تلقیح با کودهای بیولوژیک و (ب) حجم آب در هر نوبت آبیاری بر طول مخصوص ریشه کنجد

Fig. 6- The effects of (A) inoculation with biofertilizers and (B) water volume per irrigation on root specific for sesame

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means within a bar followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level according to DMRT.

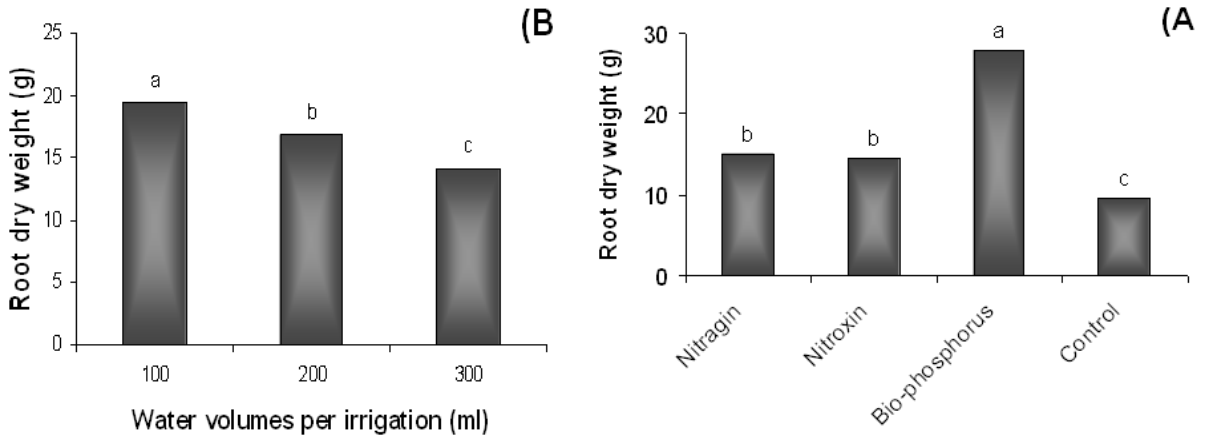
کودهای بیولوژیک تأثیر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) را بر وزن خشک ریشه کنجد داشتند، به‌طوری‌که بیشترین و کمترین وزن خشک ریشه به ترتیب در بیوفسفر (۲۸/۰ گرم) و شاهد (۹/۶ گرم) مشاهده شد (شکل ۷- الف). همان‌گونه که بیان شد، بیوفسفر با افزایش فراهمی فسفر در خاک باعث بهبود طول مخصوص ریشه کنجد شد (۶- الف) که به تبع آن وزن خشک ریشه افزایش یافته است.

اثر حجم آب در هر نوبت آبیاری بر وزن خشک ریشه کنجد معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. با افزایش حجم آب در هر نوبت آبیاری از ۱۰۰ به ۳۰۰ میلی‌لیتر، کاهش ۳۷ درصدی در وزن ریشه کنجد مشاهده شد (شکل ۷- ب). همان‌گونه که قبلاً بیان شد، کاهش فراهمی آب احتمالاً بدلیل تحریک رشد ریشه و بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه برای جذب آب افزایش طول مخصوص ریشه را به‌دنبال داشت (شکل ۶- ب) که این امر در نتیجه باعث افزایش وزن خشک ریشه کنجد شده است.

اعمال تیمارهای مختلف کود بیولوژیک روی عدد کلروفیل متر معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) بود، به‌طوری‌که تیمار نیتراژین بیشترین (۳۶/۴) و شاهد (۳۰/۴) کمترین اثر را بر عدد کلروفیل متر داشتند (شکل ۸- الف). از آنجا که میزان نیتروژن قابل جذب برای گیاه با غلظت کلروفیل موجود در برگ‌ها دارای ارتباط مستقیم است، در نتیجه می‌توان با اندازه‌گیری میزان کلروفیل برگ، وضعیت گیاه را از نظر میزان نیتروژن مورد ارزیابی قرار داد. برخی از محققین (Madakadze et al., 1999; Gerendas & Pieper, 2001) نیز استفاده از قرائت

کلروفیل‌متر را برای ارزیابی میزان نیتروژن برگ و تعیین وضعیت گیاه توصیه کرده‌اند. با توجه به اینکه نیتراژین در مقایسه با دو کود بیولوژیک دیگر حاوی میزان نیتروژن بیشتری می‌باشد، چنین بنظر می‌رسد که تلقیح با این کود باعث افزایش بیشتر محتوی نیتروژن برگ و در نتیجه بهبود عدد کلروفیل متر در مقایسه با سایر کودهای بیولوژیک شده است. نتایج مطالعات پانور (Panwer, 1991) افزایش غلظت کلروفیل در گندم (*Triticum aestivum* L.) تلقیح شده با میکوریزا و *آزوسپیریلوم* و نتایج بررسی‌های حاجی بلند و همکاران (Haji Bolandi et al., 2004) افزایش غلظت کلروفیل گندم را در شرایط تلقیح با *ازتوباکتر* نشان داده است. همچنین نتایج برخی بررسی‌ها تأیید نموده است که تلقیح با باکتری‌های آزادزی تثبیت کننده نیتروژن، محتوای نیتروژن قابل استفاده برای گیاه در خاک را افزایش می‌دهد (Kennedy et al., 2004).

اثر حجم آب در هر نوبت آبیاری بر عدد کلروفیل‌متر معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. با افزایش حجم آب از ۱۰۰ به ۳۰۰ میلی لیتر عدد کلروفیل متر ۱۴ درصد افزایش یافت (شکل ۸-ب).

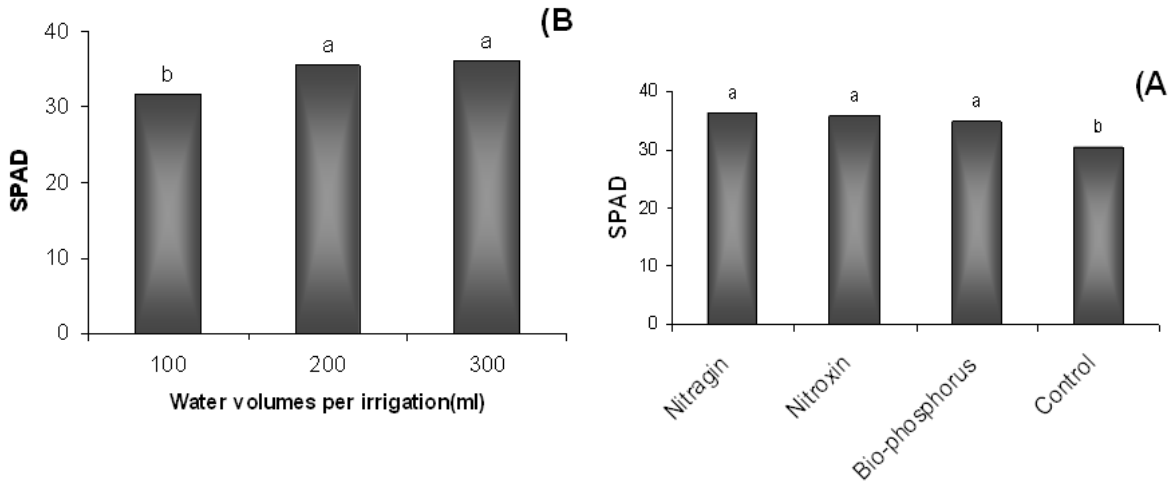


شکل ۷- اثر (الف) تلقیح با کودهای بیولوژیک و (ب) حجم آب در هر نوبت آبیاری بر وزن خشک ریشه کنجد

Fig. 7- The effects of (A) inoculation with biofertilizers and (B) water volume per irrigation on root dry weight for sesame

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means within a bar followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level according to DMRT.



شکل ۸- اثر (الف) تلقیح با کودهای بیولوژیک و (ب) حجم آب در هر نوبت آبیاری بر عدد کلروفیل متر کنجد

Fig. 8- The effects of (A) inoculation with biofertilizers (nitragin, nitroxin, bio-phosphorus and control) and (B) water volume per irrigation (100, 200 and 300 ml) on SPAD reading for sesame

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means within a bar followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level according to DMRT.

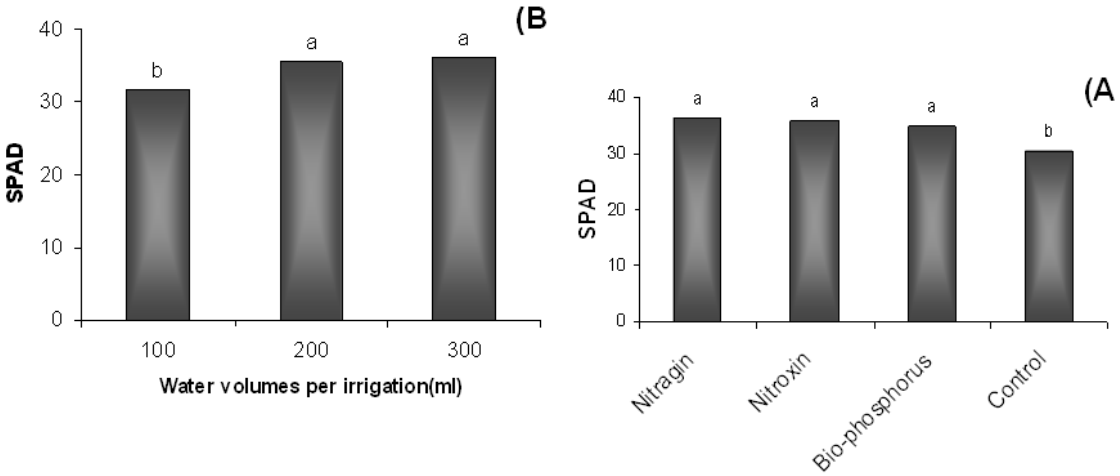
از آن‌جا که جذب نیتروژن به‌وسیله گیاه تحت تأثیر فرآیند انتشار توده‌ای و حضور آب انجام می‌شود (Gardner et al., 1985)، لذا چنین بنظر می‌رسد که کاهش حجم آب در هر نوبت آبیاری باعث کاهش میزان ورود این عنصر به گیاه و کاهش میزان نیتروژن برگ شد و به تبع آن عدد کلروفیل متر کاهش یافته است. آنتولین و همکاران (Antolin et al., 1995) نیز کاهش میزان کلروفیل برگ یونجه (*Medicago sativa* L.) را در شرایط کاهش میزان آب گزارش نمودند.

تیمارهای مختلف کود بیولوژیک از نظر درصد رطوبت نسبی برگ تفاوت معنی داری ($p\leq$۰/۰۱) نشان دادند. همانگونه که در شکل ۹- الف نشان داده شده است، بیوفسفر با ۴۶/۴۸ درصد بیشترین و شاهد با ۳۷/۲۱ درصد کمترین محتوای رطوبت نسبی برگ را به خود اختصاص دادند. چنین به‌نظر می‌رسد که تلقیح با بیوفسفر احتمالاً بدلیل تأثیر مثبت فراهمی فسفر بر توسعه سیستم ریشه‌ای (شکل ۶- الف و ۷- الف) و به تبع آن افزایش فراهمی رطوبت باعث افزایش جذب رطوبت و به تبع آن بهبود محتوای رطوبت نسبی برگ کنجد در مقایسه با سایر کودهای بیولوژیک شده است. نتایج برخی از بررسی‌های انجام شده (Malik et al., 2003; Grichar et al., 2001) نیز نشان داده است که فسفر نقش مؤثری را بر بهبود طول ریشه گیاهان اعمال می‌کند.

اثر حجم آب در هر نوبت آبیاری بر محتوی آب نسبی برگ کنجد معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. با افزایش حجم آب از ۱۰۰ به ۳۰۰ میلی‌لیتر روندی افزایشی در محتوی آب نسبی برگ (از ۳۴/۷۶ به ۴۷/۱۵ درصد) مشاهده شد (شکل ۹- ب). با توجه به این موضوع که افزایش حجم آب در هر نوبت باعث افزایش رطوبت در دسترس گیاه شده است، روند افزایش محتوی رطوبت نسبی برگ کنجد با افزایش حجم آبیاری از ۱۰۰ به ۳۰۰ میلی‌لیتر منطقی به‌نظر می‌رسد. بنابراین، می‌توان از محتوی رطوبت نسبی برگ برای تعیین وضعیت رشدی گیاهان و استفاده نمود. سینگ و سینگ (Singh & Singh, 1995) در بررسی تأثیر تنش خشکی بر سورگوم (*Sorghum bicolor* L.)، ذرت (*Zea mays* L.) و ارزن مرواریدی (*Pennisetum glaucum* L.) در شرایط مزرعه‌ای بیان داشتند که افزایش شدت تنش خشکی سبب کاهش درصد آب نسبی برگ شد.

اثر متقابل کود بیولوژیک و حجم آبیاری بر درصد رطوبت نسبی برگ کنجد معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. بیشترین درصد رطوبت برگ در بیوفسفرو حجم آبیاری ۳۰۰ میلی‌لیتر با ۴۷/۱۵ درصد و کمترین آن در شاهد و حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر ۳۴/۷۶ درصد حاصل شد (جدول ۱).

اثر کود بیولوژیک بر عملکرد دانه کنجد معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. بیشترین و کمترین عملکرد دانه به‌ترتیب در نیتراژین با ۲۰۴/۴ کیلوگرم در متر مربع و شاهد با ۱۰۰/۰ کیلوگرم در متر مربع مشاهده شد (شکل ۱۰-الف). استفاده از کودهای بیولوژیک از طریق بهبود فعالیّت‌های میکروبی خاک و در دسترس قرار دادن انواع هورمون‌ها و مواد محرّک رشد (نظیر سیتوکینین، اکسین، بیوتین، اسید پنتوتنیک و غیره) (Lambrecht et al., 2000) و نیز فراهمی عناصر غذایی همچنین نیتروژن و فسفر سبب بهبود رشد، فتوسنتز و کلیه خصوصیات رشدی کنجد شده که در نهایت عملکرد دانه را افزایش داده است.

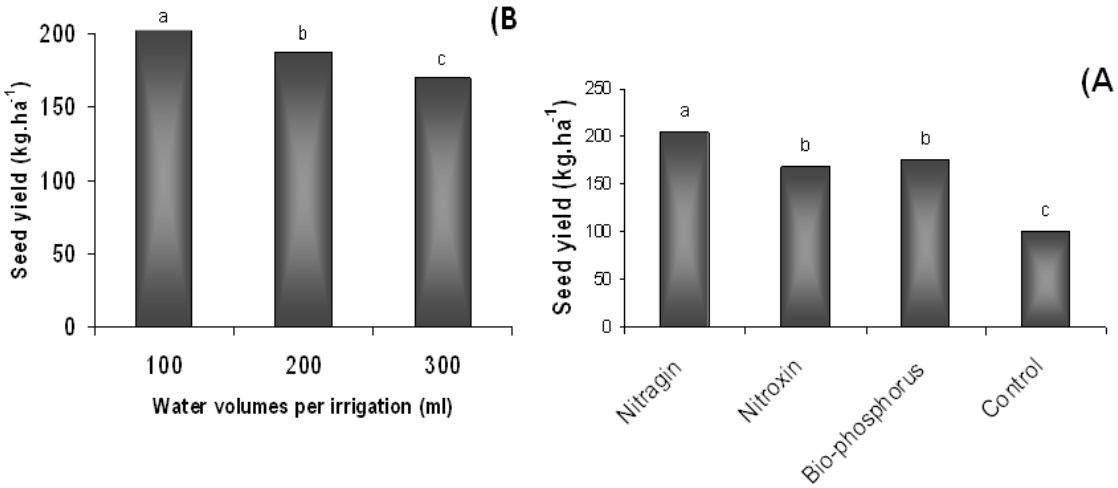


شکل ۹- اثر (الف) تلقیح با کودهای بیولوژیک و (ب) حجم آب در هر نوبت آبیاری بر محتوی آب نسبی برگ کنجد

Fig. 9- The effects of (A) inoculation with biofertilizers and (B) water volume per irrigation on relative water content for sesame

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means within a bar followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level according to DMRT.



شکل ۱۰- اثر (الف) تلقیح با کودهای بیولوژیک و (ب) حجم آب در هر نوبت آبیاری بر عملکرد دانه کنجد

Fig. 10- The effects of (A) inoculation with biofertilizers and (B) water volume per irrigation on grain yield for sesame

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means within a bar followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level according to DMRT.

حجم آب در هر نوبت آبیاری اثر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) بر عملکرد دانه کنجد داشت. با افزایش حجم آب روند کاهشی در عملکرد دانه مشاهده شد، به‌طوریکه بیشترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب در حجم آب ۱۰۰ و ۳۰۰ میلی‌لیتر با ۲۰۲/۱ و ۱۷۰/۱ کیلوگرم در متر مربع حاصل شد (شکل ۱۰- ب). همان‌گونه که بیان شد کاهش حجم آب در هر نوبت آبیاری، از ۳۰۰ به ۱۰۰ میلی‌لیتر، احتمالاً به‌دلیل نیاز آبی نسبتاً پایین گیاه خشکی دوست کنجد (Hassanzadeh et al., 2009) باعث مناسب‌تر شدن شرایط برای رشد و تولید گیاه شد، به‌طوریکه با کاهش حجم آب رشد و فتوسنتز گیاه افزایش یافت که این امر در نهایت بهبود عملکرد دانه کنجد را موجب شده است.

دستیابی به حداکثر عملکرد ضرورت دارد. کاهش حجم آب در هر نوبت آبیاری احتمالاً به دلیل نیاز آبی پایین کنجد باعث بهبود شرایط رشدی آن شد. همچنین تلقیح با کودهای بیولوژیک به‌دلیل بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای از یک‌طرف باعث فراهمی رطوبت و دسترسی به عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن و فسفر و از طرف دیگر، منجر به تولید انواع هورمون‌ها و مواد بیولوژیکی محرّک رشد گیاه شد و در نتیجه بهبود رشد و عملکرد آن را در پی داشت. بنابراین، چنین به‌نظر می‌رسد که کاربرد کودهای بیولوژیک مناسب در مناطق خشک و نیمه خشک، می‌تواند در بهبود خصوصیات رویشی و عملکرد کنجد مفید و مؤثر واقع گردد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که تطبیق حجم آب آبیاری با نیاز آبی گیاه، برای

منابع

1- Antolin, M.C., Yoller, J., and Sanchez– Diaz, M. 1995. Effects of temporary drought on nitrate-fed and nitrogen fixing alfalfa plants. Plant Science 107: 159-165.
2- Bashan, Y., and Holguin, G. 1997. *Azospirillum*-plant relationships: environmental and physiological advances (1990–1996). Canadian Journal of Microbiology 43: 103-121.
3- Basra, A.S., and Basra, R.K. 1997. Mechanisms of Environmental Stress Resistance in Plants. CRC Press 407 pp.
4- Bates, T.R., and Lynch, J.P. 2000. Plant growth and phosphorus accumulation of wild type and two root hair mutants of *Arabidopsis thaliana* (Brassicaceae). American Journal of Botany 87: 958-963.
5- Brussard, L., and Ferrera-Cenato, R. 1997. Soil Ecology in Sustainable Agricultural Systems. New York: Lewis Publishers, USA. 168 pp.
6- Cacciari, I., Lippi, D., Pietrosanti, T., and Pietrosanti, W. 1989. Phytohormone-like substances produced by single and mixed diazotrophic cultures of *Azospirillum* and *Arthrobacter*. Plant and Soil 115: 151-153.
7- Change, L., and Huang, W. 2002. Antioxidan activity of sesame coat. Food Chemistry 78: 347-354.

8- Fageria, N.K. 1992. Maximizing Crop Yield. Technology and Engineering, CRC Press 274 pp.
9- Fathi, G. 1999. Growth and Nutrient of Crops. Jihad Daneshgahi of Mashhad Publication, Mashhad, Iran 369 pp. (In Persian)
10- Gardner, F.P., Pearce, R.B., and Mitchell, R.L. 1985. Iowa State University Press 327 pp.
11- Gerendas, J., and Pieper, I. 2001. Suitability of the SPAD meter and the petiol nitrate test for nitrogen management in nursery potatoes. Developments in Plant and Soil Sciences 92: 716-717.
12- Grichar, W.J., Sestak, D.C., Brewer, K.D., Besler, B.A., Stichler, C.R., and Smith, D.T. 2001. Sesame (*Sesamum indicum* L.) tolerance and weed control with soil-applied herbicides. Crop Protection 20(5): 389-394.
13- Haji Bolandi, R., Asghar Zadeh, N., and Mehrfar, Z. 2004. Ecological study of *Azotobacter* and its inoculation effect on growth and mineral nutrition of wheat in two pastures of Azerbaijan. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 8(2): 75-90.
14- Hassanzadeh, M.J., Asghari, A., Jamaati-e-Smarin, S., Saeidi, M., Zabihi-e-Mahmoodabad, R., and Hokmalipour, S. 2009. Effects of water deficit on drought tolerance indices of sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes in Moghan region. Research Journal of Environmental Sciences 3(1): 116-121.
15- Hungria, M., Andrade, D.S., Colozzi-Filho, A., and Balota, E.L. 1997. Interacao entre microrganismos do solo, feijoeriro e milho em monoculture consorcio. Pesquisa Agrogecuaria Brasileira 32: 807-818.
16- Ishizuka, J. 1992. Trends in biological nitrogen fixation research and application. Plant and Soil 11: 197-209.
17- Jones, H.G., and Corlett, J.E. 1992. Current tropics in drought physiology. Journal of Agricultural Science, Cambridge 119: 291-296.
18- Kader, M.A. 2002. Effects of *Azotobacter* inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. Journal of Biological Science 2: 259-261.
19- Kafi, M., Lahouti, M., Zand, E., Sharifi, H., and Goldani, M. 1999. Crop Physiology. Ferdowsi University of Mashhad Publication, Mashhad, Iran 732 pp. (In Persian)
20- Kennedy, I.R., Choundhury, A.T.M.A., and Kecskes, M.L. 2004. Mycorrizal dependency and nutrient uptake by improved and unimproved corn and soybean cultivars. Agronomy Journal 86: 949-958.
21- Khorramdel, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2008. Application Effects of nitrogen and phosphorous biofertilizers on the growth indices of black cumin (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 6(2): 285-294. (In Persian whit English Summery)
22- Kravchenko, L.V., Leonova, E.I., and Tikhonovich, I.A. 1994. Effect of root exudates of non-legume plants on the response of auxin production by associated diazotrophs. Microbial Releases 2: 267-271.
23- Lambrecht, M., Okon, Y., Vande Broek, A., and Vanderleyden, J. 2000. Indole-3-acetic acid: a reciprocal signaling molecule in bacteria-plant interactions. Trends in Microbiology 8(7): 298-300.
24- Ma, Z., Walk, T.C., Marcus, A., and Lynch, J.P. 2001. Morphological synergism in root hair length, density, initiation and geometry for phosphorus acquisition in *Arabidopsis thaliana*: a modeling approach. Plant and Soil 236(2): 221-235.
25- Madakadze, I.C., Stewart, K.A., Madakadze, R.M., Peterson, P.R., Coulman, B.E., and Smith, D.L. 1999. Field evaluation of the chlorophyll meter to predict yield and nitrogen concentration of switch grass. Journal of Plant Nutrition 22(6): 1001-1010.
26- Malik, M.A., Saleem, M.F., Cheema, M.A., and Ahmed, S. 2003. Influence of different nitrogen levels on productivity of sesame (*Sesamum indicum* L.) under varying planting patterns. International Journal of Agriculture and Biology 5(4): 490-492.
27- Manaffee, W.F., and Kloepper, J.W. 1994. Application of plant growth promoting rhizobacteria in sustainable agriculture. In: "Soil biota management in sustainable farming systems". Eds. by C.E. Paankburst, B.M. Doube, V.V.S.R. Gupta, and P.R. Grace. pp. 23-31. CSIRO, Pub. East Melbourne, Australia.
28- Migahed, H.A., Ahmed, A.E., and Abd El-Ghany, B.F. 2004. Effect of different bacterial strains as biofertilizer agents on growth, production and oil of *Apium graveolens* under calcareous soil. Arab Universities Journal of Agricultural Sciences 12: 511-525.
29- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment 25: 239-250.
30- Panwer, J.D.S. 1991. Effect of VAM and *Azospirillum brasilense* on photosynthesis, nitrogen metabolism and grain yield in wheat. Indian Journal of Plant Physiology 34: 357-361.
31- Rudresha, D.L., Shivaprakasha, M.K., and Prasad, R.D. 2005. Effect of combined application of *Rhizobium*, phosphate solubilizating bacterium and *Terichoderma* spp. on growth, nutrient uptake and yield of chickpea (*Cicer artienium* L.). Applied Soil Ecology 28: 139-146.
32- Sabouri Rad, S., Kafi, M., Nezami, A., and Banayan Aval, M. 2012. Evaluation of germination behavior of kochia seed (*Kochia scoparia* L. Schard.), under different temperatures and salinity stress levels. Journal of Agroecology 4(4): 282-293.
33- Sadat Lajevardi, N. 1980. Oil Crops. Tehran University Publication, Tehran, Iran 217 pp. (In Persian)
34- Saneoka, H., Moghaieb, R.E.A., Premachandra, G.S., and Fujita, K. 2004. Nitrogen nutrition and water stress effects on cell membrane stability and leaf water relations in *Agrostis palustris* L. Huds. Environmental and

Experimental Botany 52: 131–138.
35- Singh, B.R., and Singh, D.P. 1995. Agronomic and physiological responses of *sorghum*, *maize* and *pearl millet* to irrigation. Field Crops Research 42: 57-67.
36- Weatherley, P.E. 1950. Studies in water relation of cotton plants, the field measurement of water deficit in leaves. New Phytologist 49: 81-87.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۲، ص. ۱۱۲-۱۰۵

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 2, Summer 2013, p. 105-112

بررسی اثر کودهای بیولوژیک و آلی بر برخی صفات کمّی و مقدار اسانس گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.)

پرویز رضوانی مقدم[1*]، افسانه امین غفوری[2]، سارا بخشائی [2] و لیلا جعفری[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۶/۱٤
تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۲/۲۸

چکیده

باکتری‌های محرک رشد گیاه و کودهای آلی از روش‌های مختلف از جمله افزایش میزان جذب و دسترسی به آب و عناصر غذایی می‌توانند رشد گیاه را بهبود بخشند. در این تحقیق به‌منظور ارزیابی اثر کودهای بیولوژیک و ورمی‌کمپوست بر خصوصیات کمّی و کیفی گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.) آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل کود بیولوژیک نیتراژین، کود بیولوژیک نیتروکسین، کود بیولوژیک حل‌کننده فسفات، کود بیولوژیک ورمی‌کمپوست، نیتراژین+ ورمی‌کمپوست، نیتراژین+ نیتروکسین، نیتراژین+ حل‌کننده فسفات، نیتروکسین+حل‌کننده فسفات، نیتروکسین+ ورمی‌کمپوست، حل کننده فسفات+ورمی‌کمپوست، نیتراژین+ حل‌کننده فسفات+ ورمی‌کمپوست، نیتراژین+ حل‌کننده فسفات+ نیتروکسین، نیتراژین+ نیتروکسین+ ورمی‌کمپوست، نیتراژین+ نیتروکسین+حل‌کننده فسفات+ ورمی‌کمپوست و شاهد (بدون کود) بود. با توجه به دارا بودن دو چین، اطلاعات با استفاده از طرح کرت‌های خرد شده در زمان تجزیه شد. چین‌های مختلف به‌عنوان کرت‌های فرعی و تیمارهای کودی به‌عنوان کرت‌های اصلی در نظر گرفته شد. اضافه کردن ورمی‌کمپوست به خاک و عملیات تلقیح بذرها با کودهای بیولوژیک با بذر قبل از کاشت انجام شد. نتایج نشان داد که ارتفاع بوته، درصد ساقه، سرشاخه گلدار، عملکرد بیولوژیک، درصد و عملکرد اسانس بین تیمارهای مختلف در هر دو چین تفاوت معنی‌داری داشت. تیمار ترکیبی نیتراژین، نیتروکسین، ورمی‌کمپوست و شاهد به ترتیب بیشترین و کمترین ارتفاع بوته (۵۱/۰۱ و ۳۲/۰۸ سانتی‌متر)، درصد ساقه (۴۷/۸۰ و ۱۷/۱۰ درصد)، درصد سرشاخه گل‌دار (۶۶/۰۵ و ۳۸/۵۵ درصد) و عملکرد بیولوژیک (۶۷۳۰/۵ و ۲۱۴۹/۴ کیلوگرم در هکتار) را به خود اختصاص دادند. بنابراین، چنین به نظر می‌رسد که کاربرد کودهای بیولوژیک و آلی می‌تواند در بهبود خصوصیات کمّی و کیفی مرزه مؤثر باشند.

واژه‌های کلیدی: عملکرد بیولوژیک، نیتراژین، ورمی‌کمپوست

مقدمه

امروزه استفاده از انواع کودهای زیستی[3]، به خصوص در خاک-های فقیر از عناصر غذایی، ضرورتی اجتناب ناپذیر برای حفظ کیفیت خاک در راستای نیل به اهداف کشاورزی پایدار است. کود زیستی شامل مواد نگهدارنده‌ای با انبوه یک یا چند نوع ارگانیسم مفید خاک-زی می‌باشد که به منظور تأمین عناصر غذایی و افزایش تحریک رشد گیاهان استفاده می‌شوند (Vessey, 2003).

این ریزموجودات از طریق افزایش میزان جذب و دسترسی به عناصر غذایی (Kartikeyan et al., 2008)، کنترل زیستی (Walsh et al., 2001)، تولید هورمون‌ها، کاهش سطح تولید اتیلن در گیاه و ایجاد مقاومت سیستمیک (Van Loon et al., 1998) رشد گیاه را بهبود می‌دهند.

نتایج یافته‌ها حاکی از بهبود کمّیت و کیفیت محصول تحت تأثیر کودهای بیولوژیک می‌باشد. بهبود تولید کمّی و کیفی گیاهان دارویی از جمله رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) (Kapoor et al., 2004)، سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) (Shaalan, 2005)، افسنطین (*Artemisia absinthium* L.) (Kapoor et al., 2007) در اثر تلقیح با کودهای بیولوژیک در برخی منابع گزارش شده است. دلیل این امر پیچیده است و می‌توان آن را به اثرات متقابل گیاه و ریز موجودات، انتقال سیگنال توسط ریز موجودات و پاسخ‌های دفاعی گیاه

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب استاد، دانشجویان دکترای رشته بوم شناسی قطب علمی گیاهان ویژه، گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد و مربی گروه باغبانی دانشگاه هرمزگان
(*- نویسنده مسئول: Email: rezvani@ferdowsi.um.ac.ir)

3- Biofertilizer

نسبت داد (Kartikeyan et al., 2008).

عبدالجواد و همکاران (Abd El-Gawad et al., 2008) نیز گزارش کردند که تیمار ترکیبی باکتری‌های حل‌کننده فسفات و نیتروکسین بیشترین وزن خشک را تشکیل دادند. آن‌ها بیان کردند که این افزایش عملکرد به دلیل توانایی این باکتری‌ها در دسترس قرار دادن نیتروژن و فسفر است که نتایج ساریگ و همکاران (Sarig et al., 1984) نیز مؤید این مطلب بود.

گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.) از خانواده نعناعیان است و به صورت بوته‌ای رشد می‌کند (Zargari, 1989). گیاهی است دارای گل‌های متعدد با اندازه ۱/۵ میلی‌متر همچنین برگ‌ها به صورت نیزه‌ای شکل و دارای غدد ترشحی حاوی اسانس می‌باشند (Omidbeigi, 2000). مرزه گیاهی است معطر که اثرات مختلفی مانند درمان دردهای عضلانی، تهوع و بیماری‌های عفونی و اسهال دارد (Vesquez et al., 2000). همچنین از این گیاه در مواد غذایی به عنوان طعم‌دهنده استفاده شده است (Sharaf-Eldin , 2007 & Mahfouz). این گیاه در بررسی‌های آزمایشگاهی اثرات ضدمیکروبی، آنتی‌اکسیدانت، خواب‌آور و ضداسپاسم نشان داده است (Ratti et al., 2001). به علاوه، به دلیل وجود مواد معطر در گیاه جهت مصارف غذایی، تهیه نوشیدنی‌ها، مصارف صنعتی و همچنین به واسطه خواص ضدباکتریایی و ضدقارچی به میزان زیادی همواره مورد توجه قرار گرفته است (Abdul-Jaleel et al., 2007; Chen, 2006; Sahin et al., 2003).

بررسی‌های آرانکون و همکاران (Arancon et al., 2005) نشان دادند که ورمی‌کمپوست از طریق تأثیرات مثبتی که بر روی فعالیت میکروارگانیزم‌های مفید در خاک می‌گذارد امکان دسترسی مطلوب به عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف را فراهم می‌سازد. نتیجه پژوهش عزیزی و همکاران (Azizi et al., 2008) هم بیان‌گر آن بود که مصرف سطوح مختلف ورمی کمپوست در مقایسه با کود شیمیایی، سبب بهبود میزان اسانس در گیاه بابونه (*Matricaria recutita* L.) می شود.

استفاده از کودهای آلی نه تنها مقدار کاربرد کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهد، بلکه به ذخیره انرژی و کاهش آلودگی محیط کمک خواهد نمود (Belde et al., 2000). در بررسی کاربرد *ازتوباکتر* در رزماری (*Rosemarinus officinalis* L.)، ارتفاع گیاه، تعداد شاخه در بوته، وزن تر گیاه و خشک گیاه و نیز درصد اسانس در مقایسه با شاهد افزایش قابل توجهی یافت (Kartikeyan et al., 2008). آزاز و همکاران (Azzaz et al., 2009) در رازیانه مشاهده کردند که کاربرد کود بیولوژیک نیتروکسین نسبت به کودهای شیمیایی بیشترین تعداد شاخه را در گیاه ایجاد کرد. تلان و همکاران (Thelan et al., 2004) نیز گزارش کردند که عملکرد دانه رازیانه در شرایط استفاده از *ازتوباکتر* نسبت به شاهد افزایش یافت. اگامبردیوا و همکاران (Egamberdiyeva al., 2003) اظهار داشتند که تلقیح با سویه‌های مختلف *سودوموناس* و برخی دیگر از انواع باکتری می‌تواند رشد ریشه را در گندم (*Triticum asetivum* L.) تا ۲۰ درصد و ارتفاع گیاه را تا ۵۳ درصد افزایش دهد. تأثیر تلقیح باکتری‌های محرک رشد بر نمو ریشه می‌تواند وزن گیاه و ریشه، عملکرد دانه و راندمان جذب نیتروژن را در گیاهان افزایش دهد (Dobbelaere et al., 2002).

با در نظر گرفتن اهمیت و جایگاه گیاه مرزه به عنوان یک گیاه دارویی مهم، این آزمایش به منظور بررسی عملکرد کمی و کیفی، این گیاه دارویی در واکنش به مصرف انواع کودهای بیولوژیک و آلی طراحی شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. تیمار های این آزمایش شامل کود بیولوژیک نیتراژین، کود بیولوژیک نیتروکسین، کود بیولوژیک حل‌کننده فسفات، کود بیولوژیک ورمی‌کمپوست، نیتراژین+ ورمی-کمپوست، نیتراژین+ نیتروکسین، نیتراژین+ حل‌کننده فسفات، نیتروکسین+حل‌کننده فسفات، نیتروکسین+ ورمی‌کمپوست، حل کننده فسفات+ورمی‌کمپوست، نیتراژین+ حل‌کننده فسفات+ ورمی-کمپوست، نیتراژین+ حل‌کننده فسفات+ نیتروکسین، نیتراژین+ نیتروکسین+ ورمی‌کمپوست، نیتراژین+ نیتروکسین+حل‌کننده فسفات+ ورمی‌کمپوست و شاهد (بدون کود) بود. قبل از اجرای طرح از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در آزمایشگاه تعیین شد که نتایج آن در جدول ۱ نشان داده شده است. همچنین ویژگی‌های شیمیایی ورمی کمپوست نیز تعیین شد که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است.

پس از پیاده کردن نقشه طرح و انجام عملیات خاک‌ورزی کرت-هایی با مساحت ۳×۲/۵ متر مربع ایجاد و در داخل هر کرت پنج ردیف برای کاشت در نظر گرفته شد. ورمی‌کمپوست ۱۵تن در هکتارنیز به کرت‌های مربوطه اضافه شد و تا عمق پنج سانتی‌متری با خاک مخلوط گردید. کشت در ردیف‌هایی به فاصله ۵۰ سانتی‌متر و با فاصله کاشت پنج سانتی‌متر روی ردیف و عمق ۱-۰/۵ سانتی-متری خاک انجام گرفت. به‌منظور سهولت در کاشت بذرهای ریز این گیاه دارویی، بذرها با نسبت یک به پنج با ماسه بادی مخلوط گردید. برای اعمال تیمارهای آزمایش، در زمان کاشت کود بیولوژیک مایع نیتراژین به میزان دو لیتر در هکتار و کود بیولوژیک حل‌کننده فسفات به میزان ۱۵۰ گرم در هکتار به‌خوبی با بذر آغشته کرده و پس از تلقیح اقدام به خشک نمودن کلیه بذور تیمار شده در سایه و به دور از نور خورشید گردید. در طول اجرای آزمایش، هیچ نوع کود شیمیایی،

علف‌کش آفت‌کش و یا قارچ‌کشی مصرف نشد. آبیاری به روش لوله-ای و با دور آبیاری هفت روز انجام شد. برداشت هر چین مرزه در مرحله ۱۰ درصد گلدهی انجام گرفت. قبل از برداشت تعداد پنج بوته به طور تصادفی انتخاب و صفات و ویژگی‌هایی از وزن خشک، ارتفاع، درصد سرشاخه گلدار و درصد ساقه تعیین شد. برای تعیین عملکرد نهایی در هر کرت دو ردیف کناری و یک بوته از ابتدا و انتهای کرت به‌عنوان اثر حاشیه‌ای حذف و از سطح باقی مانده عملکرد بیولوژیک تعیین شد. سپس مقدار ۵۰۰ گرم از توده نهایی از هر کرت برداشت و پس از توزین و به‌منظور حفظ کمّیت و کیفیت اسانس گیاه، نمونه‌های مذکور در دمای اتاق و در سایه خشک شدند و سپس برای تعیین درصد اسانس به آزمایشگاه منتقل شدند. به منظور استخراج اسانس از اندام‌های هوایی خشک شده، از روش تقطیر با بخار توسط دستگاه کلونجر استفاده شد. پس از سه ساعت اسانس گیری، اسانس حاصل به رنگ زرد روشن بود، جمع‌آوری و با سولفات سدیم بدون آب رطوبت‌زدایی شده و در ظروف شیشه‌ای در بسته در یخچال با دمای چهار درجه‌سانتی گراد نگهداری شد.

با توجه به دارا بودن دو چین در طول آزمایش، اطلاعات با استفاده از طرح کرت‌های خرد شده در زمان توسط نرم‌افزار SAS 9.1 (Amirabadi et al. 2012) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد جهت مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. در این راستا، چین‌های مختلف به عنوان کرت‌های فرعی و تیمارهای کودی به‌عنوان کرت‌های اصلی در نظر گرفته شدند.

نتایج و بحث

چین اول

ارتفاع بوته: اثر کود های آلی بر ارتفاع مرزه معنی‌دار ($p\leq۰/۰۱$) بود (جدول ۳). بیشترین و کمترین ارتفاع بوته به ترتیب در تیمار ورمی‌کمپوست با ۵۵/۵۸ سانتی‌متر و شاهد با ۳۸/۰۸ سانتی‌متر مشاهده شد (جدول ۴). اختلاف ارتفاع بوته در بین چین‌های مختلف معنی‌دار نبود (جدول ۱). چنین به‌نظر می‌رسد که استفاده از مواد آلی و باکتری‌های تحریک‌کننده رشد، باعث افزایش فراهمی عناصر غذایی برای ریشه گیاه شد که این امر با تحریک رشد گیاه و افزایش طول میانگره در نهایت باعث افزایش ارتفاع گیاه مرزه شده است. به‌نظر می‌رسد از آنجا که کمبود عناصر غذایی یکی از عوامل اصلی در تعیین ارتفاع گیاه است، شاهد به علت کمبود مواد غذایی از رشد کمتری برخوردار بود، در حالی‌که تیمارهای کود آلی و بیولوژیک با تحریک رشد گیاه و تأمین تدریجی عناصر غذایی باعث افزایش طول میانگره و در نهایت، باعث افزایش ارتفاع گیاه مرزه شده است. شالان (Shaalan, 2005 a) در گیاه دارویی گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) نشان دادند که ارتفاع گیاه با کاربرد باکتری حل کننده فسفات و نیز سطوح مختلف کمپوست افزایش یافت. ارانا (Earanna, 2007) در گیاه دارویی استویا (*Stevia rebaudiana* L.) نشان داد که با کاربرد کودهای بیولوژیک *آسپرژیلوس*، *گلدموس*، *ازتوباکتر* و *سودوموناس* ارتفاع گیاه در مقایسه با شاهد افزایش یافت.

تعداد شاخه جانبی: تیمارهای مورد آزمایش تأثیر معنی‌داری بر تعداد شاخه جانبی داشتند ($p\leq۰/۰۵$)، (جدول ۳). به‌طوریکه بیشترین تعداد شاخه جانبی در اثر تیمار ترکیبی نیتروکسین و باکتری حل‌کننده فسفات و ورمی‌کمپوست با ۲۴/۳۳ شاخه جانبی بدست آمد و کمترین تعداد شاخه در شاهد با ۱۰/۳۳ شاخه جانبی مشاهده شد (جدول ۴). اثر چین بر تعداد شاخه جانبی در بوته معنی‌دار نبود، ولی در مقایسه بین چین‌ها، چین دوم بیشترین تعداد شاخه جانبی در بوته را به خود اختصاص داد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه قبل از کاشت

Table 1- Physical and chemical properties of experimental soil before planting

بافت خاک Soil texture	پتاسیم (ppm) K (ppm)	فسفر (ppm) P (ppm)	نیتروژن کل (٪) Total N (%)	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	اسیدیته pH
Silty loam	120	11	0.07	1.1	7.76

جدول ۲- مشخصات ورمی کمپوست مورد استفاده در این آزمایش

Table 2- Characteristics of vermicompost used in the experiment

ورمی‌کمپوست Vermicompost	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)	فسفر (درصد) Phosphorus (%)	پتاسیم (درصد) Potassium (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)
	1.5	1.5	1.2	1.2	8.2

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد اندازه‌گیری

Table 3- Analysis of variance (Mean of Square) for measurement traits

منابع تغییر SOV	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه جانبی No. of branches per plant	درصد سرشاخه گلدار browse	درصد ساقه Stem	درصد اسانس Essensial oil	عملکرد بیولوژیک Biological yield
کود Manure	7	351.97**	118.99**	584.31**	706.78 *	1.09**	116931953.55**
چین Harvest	1	50 . 90 ns	0.18 ns	0.62 ns	310.08*	8.88*	1459309.65 ns
کود × چین Manure × Cut	7	42.63 ns	7.73*	7.44*	9.46*	0.08*	778509.65*
بلوک Block	2	8.08**	2.27*	102.67 ns	77.69*	0.35**	1590275.54*
بلوک × کود Manure × Cut	14	18.11	2.24	13.98	17.92	0.099	76758.05
بلوک*چین Block × Harvest	2	22/88	58/56	77/53	567/17	0/102	992697/44
خطای آزمایش Error	14	15.83	3.96	8.51	11.73	0.06	645400.6
کل Total	47		–	–	–	–	–

ns بی معنی، * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

*, ** and ns are significant at the 0.05 and 0.01 level of probability and no significant, respectively.

به‌نظر می‌رسد که بیشتر بودن تعداد شاخه جانبی در بوته در چین دوم به دلیل این باشد که در چین اول فقط یک ساقه اصلی وجود داشته ولی پس از برداشت چین اول شاخه‌های جانبی تشکیل شد. به عبارت دیگر با برداشت چین اول گیاه دوباره شروع به رشد کرده و شاخه‌های جانبی بیشتری تولید می‌کند. ماهشواری و همکاران (Mahshawari & et al., 2000) نیز در یک بررسی روی اسفرزه (*Plantago ovata* Forssk.) گزارش کردند که کود شیمیایی و کودهای بیولوژیک بر صفات رشدی گیاه اثر معنی‌داری داشت.

درصد ساقه و سرشاخه‌های گل‌دار: کودهای آلی تأثیر معنی داری ($p\leq$۰/۰۵) را بر درصد ساقه و سر شاخه گل‌دار مرزه داشتند (جدول ۳)، به‌طوری که بیشترین درصد ساقه و سرشاخه گل‌دار در تیمار ترکیبی نیتراژین، نیتروکسین و ورمی‌کمپوست به ترتیب با ۴۷/۸۰ و۶۶/۰۵ درصد مشاهده شد (جدول ۴). از آنجا که فرآیند رشد گیاه به میزان زیادی وابسته به محتوای رطوبتی گیاه است، لذا به نظر می‌رسد احتمالاً ورمی‌کمپوست با افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت موجود در خاک (Singer et al, 2007) باعث ایجاد شرایط مناسب‌تر برای رشد مرزه شده است. منابع متعددی به نقش مثبت ورمی‌کمپوست در ذخیره آب اشاره کرده‌اند (Gutiérrez-et al., 2000; Atiyeh Miceli et al., 2008).

باکتری‌های موجود در کودهای بیولوژیک نیز از طریق ترشح هورمون‌های مختلف گیاهی می‌توانند بر نفوذپذیری سلول‌های ریشه، مقاومت روزنه‌ای و به‌طور کلی بر روابط آبی و رشد عمومی گیاه اثر بگذارند، افزایش ۴۰ درصدی سطح برگ و وزن خشک گیاهان زراعی و بهبود خصوصیات رشد گیاهان زینتی، تحت تأثیر افزودن ۲۰ درصد حجمی ورمی‌کمپوست به بستر کشت آن‌ها گزارش شده است (Scott, 1988). وجود انواع ریزموجودات در کودهای بیولوژیک از طریق تولید موادی همانند ایندول استیک اسید[1] باعث افزایش رشد گیاه می‌شوند و مراحل اولیه رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند در نتیجه ریشه حجم بیشتری از خاک را اشغال می‌کند و سطح جذب را افزایش می‌دهند (Patten & Glick, 2002) که منجر به افزایش درصد ساقه و سر شاخه‌های گل‌دار شده است.

درصد اسانس: کودهای آلی تأثیر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۵) را بردرصد اسانس مرزه داشتند (جدول ۳). و از این نظر تیمار ترکیبی نیتراژین، حل‌کننده فسفات و ورمی‌کمپوست بیشترین و شاهد کمترین اثر را بر درصد اسانس داشتند (جدول ۴). در تفسیر نتیجه حاصل از بهبود میزان اسانس در اثر کودهای بیولوژیک می‌توان اظهار داشت از آنجا که اسانس‌ها ترکیب‌هایی ترپنوئیدی بوده که واحدهای سازنده آن‌ها (ایزونوئیدها) مانند ایزوپنتنیل پیرو فسفات و دی متیل آلیل پیروفسفات، نیاز مبرم به ATP و NADPH دارند و با توجه به این موضوع که حضور عناصری نظیر نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیب‌های اخیر ضروری می‌باشد، از این‌رو، باکتری‌های حل‌کننده فسفات و کود بیولوژیک نیتراژین از طریق جذب کارآمد فسفر و نیتروژن توسط ریشه مرزه، موجب افزایش اسانس این گیاه دارویی شدند. این موضوع با نتیجه تحقیق کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2004) مطابقت دارد. در همین خصوص در مطالعه دیگری که روی گیاه دارویی علف لیمو (*Cymbopogon martini* L.) انجام گرفت، راتی و همکاران (Ratti et al., 2001) گزارش کردند که کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات درصد ژورافیول موجود در اسانس را به‌طور چشمگیری نسبت به شاهد افزایش داد. آن‌ها دریافتند که این باکتری‌های محرک رشد از طریق افزایش جذب آب و عناصر پر مصرف در بهبود میزان اسانس مؤثر بود. قریب و همکاران (Gharib et al., 2008) اثر کودهای بیولوژیک را بر درصد اسانس گیاه دارویی مرزنجوش بسیار بهتر از کودهای شیمیایی گزارش نمودند. محفوظ و شرف‌الدین (Mahfouz & Sharaf-Eldin, 2007) با بررسی تأثیر کودهای بیولوژیک *ازتوباکتر*، *سودوموناس* و *آزوسپیریلوم* روی گیاه رازیانه بیان کردند که اعمال این تیمارهای کودی باعث افزایش عملکرد بذر و اسانس آن شد.

عملکرد بیولوژیک

اثر کودهای آلی بر عملکرد بیولوژیک معنی دار ($p\leq$۰/۰۱) بود، (جدول ۳). بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک به ترتیب در تیمار ترکیبی نیتراژین، نیتروکسین و ورمی‌کمپوست با ۶۷۳۰/۵ کیلوگرم در هکتار و شاهد ۲۱۴۹/۴ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول ۴). چنین به‌نظر می‌رسد که استفاده از ورمی‌کمپوست و کودهای بیولوژیک از طریق بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک و در دسترس قرار دادن انواع هورمون‌ها و مواد محرک رشد (نظیر سیتوکینین، اکسین، بیوتین و اسید پنتوتنیک) و نیز فراهمی عناصر غذایی (Kartikeyan et al., 2008)، سبب افزایش فتوسنتز و بهبود ماده خشک گیاهی گردیده که این مسئله در نهایت باعث افزایش عملکرد بیولوژیک در گیاه مرزه شد. در همین خصوص سانچز و همکاران (Sanchez et al., 2008) نیز در پژوهش خود مشاهده نمودند که مصرف ورمی کمپوست در گیاه دارویی بارهنگ (*Plantago major* L.) سبب افزایش عملکرد بیولوژیک در این گیاه شد.

1- Indol Acetic Acid (IAA)

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر چین و تلقیح با کود بیولوژیک بر صفات مورد بررسی گیاه دارویی مرزه

Table 4- Means comparison of some measured characters of *Satureja hortensis* affected by different harvests and biofertilizer

عملکرد بیولوژیک Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	درصد اسانس Essensial oil (%)	درصد ساقه Stem (%)	درصد سرشاخه گل‌دار No. of branches per plant	تعداد شاخه جانبی No. of branches per plant	ارتفاع بوته Plant height (cm)	
						چین Harvest
4339.39^{a}	2.34^{a}	32.36^{b}	54.33^{a}	16.30^{a}	43.73^{a}	چین اول First harvest
3990.59^{a}	1.48^{b}	37.44^{a}	54.55^{a}	17.12^{a}	45.79^{a}	چین دوم Second cut
						کود زیستی Biofertilizer
4045.8^{bc}	1.70^{c}	22.92^{f}	43.49^{af}	12.16^{gf}	37.25^{ef}	نیتروکسین Nitroxin
3237.8^{cd}	1.93^{bc}	33.34^{d}	54.34^{de}	15.83^{de}	39.66^{de}	حل کننده فسفات Phosphate solubilizing
4756.0^{b}	2.12^{abc}	41.48^{bc}	64.12^{bc}	17.83^{c}	55.58^{a}	ورمی‌کمپوست Vermicompost
4226.7^{bc}	2.00^{abc}	39.06^{dc}	57.90^{dc}	16.66^{de}	43.83^{cd}	نیتروکسین+ورمی‌کمپوست Nitroxin+Vermicompost
3167.0^{cd}	1.98^{abc}	29.98^{e}	49.77^{e}	14e^{f}	47.91^{bc}	نیتروکسین+حل کننده فسفات Phosphate solublizing+Nitroxin
4994.1^{b}	2.19^{ab}	45.52^{ab}	64.25^{ab}	20^{b}	51.01^{ab}	ورمی‌کمپوست+حل کننده فسفات Vermicompost+Phosphate solublizing
6730.5^{a}	2.37^{a}	47.80^{a}	66.05^{a}	24.33 ^{a}	49.75^{b}	نیتروکسین+حل‌کننده فسفات+ورمی‌کمپوست Nitroxin +Phosphate solublizing+Vermicompost
2149.4^{d}	0.97^{d}	17.10^{g}	38.55^{g}	101.33 ^{g}	33.08^{f}	شاهد (بدون کود زیستی یا شیمیایی) Control (Without Biofertilizer and fertilizer)

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر فاکتور، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

* Means in each column, following the same letter (s) are not significantly different at the 5% level of probability.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج این تحقیق حاکی از آن است که استفاده از ورمی‌کمپوست و کودهای بیولوژیک حاوی ریزموجودات باکتریایی و یا قارچی، به تنهایی و یا در ترکیب با یکدیگر، در بهبود ویژگی‌های رشدی و عملکرد گیاه دارویی مرزه، تأثیر مثبتی داشت. با توجه به ضرورت تولید این قبیل گیاهان در نظام‌های زراعی از یک طرف و لزوم توجه به کشت این گیاهان در نظام‌های کم نهاده، به‌نظر می‌رسد که استفاده از کودهای آلی و بیولوژیک می‌تواند به‌عنوان گزینه‌ای مناسب در راستای نیل به اهداف کشاورزی پایدار در تولید گیاهان دارویی مد نظر قرار گیرد.

منابع

1- Abd El-Gawad, A.M. 2008. Employment of bio-organic agriculture technology for *Zea mays* cultivation in some desert soils. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 4: 553-565

2- Abdul-Jaleel, C., Manivannan, P., Sankar, B., Kishorekumar, A., Gopi, R., Somasundaram, R., and Panneerselvam, R. 2007. *Pseudomonas Fluorescens* L. enhances biomass yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus* under water deficit stress. Colloids and Surfaces B; Biointerfaces 60: 7-11.

3- Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Metzeger, J.D., and Lee, S. 2005. Effect of vermicompost on growth and marketable fruits of field–grown tomato, peppers and strawberries. Bioresource Technology 47: 731-735.

4- Amirabadi, M., Seifi, M., Rejali, F., and Ardakani, M.R. 2012. Study the concentration of macroelements in forage mays (*Zea mays* L.) (SC 704) as effected by inoculation with mycorrhizal fungi and Azotobacter chroococcum under different levels of nitrogen. Journal of Agroecology 4(1): 33-40.

5- Atiyeh, R.M., Edwards, C.A., Subler, S., and Metzger, J.D. 2000. Arthworm-processed organic wastes as components of horticultural potting media for growing marigold and vegetable seedlings. Compost Science and Utilization 8: 215-223.

6- Azizi, M., Rezwanee, F., Hassanzadeh Khayat, M., Lackzian, A., and Neamati, H. 2008. The effect of different levels of vermicompost and irrigation on morphological properties and essential oil content of German chamomile (*Matricaria recutita*) C.V. Goral. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 24(1): 82-93. (In Persian with English Summary)

7- Azzaz, N.A., Hassan, E., and Hamad, E.H. 2009. The chemical constituent and vegetative and yielding characteristics of fennel plants treated with organic and bio-fertilizer instead of mineral Fertilizer. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 3:579-587.

8- Bachman, G.R., and Metzeger, J.D. 1998. The use of vermicompost as a media amendment. Pedo Biologia 32: 419-423.

9- Belde, M., Matteis, A., Sprengle, B., Albrecht, B., and Hurle, H. 2000. Long- term development of yield affecting weeds after the change from conventional to integrated and organic farming. In: proceeding 20 German Conference on weed Biology and Weed Control 17: 291-301.

10- Chen, J. 2006. The combined use of chemical and organic fertilizer and biofertilizer for crop growth and soil fertility. International Workshop on Sustained Management of Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use. October 6-20. Thailand. 11pp.

11- Dobbelaere, S., Croonenborghs, A., Thys, A., Ptacek, D., Okon, Y., and Vanderleyden, J. 2002. Effect of inoculation with wild type *Azospirillum brasilense* and *A. irakense* strains on development and nitrogen uptake of spring wheat and grain maize. Biology and Fertility of Soils 36: 284–297.

12- Earanna, N. 2007. Response of *Stevia rebeudiana* of biofertilizers. Karnataka Journal of Agriculture and Science. 20(3):616-617.

13- Egamberdiyeva, D.D., Juraeva, S., Poberejskaya, O., Myachina, P., Teryuhova, L., Seydalieva, and Aliev, A. 2003. Improvement of wheat and cotton growth and nutrient uptake by phosphate solubilizing bacteria. 26th Southern Conservation Tillage Conference.

14- Egball, B. 2002. Soil properties as influence by phosphorus and nitrogen- based manure and compost applications. Agronomy Journal 94: 128-135.

15- Gharib, F.A., Moussa, L.A., and Massoud, O.N. 2008. Effect of compost and bio-fertilizers on growth, yield and essential oil of sweet marjoram (*Marjorana hortensis* L.). Journal of Agriculture and Biology 10: 381-387.

16- Glick, B.R. 1995. The enhancement of plant-growth by free-living bacteria. Canadian Journal of Microbiology 41: 109–117.

17- Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K.G. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgare* Mill. on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. Bioresource Technology 93: 307-311.

18- Kapoor, R., Chaudhary, V., and Bhatnagar, A.K. 2007. Effects of arbuscular mycorhiza and phosphorus application on artemisinin concenteration in *Artemisia annua* L. Mycoriza 17: 581-587.
19- Kartikeyan, B. C., Abdul Jaleel, G. M., Lakshmanan A., and Deiveekasundaram, M. 2008. Studies on rhizosphere microbial diversity of some commercially important medicinal plants. Colloids and Surfaces B: Bionterfaces 62: 143-145.
20- Mahfouz, S.A., and Sharaf-Eldin, A. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel *(Foeniculum vulgare* Mill.). Agrophysics Journal 21: 361-366.
21- Mahshawari, S.K., Sharmi, R.K., and Gangrade, S.K. 2000. Performance of isabgol or blond psyllium (*Plantago ovata*) under different levels of nitrogen, phosphorus and biofertilizer in shallow black oil. Indiana Gournal of Agronomy 45: 443-446.
22- Moradi, R. 2009. The effect of application of organic and biological fertilizers on yield, yield components and essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare* L.). MSc Thesis in Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
23- Omidbeigi, R. 2000. Approaches to Production and Processing of Medicinal Plants (III). Astanghods Razavi Publisher, Mashhad, Iran. 283 pp. (In Persian)
24- Patten, C.L., and Glick, B.R. 2002. Role of *Pseudomonas putida* indole acetic acid in development of the host plant root system. Applied Environmental Microbiology 68: 3795-3801.
25- Ratti, N., Kumar, S., Verma, H.N., and Gautam, S.P. 2001. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martini* var. motia by rhizobecteria, AMF and *Azospirillum* inoculation. Microbiol Research 156:145- 149.
26- Sahin. F., Karaman, İ., Gulluce Oğutcu, M., Şengul, H., and Adıguzel, M. 2003. Evaluation of antimicrobial activities of *Satureja hortensis* L. Journal of Ethnopharmacology 87: 61-65.
27- Sahu, S.N., and Gana, B.B. 2000. Enhancement of the fertilizer value of rock phosphate engineered through phosphate-solubilizing bacteria. Ecological Engineering Journal 15:27-39.
28- Sanchez, G.E., Carballo, G.C., and Romos, G.S. R. 2008.Influence of organic manures and biofertilizers on the Quality of two Plantaginaceae: *Plantago major* L. and *P. lanceolota* L. Revista cubana de plants. Medicinales 13:12-15.
29- Sarig, S., Kapulnik, Y., Nur, I., and Okon, Y. 1984. Response of non-irrigated *Sorghum bicolor* to *Azospirillum* inoculation. Experimantal Agricalture. 20: 59-66.
30- Scott, M.A. 1988. The use of worm -digested animal wastes as a supplement to peat in leas composts for hardy nursery stocks. p. 221-229. In: Edwards, C.A., and Neuhayser, E. (eds.) Earthworm in Waste and Environmental Management. SPB Academic Press, Netherlands.
31- Shaalan, M.N. 2005 a. Effect of compost and different sources of biofertilizers, on borage plants (*Borago officinalis*). Egypt Journal of Agriculture Recearch 83:271.
32- Shaalan, M.N. 2005 b. Influence of biofertilizers and chicken manure on growth, yield and seeds quality of (*Nigella sativa* L.) plants. Egyptian Journal of Agriculture Research 83: 811-828.
33- Singer, W.J., Sally, S.D., and Meek, D.W. 2007. Tillage and compost effects on corn growth, nutrient accumulation, and grain yield. Agronomy Journal 99: 80-87.
34- Thelan, S.K., Thakral, K.K., and Nandal, J.K. 2004. Effect of *Azotobacter* on plant growth and seed yield of fennel (*Foeniculum vulgare*). Haryana Journal of Horticulture Science 33: 277-288.
35- van Loon, L.C., Bakker, P., and Pieterse, C.M.J. 1998. Systemic resistance induced by rhizosphere bacteria. Annual Review of Phytopathology 36: 453–483.
36- Vesquez, P., Holguin, G., Puente, M.E., Lopez-Cortes, A., and Bashan, Y. 2000. Phosphate-solubilizing microorganisms associated with the rhizosphere of mangroves in a semiarid coastal lagoon. Biology and Fertility of Soils 30: 460-468.
37- Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil 255: 571–586.
38- Walsh, U.F., Morrissey, J.P., and O'Gara, F. 2001. Pseudomonas for biocontrol of phytopathogens: from functional genomics to commercial exploitation. Current Opinion in Biotechnology 12: 289–295.
39- Zargari, A. 1989. Medicinal Plants. Tehran University Publisher, Tehran, Iran 894 pp. (In Persian)

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۲، ص. ۱۲۱-۱۱۳

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 2, Summer 2013, p. 113-121

بررسی بهره‌وری مصرف آب و انرژی در بوم‌نظام‌های فاریاب استان کرمانشاه

محمد یوسفی[1]* و عبدالمجید مهدوی دامغانی[2]

تاریخ دریافت: **۱۳۹۰/۰۳/۰۲**

تاریخ پذیرش: **۱۳۹۰/۰۸/۲۰**

چکیده

استفاده کارآمد از نهاده‌ها و منابع انرژی در کشاورزی یکی از اصول مهم و تأثیر گذار برای توسعهٔ پایدار در کشاورزی است. بدین منظور، کارایی مصرف آب و انرژی در سیستم‌های فاریاب تولید محصولات اصلی استان کرمانشاه شامل گندم، ذرت و یونجه مورد بررسی قرار گرفت. داده‌های مورد نیاز برای این مطالعه با تکمیل پرسشنامه و در قالب مصاحبه چهره در چهره با ۱۸۰ کشاورز در سطح استان کرمانشاه بصورت تصادفی در تابستان ۱۳۸۹ جمع‌آوری شد. نتایج این مطالعه نشان داد که بهره‌وری مصرف آب در بوم‌نظام‌های تولید یونجه، ذرت و گندم در این استان به ترتیب ۲/۰۶، ۱/۰۵ و ۰/۹ کیلوگرم بر مترمکعب بود. همچنین کارایی مصرف انرژی برای این بوم‌نظام‌ها ۴/۲۹، ۲/۰۸ و ۳/۷۸ بود. بر این اساس شاخص بهره‌وری آب-انرژی در بوم‌نظام‌های گندم، ذرت و یونجه به ترتیب ۰/۰۸، ۰/۰۶ و ۰/۱۳ گرم بر متر مکعب بر کیلووات ساعت بود. نتایج نشان داد که در بوم‌نظام‌های کشاورزی مدیریت انرژی به منظور استفاده کارآمد و پایدار از انرژی و در نهایت کاهش ردپای محیطی امری مهم و تأثیرگذار است.

واژه‌های کلیدی: بوم‌نظام کشاورزی، توسعه پایدار، ردپای محیطی، منابع انرژی

مقدمه

امروزه مصرف انرژی در بخش کشاورزی به دلیل رشد جمعیت و تهیه مواد غذایی کافی برای این جمعیت در حال رشد افزایش یافته است. محدودیت منابع انرژی و اثرات سوء مصرف منابع انرژی تجدیدناپذیر همچون سوخت‌های فسیلی بر روی محیط زیست و سلامت انسان به دلیل استفاده نادرست از انرژی امری مسلم است که مطالعه الگوی مصرف انرژی و نهاده‌های انرژی‌بر را در بوم‌نظام‌ها ضروری ساخته است (Samavatean et al., 2010). همچنین استفاده کارآمد از منابع انرژی یکی از مهمترین اصول برای توسعهٔ پایدار در کشاورزی است که منجر به کاهش چالش‌های زیست محیطی، جلوگیری از تخریب منابع طبیعی و سودمندی اقتصادی در بوم‌نظام‌های پایدار تولید محصولات زراعی خواهد شد (Rafiee et al., 2010). ارزیابی کارایی مصرف نهاده‌ها در بوم‌نظام‌های کشاورزی در طراحی بوم‌نظام‌های پایدار و سازگار با محیط نقش بسزایی دارد. یکی از مهمترین چالش های بخش کشاورزی عدم استفاده بهینه از منابع انرژی از جمله آب می‌باشد که منجر به کاهش بهره وری استفاده از این منابع خواهد شد (Khan et al., 2009). آب یکی از منابع کلیدی و تأثیرگذار در تولید محصولات زراعی است که در حال حاضر نیز با توجه به تغییرات جهانی اقلیم و کاهش نزولات جوی، اصلاح الگوی مصرف و استفاده بهینه از آب در کشاورزی باید بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد.

آب مورد نیاز برای آبیاری و انرژی مصرفی برای پمپاژ و انتقال آن به درون مزرعه یکی از نهاده‌های اساسی و انرژی بر در بوم‌نظام‌های فاریاب تولید محصولات زراعی است که حجم بالایی از انرژی مصرفی در این بوم‌نظام‌ها را به خود اختصاص می‌دهد.

عملیات آبیاری خود نیز یکی از منابع اصلی مصرف انرژی در کشاورزی است (MousaviAvval et al., 2010). تا آنجا که در برخی مطالعات انجام گرفته نزدیک به ۰/۷۶ انرژی ورودی به سیستم‌های تولید یونجه مربوط به انرژی الکتریسیته مورد نیاز برای پمپاژ آب بود (Mobtaker et al., 2010). استفاده موثر از آب و انرژی و محافظت از منابع طبیعی منجر به افزایش تولید محصولات زراعی، بهره‌وری آب و تداوم تولید محصولات زراعی خواهد شد.

بدین منظور، مطالعه‌ای در سطح استان کرمانشاه در بوم‌نظام‌های فاریاب گندم، ذرت و یونجه که اصلی ترین محصولات فاریاب در این استان هستند به منظور بررسی وضعیت جریان انرژی ورودی و خروجی، بهره‌وری مصرف آب، بهره‌وری مصرف انرژی و سایر

۱ و ۲- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادیار گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی
(*- نویسنده مسئول: (Email: m.y126@yahoo.com

شاخص‌های مهم از جمله بهره‌وری مصرف آب- انرژی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در استان کرمانشاه و در بین بوم‌نظام‌های فاریاب گندم، ذرت و یونجه در این استان در تابستان ۱۳۸۹ انجام شد. استان کرمانشاه از مهمترین مناطق تولید محصولات کشاورزی است که در غرب ایران (عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۶ دقیقه شرقی) واقع شده است. خصوصیات آب و هوایی این منطقه مطالعاتی بر اساس داده‌های سازمان هواشناسی در بازه زمانی ۸۹-۱۳۶۹ دارای میانگین بارندگی سالانه ۴۰۳ میلی‌متر می باشد. نیمی از این مقدار در زمستان و مابقی آن‌در بهار و پاییز نزول می‌یابد. داده‌های لازم برای این مطالعه در سطح استان کرمانشاه و از شهرستان‌های کنگاور، صحنه، بیستون، هرسین، روانسر و اسلام‌آباد غرب با تکمیل پرسشنامه به‌صورت کاملا تصادفی و با استفاده از روش مصاحبه چهره به چهره[1] با ۱۸۰ کشاورز جمع‌آوری شدند.

کل نهاده‌های ورودی و خروجی بوم‌نظام‌های فاریاب گندم، ذرت و یونجه محاسبه و برآورد و سپس به انرژی معادل خود تبدیل شد. انرژی ورودی به سیستم‌های تولید گندم را می‌توان به دو بخش انرژی مستقیم و غیرمستقیم تقسیم کرد (Alam et al., 2005). انرژی ورودی مستقیم در بوم‌نظام‌های فاریاب شامل نیروی کار انسانی، سوخت مصرفی، الکتریسیته و آب آبیاری است؛ در حالی که انرژی غیرمستقیم شامل انرژی مصرفی در تولید کودهای شیمیایی و آلی، آفت‌کش‌ها، ماشین‌آلات و بذر می‌باشد. انرژی خروجی در این بوم‌نظام‌ها شامل عملکرد دانه، علوفه تولیدی و کاه و کلش حاصله است.

انرژی را می‌توان بر اساس انرژی تجدیدپذیر و غیرقابل تجدید نیز تقسیم کرد (Mohammadi et al., 2010) که بر این اساس انرژی ورودی قابل تجدید شامل نیروی انسانی، بذر، آب آبیاری و کودهای آلی و انرژی ورودی تجدید ناپذیر شامل سوخت‌های فسیلی، الکتریسیته، ماشین‌آلات، کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها است. کل نهاده‌های ورودی و خروجی در این بوم‌نظام‌ها اندازه گیری و به معادل انرژی خود تبدیل شدند که در جدول ۱ ارائه شده است. در این مطالعه برای مقادیر انرژی ورودی و خروجی واحد مگاژول (MJ) در نظر گرفته شد که رایج‌ترین واحد در مطالعات آنالیز انرژی در سیستم‌های تولید محصولات کشاورزی است و مقدارآن برابر 10^6 ژول است.

انرژی مورد نیاز در بخش آبیاری عمده‌ترین بخش از مصرف انرژی را در بوم‌نظام‌های فاریاب تشکیل می‌دهد که شامل آب مصرفی و نیروی الکتریسیتهٔ برای پمپاژ آن در این سیستم‌ها می‌باشد که توسط الکتروموتورهای پمپاژ آب مصرف می‌شود. مقدار آب مصرفی در هر کدام از بوم‌نظام‌های فاریاب با توجه به سه فاکتور اصلی یعنی دبی آب خروجی، طول آبیاری و تعداد آبیاری در هر کدام از این سه بوم‌نظام محاسبه شد. با مشخص بودن دبی آب خروجی منابع آبی که بر حسب لیتر بر ثانیه می‌باشد و تبدیل آن به متر مکعب و برآورد آن برای کل مدت آبیاری (تعداد آبیاری× طول هر بار آبیاری) حجم آب مصرفی در هر بوم‌نظام برآورد شد و برای محاسبه مقدار انرژی آن در معادل انرژی هر متر مکعب آب یعنی ۰/۶۳ مگاژول(Esengun et al., 2007) ضرب شد و برای محاسبه نیروی الکتریسیتهٔ مصرفی از معادلهٔ (۱) استفاده شد (Baal & Hussein, 1992):

معادله (۱) $E = p \times t \times c$

که در این معادله، E: نیروی الکتریسیتهٔ مصرفی، p: قدرت الکتروموتور، t: مدت زمان کار الکتروموتور و c: معادل انرژی است. انرژی معادل کودهای شیمیایی باتوجه به منابع مختلف تعیین و برای کودهای نیتروژنه، فسفاته و پتاسه به ترتیب ۶۶/۱۴، ۱۲/۴۴ و ۱۱/۱۵ مگاژول بر کیلوگرم تعیین شد (Erdal et al., 2007).

برای محاسبه شاخص کارایی انرژی و بهره‌وری آن از معادله‌های (۲) و (۳) استفاده شد (Demircan et al., 2006):

معادله (۲) $EUE = \text{انرژی ورودی} / \text{انرژی خروجی}$

معادله (۳) $EP = \text{انرژی ورودی} / \text{عملکرد دانه}$

که در این معادله‌ها، EUE[2]: معرف کارایی انرژی سیستم می‌باشد و بدون واحد است؛ چون انرژی ورودی و خروجی در صورت و مخرج کسر هر دو هم واحد هستند، EP[3]: معرف بهره‌وری انرژی است که واحد آن کیلوگرم بر مگاژول است و واحد عملکرد نیز کیلوگرم در هکتار می‌باشد.

کارایی مصرف آب در این بوم‌نظام‌ها از نسبت بین عملکرد اقتصادی بر حسب کیلوگرم و آب مصرفی بر حسب متر مکعب به‌دست آمد. برای محاسبه دیگر شاخص‌های انرژی یعنی نسبت انرژی آب و بهره‌وری آب- انرژی از معادله‌های (۴) و (۵) استفاده شد (Khan et al., 2009).

در معادله انرژی ورودی به ازای آب آبیاری بر حسب مگاژول (MJ)، آب مصرفی بر حسب متر مکعب (m^3)، انرژی ورودی بر حسب مگاژول(MJ)، عملکرد دانه برحسب گرم (g) و در نهایت، واحد شاخص نسبت انرژی آب و بهره‌وری آب- انرژی به ترتیب بر حسب درصد و گرم بر مترمکعب بر مگاژول ($g.m^{-3}\times kWh$) می‌باشد.

1- Face to Face Interviews

2- Energy Use Efficiency

3- Energy Productivity

معادله (۴) $$\text{Water Energy Ratio}(\%) = \frac{\text{کل انرژی ورودی}}{\text{انرژی ورودی به ازای آب آبیاری}}$$

معادله (۵) $$\text{Water and Energy Productivity} = \frac{\text{عملکرد دانه}}{\text{آب مصرفی} \times \text{انرژی مصرفی}}$$

جدول ۱- معادل‌های انرژی‌های ورودی و خروجی در بوم‌نظام‌های کشاورزی

Table 1- Energy equivalent in crop production agroecosystems

نوع نهاده یا ستاده Types of input and output	واحد (در هکتار) Unit (in ha)	معادل انرژی Energy equivalent	منبع Reference
الف: انرژی‌های ورودی **A. Input energy**			
۱- نیروی انسانی 1. Human labor	h	1.96	[Mohammadi & Omid, 2010]
۲- ماشین آلات 2. Machinery	h	62.7	[Samavatean et al., 2010]
۳- سوخت فسیلی 3. Diesel fuel	L	51.33	[Samavatean et al., 2010]
۴- کودهای شیمیایی 4. Chemical fertilizer	kg		
الف) نیتروژن (a) Nitrogen		66.14	[Erdal et al., 2007]
ب) فسفات (b) Phosphate (P_2O_5)		12.44	[Erdal et al., 2007]
ج) پتاسیم (c) Potassium (K_2O)		11.15	[Erdal et al., 2007]
۵- کودهای حیوانی 5. Animal manure	kg	0.30	[Esengun et al., 2007]
۶- آفت‌کش‌ها 6. Pesticides	kg	120	[Demircan et al., 2006]
۷- نیروی الکتریسیته 7. Electricity	kWh	3.6	[Rafiee et al., 2010]
۸- آب آبیاری 8.Water for irrigation	m^3	0.63	[Hatirli et al., 2005]
۹- بذر غلات 9. Cereal grain	kg	14.7	[Ozkan et al., 2004]
۱۰- بذر یونجه 10. Alfalfa seed	kg	6.9	[Hoeppner et al., 2005]
ب: انرژی خروجی **B. Output energy**			
۱- دانه غلات 1. Cereal grain	kg	14.7	[Ozkan et al., 2004]
۲- کاه وکلش غلات 2. Cereal straw	kg	12.5	[Ozkan et al., 2004]
۳- علوفه یونجه 3. Alfalfa forage	kg	17.77	[Hoeppner et al., 2005]

در این بررسی چون واحد آنالیز انرژی مگاژول می‌باشد. برای محاسبه شاخص بهره‌وری آب- انرژی باید مقدار انرژی ورودی بر حسب کیلووات ساعت بیان شود. برای تبدیل مقدار انرژی برحسب مگاژول به کیلو وات ساعت باید عدد حاصل را بر ۳/۶ تقسیم نمود (1 kWh=3.6 MJ) (Ahmad & Khan, 2009).

نتایج و بحث

آنالیز انرژی ورودی و خروجی در بوم‌نظام‌های فاریاب

کل نهاده‌های ورودی در بوم‌نظام‌های فاریاب گندم، ذرت و یونجه در استان کرمانشاه محاسبه و برآورد شد که نتایج آن در جدول

۲ ارائه شده است. در بوم‌نظام‌های فاریاب گندم، ذرت و یونجه به ترتیب تعداد ساعات استفاده از نیروی کار انسانی ۹۰/۵، ۲۶۸/۲ و ۳۱۶/۹۲ ساعت در هر هکتار بود که در مراحل مختلف از جمله کاشت، داشت و برداشت به‌کار گرفته می‌شد. در اکوسیستم‌های تولید یونجه به‌دلیل برداشت چند چین در سال و تعداد آبیاری حجم استفاده از نیروی کار انسانی بیشتر از دو بوم‌نظام دیگر بود. علاوه بر این، در بوم‌نظام‌های گندم، ذرت و یونجه به ترتیب ۷۷/۵، ۱۲۷/۴ و ۱۴۰/۹ ساعت در هر هکتار از نیروی ماشین‌آلات استفاده شد که علاوه بر به‌کارگیری این نیرو به ازای آن در بوم‌نظام‌های گندم، ذرت و یونجه به ترتیب ۱۴۴/۲۶، ۱۹۳/۹۷ و ۳۸۰/۳۷ لیتر گازوئیل نیز مصرف شد. در این بوم‌نظام‌ها مقادیر مصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم خالص از منابع کودی رایج از جمله اوره، نیترات آمونیوم، دی آمونیوم سولفات، سوپر فسفات تریپل و نیترات پتاسیم و همچنین کودهای دامی محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۲ قابل مشاهده است. علاوه بر این، مقدار کل آب مصرفی با توجه به میانگین دبی آب خروجی منابع آبی و تعداد و طول دورهای آبیای برای گندم، ذرت و یونجه ۵۸۵۰ ، ۸۶۶۹/۲ و ۶۵۶۳/۷ متر مکعب در هر هکتار بود. میانگین نیروی الکتریسیته لازم برای پمپاژ این آب با توجه به قدرت الکتروموتورهای استفاده شده و همچنین مدت زمان کار آنها در بوم‌نظام‌ها گندم ۲۸۹۹، ذرت ۸۶۶۹/۲ و در یونجه ۶۵۶۳/۷ کیلووات ساعت برای هر هکتار بود.

جدول ۲- مقادیر نهاده‌های ورودی و خروجی (در هکتار) در بوم‌نظام‌های فاریاب کندم، ذرت و یونجه

Table 2- Amounts of energy inputs and outputs (per hectare) in wheat, corn and alfalfa production systems

نوع نهاده یا ستاده Types of input and output	مقدار به ازای واحد سطح (هکتار) Quantity per unit area (ha)		
	گندم آبی Irrigated wheat	ذرت Corn	یونجه Alfalfa
الف: انرژی‌های ورودی **A. Input energy**			
نیروی انسانی (ساعت) 1. Human labor (hr)	90.5	268.2	316.92
ماشین آلات (ساعت) 2. Machinery (hr)	77.75	127.4	140.9
سوخت فسیلی (لیتر) 3. Diesel fuel (l)	144.26	193.97	380.37
کودهای شیمیایی (کیلوگرم) 4. Chemical fertilizer (kg)			
الف) نیتروژن (a) Nitrogen	123.43	279.04	92
ب) فسفات (P_2O_5) (b) Phosphate (P_2O_5)	70.17	88.82	57.5
ج) پتاسیم (K_2O) (c) Potassium (K_2O)	23	46	138
۵- کودهای حیوانی (کیلوگرم) 5. Animal manure (kg)	5000	5000	0
۶- آفت‌کش‌ها (کیلوگرم) 6. Pesticides (kg)	2.4	2.7	1.5
۷- نیروی الکتریسیته (کیلووات ساعت) 7. Electricity (kWh)	2899	4906	3368.5
۸- آب آبیاری (مترمکعب) 8.Water for irrigation (m^3)	5850	8669.2	6563.7
۹- بذر غلات 9. Cereal grain	250	24.59	48.07
ب: ستاده‌ها **B. Output**			
۱- دانه غلات (کیلوگرم) 1. Cereal grain (kg)	5304.52	9180	0
۲- کاه وکلش غلات یا علوفه یونجه (کیلوگرم) 2. Cereal straw or alfalfa forage (kg)	6483.3	0	13510

در مقابل نهاده‌های ورودی در این بوم‌نظام‌ها به ترتیب ۵۳۰۴/۵۲ و ۶۴۸۳/۳ کیلوگرم دانه و کاه وکلش در بوم‌نظام‌های گندم آبی، ۹۱۸۰ کیلوگرم دانه در بوم‌نظام‌های ذرت و ۱۳۵۱۰ کیلوگرم در هکتار علوفه خشک در بوم‌نظام‌های یونجه برای هر سال تولید شد که منابع تولید انرژی در این بوم‌نظام‌ها می‌باشند.

جدول ۳- انرژی معادل نهاده‌های ورودی و خروجی در بوم‌نظام‌های فاریاب گندم، ذرت و یونجه

Table 3- Energy equivalents of input and output in irrigated wheat, corn and alfalfa agroecosystems

نوع نهاده یا ستاده Types of input and output	گندم آبی Irrigated wheat		ذرت Corn		یونجه Alfalfa	
	مقدار به ازای واحد سطح (هکتار) Quantity per unit area (ha)	%	مقدار به ازای واحد سطح (هکتار) Quantity per unit area (ha)	%	مقدار به ازای واحد سطح (هکتار) Quantity per unit area (ha)	%
الف: انرژی‌های ورودی **A. Input energy**						
نیروی انسانی (ساعت) 1. Human labor (hr)	177.38	0.42	525.67	0.81	621.16	1.11
ماشین آلات (ساعت) 2. Machinery (hr)	4874.92	11.59	7987.98	12.32	8834.43	15.78
سوخت فسیلی (لیتر) 3. Diesel fuel (L)	8123.28	19.32	10922.45	16.85	21418.63	38.28
کودهای شیمیایی (کیلوگرم) 4. Chemical fertilizer (kg)						
الف) نیتروژن (a) Nitrogen	8163	19.41	18455.70	28.48	6084.83	10.87
ب) فسفات (P_2O_5) (b) Phosphate (P_2O_5)	872.91	2.08	1104.92	1.70	721.62	1.29
ج) پتاسیم (K_2O) (c) Potassium (K_2O)	256.45	0.61	512.9	0.79	1578.72	2.82
۵- کودهای حیوانی (کیلوگرم) 5. Animal manure (kg)	1500	3.57	1500	2.31	0	0
۶- آفت‌کش‌ها (کیلوگرم) 6. Pesticides (kg)	288	0.68	324	0.50	180	0.33
۷- نیروی الکتریسیته (کیلووات ساعت) 7. Electricity (kWh)	10436.4	24.82	17661.6	27.25	12053.34	21.54
۸- آب آبیاری (مترمکعب) 8.Water for irrigation (m^3)	3685.5	8.76	5461.60	8.43	4135.13	7.39
۹- بذر غلات 9. Cereal grain	3675	8.74	361.47	0.56	331.68	0.59
نهاده‌ها کل انرژی **Total Input Energy**	**42052.8**	**100**	**64818.29**	**100**	**55959.59**	**100**
ستاده‌ها انرژی **B. Output Energy**						
۱- دانه غلات (کیلوگرم) 1. Cereal grain (kg)	77976.45	49.04	134946	100	0	0
۲- کاه وکلش غلات یا علوفه یونجه (کیلوگرم) 2. Cereal straw or alfalfa forage (kg)	81041.25	50.96	0	0	240072.07	100
ستاده‌ها کل انرژی **Total Output Energy**	159017.7	100		100		100

کل نهاده‌ها و ستاده‌ها در بوم‌نظام‌های فاریاب گندم، ذرت و یونجه در استان کرمانشاه به معادل انرژی خود تبدیل شدند که نتایج آن در جدول ۳ قابل مشاهده است. نتایج نشان دادند که کل انرژی ورودی در بوم‌نظام‌های فاریاب تولید گندم ۴۲۰۵۲/۸ مگازول در هکتار بود که از این مقدار بیشترین سهم به ترتیب مربوط به نیروی الکتریسیته (۲۸/۸۲)، کود نیتروژن (۱۹/۴۱) و سوخت مصرفی توسط ماشین‌آلات (۱۹/۳۲) بود. در بوم‌نظام‌های ذرت کل انرژی ورودی ۶۴۸۱۸/۲۹ مگاژول در هکتار بود که کود نیتروژن، نیروی الکتریسیته و سوخت مصرفی در ماشین‌آلات به ترتیب با ۲۸/۴۸، ۲۷/۲۵ و ۱۶/۸۵ درصد بیشترین سهم را داشتند. این مقدار در بوم‌نظام‌های تولید یونجه ۵۵۹۵۹/۵۹ مگاژول در هکتار برای هر سال بود. در این بوم‌نظام‌ها بیشترین سهم از انرژی ورودی به ترتیب مربوط به سوخت مصرفی (۳۸/۲۸)، نیروی الکتریسیته (۲۱/۵۴) و نیروی ماشین‌آلات به‌کار رفته (۱۵/۷۸) در این بوم‌نظام‌ها بود.

به‌طور خلاصه در بوم‌نظام‌های فاریاب مطالعه شده بیشترین سهم از انرژی ورودی مربوط به نیروی الکتریسیته لازم برای پمپاژ آب، سوخت‌های فسیلی مصرف شده در ماشین‌آلات برای انجام عملیات زراعی، کود نیتروژن و نیروی ماشین‌آلات بود. در بوم‌نظام‌های تولید یونجه به‌دلیل نیاز کمتر گیاه یونجه به کود نیتروژن سهم انرژی ورودی به ازای این نهاده نسبت به دو بوم‌نظام دیگر کمتر بود، ولی در مقابل به دلیل حجم بالای عملیات زراعی شامل آماده‌سازی زمین، تعداد آبیاری و برداشت چین چین این محصول زراعی استفاده از ماشین‌آلات و سوخت مصرفی توسط آنها بیش از نیمی از انرژی ورودی (۵۴ درصد) را به خود اختصاص داد.

در ترکیه، گزارش شد که سهم کودهای شیمیایی و سوخت از انرژی ورودی سیستم‌های تولید گندم به ترتیب ۵۴/۱ و ۱۷/۴درصد بود (Canakci et al., 2005). در مطالعه دیگری در ایران، رابطه بین انرژی ورودی و عملکرد کیوی مورد بررسی قرار گرفت و گزارش شد که کل انرژی ورودی در این سیستم‌ها ۳۰۲۸۵/۶۲ مگاژول است که ۴۷ درصد آن مربوط به کودهای شیمیایی و آلی می‌بود (Mohammadi et al., 2010). در مطالعه انرژی در بوم‌نظام‌های تولید یونجه در همدان بیش از ۰/۷۶ انرژی ورودی مربوط به نیروی الکتریسیته مصرفی برای پمپاژ آب بود (Mobtaker et al., 2010).

امروزه به‌دلیل استفاده نادرست از منابع آبی و افت سفره‌های آب زیرزمینی آب باید از عمق بیشتری پمپاژ شود که این خود با صرف انرژی بیشتری همراه است. این انرژی در مزارع یا از طریق نیروی الکتریسیته (چاه‌های برقی) و یا از طریق مصرف گازئیل (چاه‌های دیزلی) تأمین می‌شود؛ اما آنچه که مسلم است اینست که این نوع استفاده ناکارآمد و بی‌رویه و دیگر فاکتورهای چون خشکسالی و تغییراقلیم به این مشکل شدت بخشیده و حجم استفاده از انرژی را از این طریق افزایش داده است.

کل انرژی خروجی در بوم‌نظام‌های فاریاب گندم ۱۵۹۰۱۷/۷ مگاژول در هکتار بود که از این مقدار ۴۹ درصد آن از طریق تولید دانه و ۵۱ درصد آن با تولید بقایا یا کاه‌وکلش (که به‌منظور تأمین علوفه برای بخش دامداری استفاده می‌شد) حاصل می‌شد. این مقدار در بوم‌نظام‌های تولید ذرت ۱۳۴۹۴۶ مگاژول در هکتار بود که از طریق تولید ۹۱۸۰ کیلوگرم دانه حاصل می‌شد. در بوم‌نظام‌های تولید یونجه کل انرژی خروجی ۲۴۰۰۷۲/۷ مگاژول در هکتار بود که با تولید ۱۳۵۱۰ کیلوگرم علوفه خشک در هکتار به ازای هر سال تولید می‌شد.

شاخص‌های انرژی و آب در بوم‌نظام‌های فاریاب

در این مطالعه شاخص‌های همچون کارایی مصرف انرژی، بهره‌وری انرژی، بهره‌وری مصرف آب،نسبت انرژی آب و بهره‌وری آب– انرژی در بوم‌نظام‌های فاریاب مطالعه شد که نتایج آن در جدول ۴ قابل مشاهده است. کارایی مصرف انرژی در بوم‌نظام‌های فاریاب گندم، ذرت و یونجه به ترتیب ۳/۷۸، ۲/۰۸ و ۴/۲۹ بود. این شاخص معرف تعادل انرژی در سیستم تولیدی و نحوهٔ مصرف انرژی می‌باشد و هر اندازه حجم انرژی ورودی به سیستم افزایش یابد این شاخص کاهش می‌یابد. هر چند کاهش عملکرد به دلایل مختلف نیز موجب کاهش این شاخص خواهد شد. این شاخص در بوم‌نظام‌های تولید یونجه نسبت به دو بوم‌نظام دیگر بیشتر می‌باشد و با توجه به اینکه حجم انرژی ورودی در این بوم‌نظام‌ها کم نیست دلیل اصلی آن عملکرد بیشتر این محصول زراعی است. چون یونجه گیاهی علوفه‌ای است و هدف از کشت آن برداشت کل زیست‌توده گیاهی است بنابراین نسبت به دو بوم‌نظام دیگر انرژی خروجی بالایی دارد و کارایی انرژی آن نیز بیشتر است. مقدار این شاخص در گیاهان و در سیستم‌های مختلف تولید محصولات زراعی متفاوت است. به عنوان مثال، کارایی مصرف انرژی در تولید خیار گلخانه‌ای ۰/۶۴ (Mohammadi & Omid, 2010)، در تولید جو ۲/۸۶ (Gasemei Mobtaker et al., 2010)، ۲۵/۷۵ در تولید چغندرقند (Erdal et al., 2007) و ۲/۸ برای گندم (Canakci et al., 2005) در ترکیه گزارش شده است.

دیگر شاخص مهم که در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفت شاخص بهره‌وری مصرف آب بود که مقدار آن در بوم‌نظام‌های تولید گندم، ذرت و یونجه به ترتیب ۰/۹، ۱/۰۵ و۲/۰۶ کیلوگرم بر مترمکعب بود. این شاخص تحت تأثیر دو فاکتور اصلی یعنی مقدار آب ورودی و مقدار عملکرد اقتصادی محصول زراعی است. در بین سه محصول زراعی در تولید ذرت نسبت به دو محصول دیگر آب بیشتری مصرف می‌شود که دلایلی چند می‌توان باعث این امر باشند از جمله اینکه ذرت گیاهی بهاره است و اوج نیاز آبی آن با گرمای تابستان همراه می‌باشد که این امر نیاز به آبیاری را افزایش می‌دهد. همچنین این گیاه جزء گیاهان چهار کربنه است که نیاز آبی آن از دو گیاه دیگر بیشتر است.

جدول ٤- شاخص‌های انرژی و آب در بوم‌نظام‌های فاریاب گندم،ذرت و یونجه

Table 4- Energy and water indicators in irrigated wheat, corn and alfalfa agroecosystems

شاخص Index	واحد Unit	گندم Wheat	ذرت Corn	یونجه Alfalfa
عملکرد دانه Grain yield	kg	5304.52	9180	0
عملکرد کاه و کلش Straw yield	kg	6483.3	0	0
عملکرد علوفه Alfalfa forage yield	kg	0	0	13510
آب مصرفی Consumed water	m^3	5850	8669.2	6563.7
انرژی ورودی Input energy	$MJ.ha^{-1}$	42052.8	64818.29	55959.59
انرژی ورودی Input energy	$kwh.ha^{-1}$	11681.34	18005.08	15544.33
انرژی خروجی Output energy	$MJ.ha^{-1}$	159017.7	134946	240072.07
کارایی مصرف انرژی Energy use efficiency	$MJ.MJ^{-1}$	3.78	2.08	4.29
بهره‌وری مصرف آب Water productivity	$kg.m^3$	0.9	1.05	2.06
بهره وری انرژی Energy productivity	$kg .MJ^{-1}$	0.13	0.14	0.24
نسبت انرژی آب Water energy ratio	%	0.34	0.36	0.29
بهره‌وری آب انرژی Water-Energy productivity	$g.m^{-3}\times kwh$	0.08	0.06	0.13

از طرف دیگر، هدف از کاشت ذرت در بوم‌نظام‌های مورد مطالعه برداشت دانه می‌باشد که نسبت به علوفه خشک تولید شده دریونجه مقدار عملکرد کمتری دارد. بنابراین، مقدار شاخص بهره‌وری در ذرت در مقایسه با یونجه کمتر می‌باشد.

در این مطالعه همچنین بهره‌وری انرژی نیز محاسبه شد که مقدار آن بر حسب کیلوگرم بر مگاژول بیان می‌شود. مقدار این شاخص در اکوسیتم‌های تولید گندم، ذرت و یونجه به‌ترتیب ۰/۱۳ ، ۰/۱۴ و ۰/۲۴ کیلوگرم بر مگاژول بود. مقدار این شاخص در بوم‌نظام‌های تولید یونجه بیشتر از دیگر بوم‌نظام‌ها بود که نشان‌دهندهٔ این مطلب است که در بوم‌نظام های تولید یونجه در مقایسه با گندم و ذرت به ازای هر مگاژول انرژی ورودی، عملکرد بیشتری حاصل می‌شود. این مقدار برای گندم در ترکیه ۰/۲۶ (Adnan et al., 2009)، برای چغندر ۱/۵۳ (Esengun et al., 2007)، و برای تولید خیار در ایران ۰/۸۰ (Mohammadi and Omid, 2010) گزارش شد. می‌توان با توجه به مقدار این عدد به سرعت در مورد کارآمد بودن سیستم تصمیم گرفت، چون هر اندازه مقدار آن بالاتر باشد به معنای عملکرد بیشتر و انرژی ورودی کمتر است.

نسبت انرژی آب دیگر شاخص مهمی بود که در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفت. این شاخص نشان‌دهنده مقدار انرژی ورودی به ازای آب آبیاری و نیروی لازم برای پمپاژ آن نسبت به کل انرژی ورودی به بوم‌نظام‌های تولید است که بر حسب درصد بیان می‌شود. مقدار این شاخص در بوم‌نظام‌های فاریاب تولید گندم ۳۴ درصد، در بوم‌نظام‌هی تولید ذرت ۳۶ درصد و در بوم‌نظام‌های تولید یونجه ۲۹ درصد بود. به‌طور میانگین، در بوم‌نظام‌های مورد مطالعه بیش از ۳۰ درصد از انرژی ورودی مربوط به انرژی آب بود.

دیگر شاخص مهم در بررسی جریان انرژی در بوم‌نظام‌های زراعی شاخص بهره‌برداری آب- انرژی می‌باشد که از طریق تقسیم عملکرد دانه (عملکرد اقتصادی) بر مقدار آب مصرفی در انرژی ورودی آن به‌دست می‌آید. واحد این شاخص گرم بر مترمکعب در کیلووات ساعت می‌باشد. مقدار این شاخص در بوم‌نظام‌های تولید گندم، ذرت و یونجه به ترتیب ۰/۰۸، ۰/۰۶ و ۰/۱۳ گرم بر مترمکعب‌در کیلووات ساعت بود. این شاخص مقدار تولید عملکرد به ازای مقدار آب و انرژی مصرف شده را نشان می‌دهد. مقدار کم این

شاخص ممکن است اثرات بالای ردپای‌محیطی[1] را نشان دهد (Khan et al., 2009). مقدار این شاخص در بوم‌نظام‌های تولید گندم، برنج و جو به ترتیب برابر با ۰/۵۶، ۰/۰۸ و ۱/۵۰ گرم بر متر مکعب در کیلووات ساعت گزارش شد (Khan et al., 2009). مقدار این شاخص در بوم‌نظام‌های دیم به مراتب بیشتر از بوم‌نظام‌های فاریاب است به دلیل اینکه هم حجم انرژی ورودی و هم مقدار آب مصرفی کم است. بنابراین، در بین سه بوم‌نظام مورد بررسی بوم‌نظام‌های تولید یونجه از لحاظ این شاخص کارآمدتر هستند و همچنین از لحاظ مصرف انرژی نیز کارآمدتر هستند. هر اندازه در سیستم‌های تولید محصولات کشاورزی حجم انرژی ورودی و آب مصرفی کمتر باشد و در مقابل انرژی خروجی بیشتر باشد سیستم‌ها از لحاظ مصرف انرژی کارآمدتر هستند و کمترین اثرات سوء را برمحیط زیست دارند.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که مقدار انرژی مصرفی و حجم مصرف انرژی در بوم‌نظام‌های تولید ذرت بیشتر از بوم‌نظام‌های تولید یونجه و گندم بود. در مقابل مقدار انرژی تولیدی و حجم تولید انرژی در بوم‌نظام‌های تولید یونجه بیش از دو بوم‌نظام دیگر بود. بر این اساس بیشترین کارایی مصرف انرژی مربوط به بوم‌نظام‌های تولید یونجه و کمترین کارایی مربوط به بوم‌نظام‌های تولید ذرت بود. از لحاظ بهره‌وری انرژی و مصرف آب نیز بوم‌نظام‌های تولید یونجه کارآمدتر بودند. در بوم‌نظام‌های فاریاب این استان به‌طور میانگین بیش از ۳۰ درصد از انرژی ورودی مربوط به انرژی آب (آب مصرفی و نیروی الکتریسیته لازم برای پمپاژ آن) بود. مقدار شاخص بهره‌وری آب- انرژی در بوم‌نظام‌های تولید یونجه بیش از سه برابر دو بوم‌نظام دیگر بود که این موضوع حاکی از کارآمد بودن مصرف نهاده‌های انرژی و آب در این بوم‌نظام نسبت به دیگر بوم‌نظام‌های استان کرمانشاه است. در بوم‌نظام‌های فاریاب می‌توان با اجرای مدیریت زراعی درست از جمله تعیین بهترین تاریخ کاشت به منظور همزمانی بیشتر نیاز آبی گیاه زراعی و بارندگی‌های به منظور کاهش تعدادآبیاری‌ها، رعایت تناوب زراعی به‌منظور تأمین حاصلخیزی خاک و کنترل شیوع آفات و بیماری‌ها و علف‌های هرز به منظور کاهش مصرف کود و دیگر نهاده‌های شیمیایی، استفاده از ماشین‌آلات چندکاره به منظور صرفه جویی در سوخت و استهلاک کمتر ماشین‌آلات، استفاده از کودهای آلی و همچنین استفاده از سیستم‌های آبیاری کارآمد در کاهش وابستگی سیستم‌های تولید به انرژی‌های ورودی تجدید ناپذیر موثر واقع شد. با مدیریت صحیح و کارآمد مصرف نهاده‌ها از جمله منابع آبی علاوه بر حفظ منابع، می‌توان به تولید مطلوب دست یافت و از اثرات سوء مصرف بیش از حد منابع انرژی از جمله سوخت‌های فسیلی و سایر نهادهای شیمیایی بر محیط زیست جلوگیری به عمل آورد و با کاهش ردپای محیطی پایداری بوم‌نظام‌های تولید را تضمین نمود.

1- Environmental Footprint

منابع

1- Adnan, C., Altınta, G., and Erdal, G. 2009. Energy consumption patterns and economic analysis of irrigated wheat and rainfed wheat production: Case study for Tokat region. Turkey Journal of Food, Agriculture and Environment 7 (3 and 4): 639-6 44.

2- Ahmad, A., and Khan, S. 2009. On comparison of water and energy productivities in pressurized irrigation systems. 18th World IMACS / MODSIM Congress, Cairns, Australia 13-17 July. 2776-2782.

3- Alam, M.S., Alam, M.R. and Islam, K.K. 2005. Energy Flow in Agriculture: Bangladesh. American Journal of Environmental Sciences 1(3): 213–220.

4- Bala, B.K., and Hussain, M.D. 1992. Energy Use Pattern for Crop Production in Bangladesh 9(1): 23-25.

5- Canakci, M., Topakci, M., Akinci, I., and Ozmerzi, A. 2005. Energy use pattern of some field crops and vegetable production: case study for Antalya region, Turkey. Energy Conversion and Management 46: 655–660.

6- Demircan, V., Ekinci, K., Keener, H.M., Akbolat, D., and Ekinci, C. 2006. Energy and economic analysis of sweet cherry production in Turkey: A case study from Isparta province. Energy Conversion and Management 47: 1761-1769.

7- Erdal, G., Esengun, K., Erdal, H., and Gunduz, O. 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. Energy 32: 35–41.

8- Esengun, K., Gunduz, O., and Erdal, G. 2007. Input–output energy analysis in dry apricot production of Turkey. Energy Conversion and Management 48: 592–598.

9- Hatirli, S.A., Ozkan, B., and Fert, K. 2005. An econometric analysis of energy input/output in Turkish agriculture, Renewable and Sustainable Energy Reviews 9: 608-23.

10- Hoeppner, J.W., Entz, M.H., McConkey, B.G., Zentner, R.P., and Nagy, C.N. 2005. Energy use and efficiency in two Canadian organic and conventional crop production systems. Renewable Agriculture and Food Systems 21(1): 60–67.

11- Khan, S., Khan, M.A., Hanjra, M.A., and Mu, J. 2009. Pathways to reduce the environmental footprints of water and energy input in food production. Food Policy 34: 141-149.

12- Mobtaker, HG., Keyhani, A., Mohammadi, A., Rafiee, S., and Akram, A. 2010. Sensitivity analysis of energy inputs for barley production in Hamedan Province of Iran. Agric Ecosyst Environ 137(3-4): 367-372.

13- Mohammadi, A., and Omid, M. 2010. Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. Applied Energy 87: 191–196.

14- Mohammad, A., Rafiee, S., Mohtasebi, S.S., and Rafiee, H. 2010. Energy inputs– yield relationship and cost analysis of kiwifruit production in Iran. Renewable Energy 35: 1071–1075.

15- Mousavi-Avval, S., Rafiee, H., and Jafari, S. 2010. A comparative study on water and energy indicators for irrigated and rain-fed canola production systems in Iran. Journal of sustainable energy and environment 1: 197-201.

16- Ozkan, B., Kuklu, A., and Akcaoz, H. 2004. An input–output energy analysis in greenhouse vegetable production: a case study for Antalya region of Turkey. Biomass Bioenerg 26: 89–95.

17- Rafiee, S., Mousavi avval, S.H., and Mohammadi, A. 2010. Modeling and sensitivity analysis of energy inputs for apple production in Iran. Energy 35(8): 3301-3306.

18- Samavatean, N., Rafiee, S., Mobil, H., and Mohammadi, A. 2010. An analysis of energy use and relation between energy inputs and yield, costs and income of garlic production in Iran. Renewable Energy (In press). doi:10.1016/j.renene 2010.11.020.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۲، ص. ۱۳۳-۱۲۲

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 2, Summer 2013, p. 122-133

ارزیابی اثرات زیست محیطی کاربرد آفتکش‌ها در نظام‌های مختلف تولید چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) در استان‌های خراسان

امیر بهزاد بذرگر*[۱]، افشین سلطانی[۲]، علیرضا کوچکی[۳]، ابراهیم زینلی[۴] و علیرضا قائمی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۳/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۸/۲۰

چکیده

ساماندهی برنامه‌های مدیریت آفات از دیدگاه محیط زیست و تغییر سمت و گرایش آنها به سوی برنامه‌های با کمترین مخاطرات زیست محیطی یکی از مهمترین اولویت‌های متخصصین مرتبط با تولید غذا به ویژه در کشورهای در حال توسعه است. این مطالعه تأثیرات زیست محیطی مصرف آفتکش‌ها در نظام‌های مختلف تولید چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) را با استفاده از روش شاخص تأثیر زیست محیطی (Environmental Impact Quotient) یا EIQ در استان‌های خراسان به‌عنوان بزرگترین منطقه تولید این محصول استراتژیک در کشور ارزیابی کرده است. در این مطالعه، اطلاعات مربوط به کلیه سموم مورد استفاده در ۲۶ منطقه از ۱۱ ناحیه جغرافیایی در استان‌های خراسان (استان‌های خراسان شمالی، رضوی و جنوبی) در سه نظام تولید سنتی، نیمه‌مکانیزه و مکانیزه چغندرقند جمع‌آوری شد. بر اساس شاخص EIQ که نشان‌دهنده متوسط فشار زیست محیطی وارد بر سه جزء کارگران مزرعه‌ای، مصرف‌کنندگان وجزء اکولوژیک است، در هر سه نظام تولید چغندرقند در استان‌های خراسان، بیشترین اثر منفی کاربرد آفتکش‌ها مربوط به جزء اکولوژیک یعنی اثر بر موجودات زنده بوم‌نظام بود. این تحقیق نشان داد که افزایش استفاده از آفتکش‌ها در مزرعه به لحاظ تنوع سموم و مقدار کمی ماده مؤثره رابطه‌ای با عملکرد ندارد. همچنین با افزایش مکانیزاسیون در تولید چغندرقند مقدار فشار زیست محیطی وارد شده در مزرعه افزایش می‌یابد، اما با در نظر گرفتن میزان تولید هر یک از نظام‌های تولید چغندر، آسیب‌های زیست محیطی ایجاد شده به ازای یک تن چغندرقند تولید شده در نظام‌های مکانیزه ۳۳ درصد کمتر از نظام‌های سنتی بود. بنابراین، به نظر می‌رسد که امکان بهبود کارکرد زیست محیطی تولید چغندرقند با کاهش مصرف یا جایگزینی سموم شیمیایی همراه با حفظ و یا افزایش عملکرد اقتصادی وجود داشته و تمایل نظام‌های تولید چغندرقند به سوی نظام‌های مکانیزه‌تر و پر تولیدتر می‌تواند در مقیاس ملی هزینه‌های زیست محیطی تولید داخلی را کمتر و در مقیاس جهانی نیز از بار زیست محیطی ناشی از حمل و نقل تولید غیرمحلی جلوگیری نماید.

واژه‌های کلیدی: بار زیست محیطی، سمیت اکولوژیک، سمیت انسانی، شاخص تأثیر زیست محیطی

مقدمه

در کشورهای در حال توسعه کشاورزان کاربرد آفتکش‌ها را یکی از مهمترین راه‌های بهبود تولید و از سویی ضامن افزایش درآمد می‌دانند. بر اساس آمار ارائه شده توسط سازمان خواربار جهانی (به نقل از Snelder et al., 2008)، حدود ۵۵ درصد از کل ذخایر بالقوه غذایی بشر پیش (۳۵ درصد) و یا پس از برداشت (۲۰ درصد) توسط آفات زراعی از دست می‌روند. تلفات محصولات زراعی در کشورهای در حال توسعه بیش از سه برابر کشورهای توسعه یافته بوده و به ۷۵ درصد می‌رسد. افزایش قیمت تولیدات غذایی ناشی از این تلفات برخی از متخصصین را متقاعد ساخته است که فشرده‌سازی کشاورزی بر پایه فن‌آوری تولید باید به عنوان یک راهبرد برای کاهش فقر و افزایش امنیت غذایی به طور گسترده‌ای توسط کشاورزان خرده‌پا مورد استفاده قرار گیرد (Snelder et al., 2008).

از سوی دیگر، اتکای کشاورزان به آفتکش‌ها که بخش قابل توجهی از هزینه‌های تولید را در بر می‌گیرد، به مخاطره افتادن سلامت انسانی و سلامت بوم‌نظام‌های کشاورزی به‌طور مستقیم و غیرمستقیم که همگی از پیامدهای ورود آفتکش‌ها به مزارع است، نگرش بالا را به چالش کشیده است. آبشویی آفتکش‌ها از طریق رواناب سطحی و زهکش عمقی و ورود به اتمسفر در اثر بادبردگی،

۱، ۲، ۳، ۴ و ۵- به ترتیب استادیار گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نیشابور، استاد گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، استاد گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، استادیار گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، استادیار بخش تحقیقات چغندرقند، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
(*- نویسنده مسئول: E-mail: abbarzgar@yahoo.com)

سلامت کشاورزان، کارگران مزرعه و مصرف‌کنندگان محصولات کشاورزی را مورد تهدید جدی قرار داده است (Matthews et al., 2003). همچنین تکرار استفاده از ترکیبات شیمیایی اثرات منفی بر توزیع گونه‌های گیاهی، جانوری و ریز موجودات زنده داشته و تنوع زیستی زیر و روی خاک را در بوم‌نظام‌های کشاورزی و محیط‌های اطراف آنها تخریب کرده است (Larson et al., 2005).

خصوصیات ویژه اقلیمی و اجتماعی (مانند درجه حرارت‌های بالا و سوء تغذیه جوامع) از سویی و شرایط نامطلوب حفاظتی و مکانیزاسیون کاربرد آفتکش‌ها در کشورهای در حال توسعه نظیر ایران سبب شده است که این کشورها علیرغم سهم کمتر در مصرف آفتکش‌های تولید شده در دنیا، حساسیت بیشتری نسبت به مصرف این ترکیبات داشته و بیشتر متاثر از سمیت‌های حاصل از آنها باشند (Snelder et al., 2008). نتایج برخی مطالعات نشان داده است که جوامع با درآمد کمتر شدیداً با این عدم تناسب مصرف و آلودگی زیست محیطی درگیرند (Simunovic, 2003).

ساماندهی برنامه های مدیریت آفات از دید محیط زیست و تغییر سمت و گرایش آنها به سوی برنامه‌های با کمترین مخاطرات زیست محیطی امروزه یکی از مهمترین نگرانی‌های متخصصین مرتبط با تولید غذا است که ضرورت آن در کشور های در حال توسعه بیشتر احساس می‌شود. مولفه‌های زراعی، مدیریتی و اقتصادی متعددی در گزینش برنامه‌های راهبردی مدیریت آفات در نظر گرفته می‌شود. اثرات زیست محیطی آفتکش‌های مورد استفاده نیز یکی از عوامل مؤثر بر تصمیم‌گیری‌های مدیریت آفات است. یکی از روش‌های ارزیابی اثرات زیست محیطی آفتکش‌ها، استفاده از روش EIQ[1] یا شاخص تأثیر زیست محیطی آفتکش‌ها است که با ارزیابی پتانسیل آبشویی و تلفات سطحی، نیمه عمر خاک و گیاه و اثرات سمی ترکیبات شیمیایی مورد استفاده در مزرعه بر گروه‌های مختلف موجودات زنده، تخمینی از میزان خطرات بالقوه مواد مؤثره آفتکش‌ها را ارائه می‌دهد (Kovach et al., 2010).

در مطالعات بسیاری از EIQ برای مقایسه آسیب‌های زیست محیطی آفتکش‌های مختلف و یا نظام‌های تولیدی متفاوت استفاده شده است (Brimner et al., 2005; Deihimfard et al., 2007; Sikkema et al., 2007; Soltani et al., 2007&2010) . از این روش همچنین برای ارائه یک معیار کمی به کشاورزان و سیاست-گزاران بخش کشاورزی استفاده می‌شود تا انجام مقایسات مختلف را تسهیل نماید. تعیین آفتکش‌ها و یا ترکیباتی از آفتکش‌های مختلف که بتواند همزمان با مدیریت آفات، کمینه آسیب‌های زیست محیطی را با بیشینه عملکرد به همراه آورد، مورد توجه تولیدکنندگان چغندرقند در استان‌های خراسان خواهد بود.

این مطالعه تأثیرات زیست محیطی مصرف آفتکش‌ها در مزارع تولید چغندرقند در استان‌های خراسان به‌عنوان بزرگترین منطقه تولید این محصول استراتژیک در کشور را با استفاده از روش EIQ ارزیابی کرد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه داده‌های مربوط به تولید چغندرقند در سه نظام تولید سنتی، نیمه‌مکانیزه و مکانیزه در ۲۶ منطقه در ۱۱ ناحیه جغرافیایی در خراسان (استان‌های خراسان شمالی، رضوی و جنوبی) مورد بررسی قرار گرفت. اطلاعات تفصیلی و ویژگی های آنها در جدول ۱ ارائه شده است. اطلاعات مربوط به کلیه سموم مورد استفاده در این مکان نظام‌ها جهت مبارزه و مدیریت آفات (از جمله حشرات و کنه‌های خسارت‌زا، قارچ‌های بیماری‌زا و علف‌های هرز) بر حسب نوع سم، تعداد سمپاشی و غلظت ماده مؤثره جمع‌آوری شد (جدول ۲).

برای ارزیابی اثرات زیست محیطی آفتکش‌های مورد استفاده در این مطالعه از روش EIQ (شاخص تأثیر زیست محیطی آفتکش‌ها) استفاده شد (Kovach et al., 1992; Kovach et al., 2004; Kovach et al., 2010). در روش EIQ میزان سمیت (شامل سمیت‌های مزمن، پوستی، سمیت برای ماهی‌ها، پرندگان، بندپایان و زنبورهای عسل)، آبشویی و تلفات سطحی بالقوه، و نیمه عمر خاک و گیاه برای تخمین میزان آسیب‌رسانی زیست محیطی مواد مؤثره آفتکش‌های مربوطه مد نظر قرار می‌گیرد (Soltani et al., 2010). مقدار عددی EIQ میانگین سه جزء اصلی آسیب شامل آسیب بالقوه برای سلامت کارگران مزرعه، آسیب بالقوه برای مصرف‌کنندگان ازطریق اثر مستقیم مواد سمی باقیمانده در محصولات غذایی و یا از طریق آلودگی آب‌های زیر زمینی و اثرات منفی بالقوه برای محیط زیست شامل موجودات زنده آبزی و خشکی‌زی را نشان می‌دهد. جزییات محاسبه هر یک از این سه بخش توسط کواچ و همکاران (Kovach et al., 1992) ارائه شده است. بدین ترتیب مدل EIQ مجموعه اطلاعات اثرات زیست محیطی مصرف آفتکش‌ها به صورت یک عدد از طریق معادله‌ای مبتنی بر سه جزء اصلی گفته شده را ارائه می‌دهد. تعیین مقدار EIQ برای هر آفتکش با استفاده از معادله (۱) در زیر ارائه شده است (Stenrød et al., 2008).

معادله (۱)

$$EIQ = \{C\,[(DT \times 5) + (DT \times P)] + [(C \times ((S + P)/2) \times SY) + (L)] + [(F \times R) + (D \times ((S + P)/2) \times 3) + (Z \times P \times 3) + (B \times P \times 5)]\}/3$$

که در این معادله، DT: سمیت پوستی، C: سمیت مزمن، SY: سیستمیک بودن، F: سمیت برای ماهی‌ها، L: پتانسیل آبشویی، R: پتانسیل تلفات سطحی، D: سمیت برای پرندگان، S: نیمه عمر خاک، Z: سمیت برای زنبور عسل، B: سمیت برای بند پایان سودمند و P: نیمه عمر سطح گیاه است.

مقادیر EIQ و سه جز آن برای هر آفتکش توسط کواچ و همکاران (Kovach et al., 2010) ارائه شده است. لازم به ذکر است که برای علف‌کش گالانت مقدار EIQ یافت نشد. دلیل این امر احتمالا به خطرات سمیت شدید مصرف این علف‌کش در امریکا و بسیاری از کشورهای اروپایی دیگر مربوط می‌باشد. بنابراین، میانگین مقادیر متوسط علف‌کش‌ها برای EIQ کل و اجزای آن استفاده شد که احتمالاً این مقدار از مقدار واقعی اثر گالانت کمتر است. از این روش در برخی دیگر از پژوهش‌ها برای محاسبه EIQ استفاده شده است (Bindraban et al., 2009; Fisher & Tozer, 2009).

همچنین برای قارچ‌کش کربوکسین- تیرام که جهت ضدعفونی کردن بذرهای پلی ژرم IC استفاده شده است، میانگین EIQ کربوکسین (ویتاواکس) و تیرام و برای حشره‌کش تاچیگارن که در ضدعفونی کردن بذرهای وارداتی استفاده می‌شود و برای علف‌کش گلتیکس از میانگین مقادیر آفتکش‌های کلاس مربوطه استفاده شد.

پس از محاسبه مقادیر EIQ بر اساس ماده مؤثره هر آفتکش و برای مقایسه اثرات زیست محیطی بین آفتکش‌ها و برنامه‌های مختلف مدیریت آفات، شاخص EIQ نرخ کاربرد مزرعه[1] (EIQ-FUR) از حاصلضرب مقدار EIQ در میزان ماده مؤثره هر آفتکش و مقدار مصرف آفتکش در مزرعه محاسبه گردید (Soltani et al., 2011). در نهایت، مقادیر EIQ-FUR برای آفتکش‌های مختلف بکار رفته در هر مکان نظام، برای تعیین اثرات زیست محیطی هر استراتژی و نظام تولیدی در مدیریت آفات جمع زده شدند.

تجزیه داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی نامتعادل انجام شد و در آن هر نظام تولیدی (مکانیزه، نیمه‌مکانیزه و سنتی) به‌عنوان یک تیمار و هر منطقه به عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد. مقایسات میانگین‌های حسابی در صورت معنی‌داری آزمون F با استفاده از آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD)[2] در سطح احتمال یک درصد انجام شد. تجزیه‌های آماری مورد نیاز با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.1 انجام شد (SAS Institute Inc, 2003).

نتایج و بحث

شکل ۱ نشان دهنده تنوع فراوان در میزان شاخص EIQ و اجزای آن در بین آفتکش‌های مورد استفاده در مزارع چغندرقند استان‌های خراسان است. بیشترین مقدار EIQ در بین آفتکش‌های مورد استفاده برای حشره‌کش متاسیستوکس– آر (۷۵/۰۳) و بازودین (۴۴/۰۳) بود و علف‌کش پیرامین (۱۶/۰۱) و حشره‌کش مچ (۱۶/۲۹) نیز به ترتیب دارای کمترین مقدار این شاخص بودند (شکل ۱– a). همچنین حشره‌کش متاسیستوکس– آر (۸۰) دارای بیشترین اثر بر کارگران مزرعه بود و کمترین این جز مربوط به حشره‌کش دورسبان (۶) بود (شکل ۱– b). در بین گروه‌های مختلف آفتکش، قارچ‌کش ها دارای بیشترین اثر در جزء مصرف‌کنندگان بودند (شکل ۱– c). به لحاظ اثرات اکولوژیک نیز حشره‌کش‌های متاسیستوکس–آر و بازودین به ترتیب با ۱۲۸/۱ و ۱۲۲/۷۵ دارای بیشترین آسیب‌رسانی و علف-کش‌های رونیت و مچ به ترتیب با ۳۳ و ۳۳/۶۳ دارای کمترین آسیب‌رسانی بودند (شکل ۱ a– d).

بنابراین، می‌توان دو حشره‌کش متاسیستوکس–آر و بازودین را پر مخاطره ترین آفتکش‌های مورد استفاده برای محیط زیست در تولید چغندرقند در استان‌های خراسان دانست.

در هر سه نظام تولید چغندرقند در استان‌های خراسان، بیشترین اثر منفی کاربرد آفتکش‌ها مربوط به جزء اکولوژیک یعنی اثر بر موجودات زنده بوم‌نظام بود (شکل ۲)، اما با مکانیزه شدن نظام تولیدی سهم این جزء کم شد به طوریکه از ۸۶/۲ درصد در نظام‌های سنتی به ۷۸/۴ درصد در نظام‌های مکانیزه کاهش یافت. همچنین در هر سه نظام تولیدی کمترین سهم اثر منفی کاربرد آفتکش‌ها مربوط به جزء اثر مصرف‌کنندگان و آبشویی بود. سهم این جزء در نظام‌های سنتی (۴/۹ درصد) نسبت به نظام‌های مکانیزه (۷/۵۸ درصد) و نیمه-مکانیزه (۷/۵۹ درصد) کمتر بود. سلطانی و همکاران (Soltani et al., 2011) و بوئس و همکاران (Bues et al., 2004) نیز بیشترین اثر منفی کاربرد آفتکش‌ها را به ترتیب مربوط به جزء اکولوژیکی، کارگران مزرعه و مصرف‌کنندگان و آبشویی دانسته‌اند.

جدول ۳ تجزیه واریانس شاخص‌های اثرات زیست محیطی کاربرد آفتکش‌ها حاصل از مدل EIQ و عملکرد غده چغندرقند تصحیح شده بر اساس ۱۶ درصد عیار قند در نظام‌های مختلف تولید چغندرقند در استان‌های خراسان را نشان می‌دهد. نتایج بیانگر آن بود که به جز در مورد عملکرد، بین نظام‌های مختلف تولید تفاوت معنی-داری در سایر شاخص‌ها یعنی EIQ مزرعه‌ای (EIQ-FUR) و سه جزء آن یعنی اثر برکارگران مزرعه[3] (W-FUR)، اثر بر مصرف-کنندگان و آبشویی[4] (CL-FUR) و اثرات اکولوژیک بر موجودات زنده[5] (E-FUR)، EIQ-FUR برای تیمار بذر، EIQ-FUR برای حشره کش ها، EIQ-FUR برای قارچ کش ها، EIQ-FUR برای علف کش ها وEIQ-FUR به ازای یک تن چغندرقند (تصحیح شده برای عیار قند ۱۶ درصد) مشاهده نشد. اگرچه این تفاوت‌ها در برخی شاخص‌ها در سطوح معنی‌داری کمی بالاتر معنی‌دار بود (جدول ۳).

1- EIQ Field Use Rate
2- Least significant differences

3- Worker- Field Use Rate
4- Consumer and Leaching- Field Use Rate
5-Ecological- Field Use Rate

جدول ۱- مکان نظام‌های تولید چغندرقند ارزیابی شده در استان‌های خراسان

Table 1- Sugar beet production system/locations evaluated in Khorasan provinces, Iran

کد مکان/نظام System/Location code	منطقه جغرافیایی Geographic region	نوع نظام تولید production System type[1]	منطقه نماینده Location Represented by:	عرض/طول جغرافیایی *latitude/longitude*	ارتفاع (متر از سطح دریا) Altitude (m asl.)	نوع خاک Soil type	شاخص بارندگی (میلی‌متر در سال) Rainfall index (mm.year^{-1})	میانگین دما (درجه سانتی- گراد) Average air temperature (^{o}C)	میانگین مساحت مزرعه (هکتار) Average farm size (ha)	نوع رقم کشت شده Cultivar
1	مشهد Mashhad	M*	توس Toos	36^{0} 26 N/59^{0} 33E	1020	لوم Loam	248.6	15.3	14	دوروتا Dorotea
2	مشهد Mashhad	S	ناظر آباد Nazer abad	36^{0} 25 N/59^{0} 29E	1029	لومی شنی Loamy sand	248.6	15.3	3	اربیس Orbis
3	مشهد Mashhad	T	غازقان Qazqan	36^{0} 14 N/59^{0} 52E	906	لومی رسی Loamy clay	248.6	15.3	2	آی. سی IC.
4	چناران Chenaran	M	حکیم آباد Hakim abad	36^{0} 46 N/59^{0} 53E	1180	رسی لومی Clay loam	210.5	13.4	50	لاتیتیا Laetitia
5	چناران Chenaran	S	نوبهار Nowbahar	36^{0} 35 N/59^{0} 13E	1157	لوم Loam	210.5	13.4	3	لاتیتیا Laetitia
6	چناران Ghoochan	M	آلماجق Almajeq	36^{0} 53 N/58^{0} 43E	1256	لومی شنی Loamy sand	311.1	12.9	90	پرسیا Persia
7	شیروان Shirvan	M	خرم آباد Khoram abad	37^{0} 20 N/58^{0} 07E	1141	لوم Loam	311.1	12.9	13	کاستیل Castille
8	شیروان Shirvan	S	دوین Devin	37^{0} 18 N/58^{0} 02E	1137	لومی رسی Loamy clay	311.1	12.9	5	بریجیتا Brigitta
9	شیروان Shirvan	T	شوقان Shoghan	37^{0} 18 N/56^{0} 48E	1222	لومی رسی Loamy clay	272.4	13.1	7	آی. سی IC.
10	نیشابور Neshabur	M	حمید آباد Hamid abad	36^{0} 11 N/58^{0} 55E	1305	لومی شنی Loamy sand	235	14.3	30	دوروتا Dorotea
11	نیشابور Neyshabur	S	همت آبادHemat abad	36^{0} 08 N/58^{0} 39E	1108	سیلتی لومی Silt loam	235	14.3	15	پی پی ۲۲ PP22
12	نیشابور Neyshabur	T	شوری Shoori	36^{0} 17 N/58^{0} 39E	1168	لومی رسی Loamy clay	235	14.3	1.2	آی. سی IC.
13	فریمان Fariman	M	فریمان Fariman	35^{0} 39 N/59^{0} 50E	1455	لومی شنی Loamy sand	244.5	12.4	15	پائولینا Paulina
14	فریمان Fariman	S	کاریزان Karizan	35^{0} 30 N/60^{0} 12E	1187	لوم Loam	244.5	12.4	1.75	پرسیا Persia
15	فریمان Fariman	T	لوشاب Loshab	35^{0} 38 N/59^{0} 48E	1495	لومی شنی Loamy sand	244.5	12.4	2	آی. سی IC.

16	تربت حیدریه Torbat Heydariye	M	کدکن Kadkan	35^0 39 N/58^0 51E	1629	لومی شنی Loamy sand	258.5	14	9	بریجیتا Brigitta
17	تربت حیدریه Torbat Heydariye	S	سنبله رخ Sonbole rokh	35^0 37 N/59^0 16E	1663	لوم Loam	227.9	11.16	2	پائولینا Paulina
18	تربت حیدریه Torbat Heydariye	T	زاوه Zaveh	35^0 16 N/59^0 25E	1344	لوم Loam	258.5	14	0.4	آی. سی IC.
19	تربت جام Torbat Jam	M	بوژگان Bujgan	35^0 09 N/60^0 49E	809	لوم Loam	176.4	15.7	200	بریجیتا Brigitta
20	تربت جام Torbat Jam	S	صالح آباد Saleh abad	35^0 49 N/60^0 48E	971	لوم Loam	176.4	15.7	7	دوروتا Dorotea
21	سبزوار Sabzevar	M	جوین Jovein	36^0 41 N/57^0 15E	1113	شنی لومی Sandy loam	204.9	14.23	25	پائولینا Paulina
22	سبزوار Sabzevar	S	حکم آباد Hokm abad	36^0 37 N/57^0 33E	1098	سیلتی لومی Silt loam	204.9	14.23	1.75	فلورس Flores
23	سبزوار Sabzevar	T	سلطان آباد Soltan abad	36^0 26 N/58^0 02E	1169	لومی سیلتی Loamy silt	204.9	14.23	3	آی. سی IC.
24	سرخس Sarakhs	S	کندکلی Kandakly	36^0 35 N/61^0 03E	276	لومی رسی Loamy clay	190.6	18	1	آی. سی IC.
25	بیرجند Birjand	S	سربیشه Sarbishe	32^0 39 N/59^0 46 E	1480	لوم Loam	167.2	16.4	2	فیاما Fiamma
26	بیرجند Birjand	T	طبس مسینا Tabas e Masina	32^0 57 N/59^0 58 E	1480	لومی رسی Loamy clay	167.2	16.4	1	آی. سی IC.

*M، S و T: به ترتیب نشاندهنده نظام‌های مکانیزه، نیمه‌مکانیزه و سنتی هستند.

* M, S and T: are mechanized, semi-mechanized and traditional systems, respectively.

برای در نظر گرفتن سهم هر یک از نظام‌های تولیدی در ایجاد اثرات زیست محیطی در تولید چغندرقند در استان‌های خراسان، میانگین وزنی هر شاخص بر اساس نسبت سطح زیر کشت هر مکان نظام نسبت به سطح زیر کشت نظام مربوطه در استان‌های خراسان محاسبه و مقایسه شد (جدول ۴).

کمترین میزان میانگین وزنی EIQ-FUR هنگامی مشاهده شد که تولید چغندرقند به صورت سنتی انجام شد (جدول ۴). نتایج این مطالعه نشان داد که با افزایش مکانیزاسیون مقدار EIQ-FUR افزایش داشت.

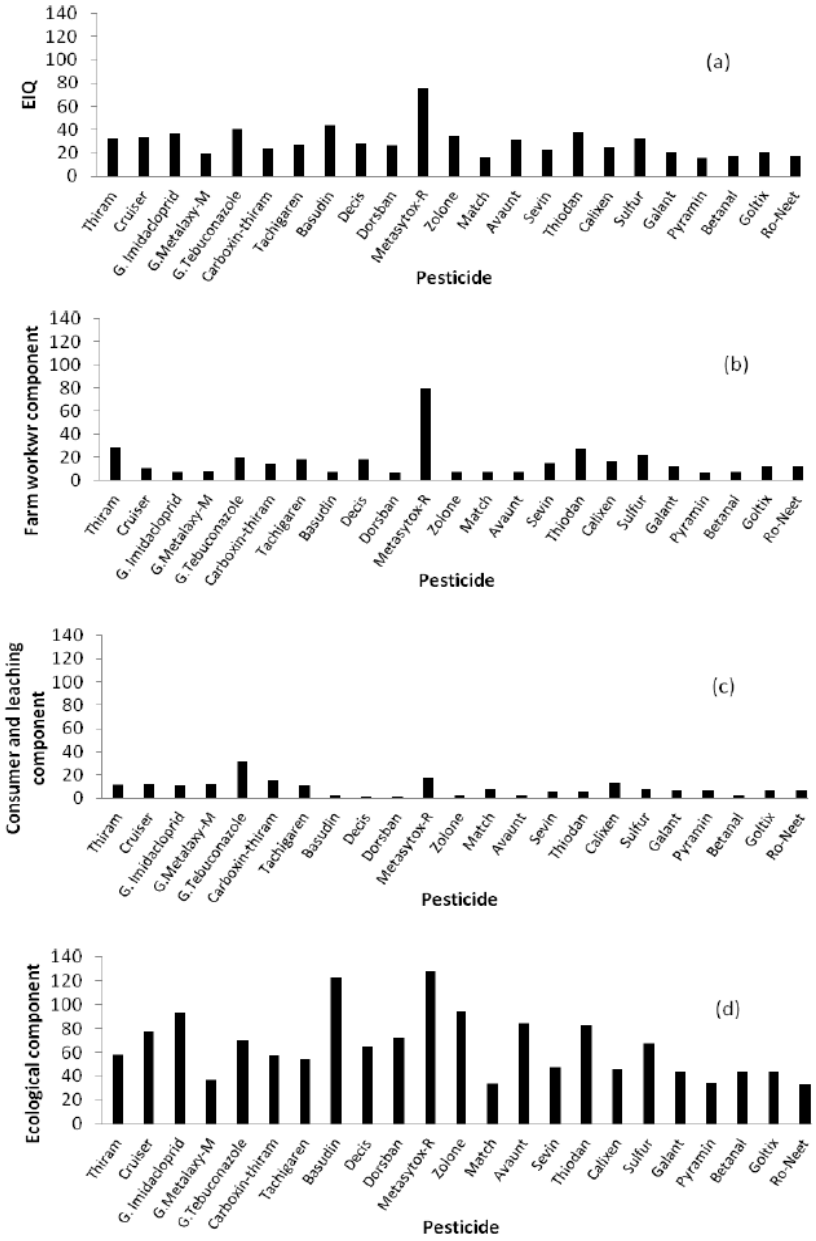
افزایش تنوع آفتکش‌های مورد استفاده در نظام‌های مکانیزه‌تر (از هشت آفتکش در نظام‌های سنتی تا ۱۸ آفتکش در نظام‌های مکانیزه) و همچنین بیشتر بودن مقدار مصرف کلی آفتکش‌ها در مزارع تولید چغندرقند به روش مکانیزه می‌تواند از دلایل این امر باشد. میزان مصرف کلی آفتکش‌ها در نظام‌های سنتی، نیمه‌مکانیزه و مکانیزه به ترتیب ۲/۷، ۴/۳ و۵/۷ کیلوگرم ماده مؤثر در هکتار بود. در نظام‌های سنتی به ویژه برای مدیریت علف‌های هرز به جای مبارزه شیمیایی از نیروی انسانی استفاده شده است؛ به طوریکه از پنج علف‌کش مورد استفاده در تولید چغندرقند در استان‌های خراسان در نظام‌های سنتی تنها از بتانال استفاده شد و میانگین وزنی EIQ-FUR برای این علف‌کش در نظام‌های سنتی ۵۴۲ بود. در نظام‌های نیمه‌مکانیزه چهار علف‌کش از پنج علف‌کش مورد استفاده، مورد استفاده قرار گرفت (به جز رونیت) که علف‌کش پیرامین با EIQ-FUR معادل ۳۱۱۵۲ بیشترین مقدار این شاخص را داشت. همچنین در نظام‌های مکانیزه از هر پنج علف‌کش استفاده شد و بیشترین مقدار EIQ-FUR (۲۸۴۱۲) برای علف‌کش گلتیکس مشاهده شد. به طور کلی، بیشترین مقدار میانگین وزنی EIQ-FUR برای علف‌کش‌ها در نظام‌های مکانیزه مشاهده شد (۶۳۱۶۷) که ۱/۹ میانگین EIQ-FUR برای علف‌کش-ها در تولید چغندرقند در استان‌های خراسان بود. این در حالی است که مقدار EIQ-FUR برای علف کش‌ها در نظام‌های سنتی (۵۴۲) کمتر از ۰/۰۲ مقدار میانگین بود.

اگر چه در هر دو نظام‌های مکانیزه و سنتی چهار حشره‌کش از نه حشره‌کش به کار رفته در تولید چغندرقند استان‌های خراسان استفاده شد، اما مقدار میانگین وزنی EIQ-FUR برای حشره‌کش‌ها در نظام-های سنتی (۷۱۹۰۵) کمی بیش از نظام‌های مکانیزه (۶۲۰۹۹) بود.

جدول ۲- نوع و میانگین وزنی میزان مصرف آفتکش‌ها در نظام‌های مختلف تولید چغندرقند در استان‌های خراسان

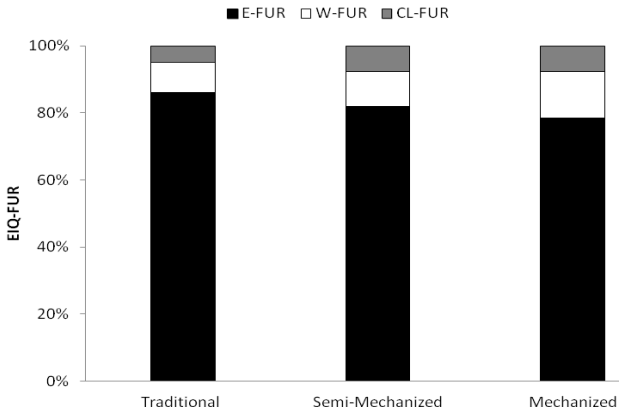
Table 2- Type and weighted average of pesticides used in different sugar beet production systems in Khorasan provinces, Iran

کلاس Class	آفتکش Pesticide	نام عمومی General name	ماده مؤثره Active substances	میزان مصرف (کیلوگرم در هکتار) Amount of consumption (Kg.ha $^{-1}$)			
				سنتی Traditional	نیمه‌مکانیزه Semi-Mechanized	مکانیزه Mechanized	میانگین Average
حشره‌کش و قارچ‌کش مصرف شده برای ضدعفونی بذر Insecticides andfungicides used for seed treatment	تیرام Thiram	Thiram	0.6	0	0.01	0.08	0.02
	کرویزر Cruiser	Thiametoxam	0.6	0	0.01	0.01	0.01
	گاوچو Gaucho	Imidacloprid	0.127	0	0.07	0.02	0.04
	گاوچو Gaucho	Metalaxyl-M	0.0082	0	0.07	0.02	0.04
	گاوچو Gaucho	Tebuconazole	0.0062	0	0.07	0.02	0.04
	کربوکسین تیرام Carboxin-thiram	Carboxin-Thiram	0.6	0.25	0	0	0.06
	تاچیگارن Tachigaren	Hymexazol	0.7	0	0.03	0.03	0.02
حشره‌کش Insecticide	بازودین Basudin	Diazinon	0.6	1.20	1.83	1.35	1.58
	دسیس Decis	Deltamethrin	0.025	0.27	0	0.01	0.06
	دورسبان Dorsban	Chlorpyrifos	0.408	2.18	0.64	0.81	1.04
	متاسیستوکس آر Metasytox-R	Oxydemeton-Methyl	0.25	0	0	0.19	0.04
	زولون Zolone	Phosalone	0.35	1.23	0.19	1.16	0.65
	مچ Match	Lufenuron	0.05	0	0.09	0	0.05
	آوانت Avaunt	Indoxacarb	0.15	0	0.16	0	0.09
	سوین Sevin	Carbaryl	0.43	0.13	0.05	0	0.05
	تیودان Thiodan	Endosulfan	0.35	0	0.10	0	0.05
قارچ‌کش Fungicide	کالیکسین Calixen	Tridemorph	0.75	0.55	0.58	0.40	0.53
	سولفور Sulfur	Sulfur	0.8	0	0.19	0.39	0.19
علف‌کش Herbicide	گالانت Galant	Haloxyfop	0.125	0	0.34	0.59	0.31
	پیرامین Pyramin	Chloridazon	0.8	0	2.43	1.12	1.57
	بتانال Betanal	Desmedipham	0.175	0.19	0.94	3.10	1.24
	گلتیکس Goltix	Metamitron	0.7	0	0.02	1.95	0.44
	رونیت Ro-Neet	Cycloate	0.73	0	0	0.81	0.18



شکل ۱- اثر آفتکش‌های استفاده شده در نظام‌های مختلف تولید چغندرقند در استان‌های خراسان بر اساس مدل EIQ: الف) میزان EIQ برای آفتکش‌های استفاده شده، ب) اثر کاربرد آفتکش‌های مختلف به کار رفته بر کارگران مزرعه (جزء اول EIQ)، پ) اثر کاربرد آفتکش‌های مختلف به کار رفته بر مصرف‌کنندگان و میزان آبشویی (جزء دوم EIQ) و ت) اثر کاربرد آفتکش‌های مختلف به کار رفته بر موجودات بوم‌نظام (جزء سوم EIQ)

Fig. 1- The effect of pesticides used in different sugar beet production systems in Khorassan provinces based on EIQ model: (a) EIQ for used pesticide, (b) The effect of pesticide on farm worker component, (c) The effect of pesticide on consumer and leaching component, and (d) The effect of pesticide on ecological component



شکل ۲- سهم جزء اکولوژیک(E-FUR)، جزء کارگران مزرعه (W-FUR) و جزء مصرف‌کنندگان و آبشویی (CL-FUR) در تعیین EIQ-FUR در نظام‌های مختلف تولید چغندرقند در استان‌های خراسان

Fig. 2- The proportion of ecological component (E-FUR), farm worker component (W-FUR), and consumer and leaching component (CL-FUR) in EIQ-FUR determination in different sugar beet production systems in Khorassan provinces

استفاده از سیستم‌های آبیاری بارانی در نظام‌های مکانیزه سبب کاهش آسیب‌رسانی حشرات شده و این می‌تواند در کاهش مصرف حشره‌کش‌ها و کاهش مقدار EIQ-FUR برای حشره‌کش‌ها در این نظام‌ها مؤثر باشد. در نظام‌های سنتی میزان EIQ-FUR برای سه حشره‌کش دورسبان، زولون و سوین (به ترتیب با مقادیر ۲۳۹۳۴، ۱۴۸۷۸ و ۱۲۲۸) بیش از دو نظام دیگر بوده و سبب افزایش مقدارمیانگین وزنی EIQ-FUR کل برای حشره‌کش‌ها شده است. در حالیکه حشره‌کش بازودین در هر سه نظام تولید چغندرقند بیشترین مقدار EIQ-FUR (به ترتیب ۴۸۳۵۸، ۳۵۷۲۵ و ۳۱۶۷۸ برای نظام-های نیمه‌مکانیزه، مکانیزه و سنتی) را به خود اختصاص دادند. بنابراین، بیشترین فشار زیست محیطی را در بین حشره‌کش‌های مورد استفاده در هر سه نظام تولیدی ایجاد کرده است. هومبرت و همکاران (Humbert et al., 2007) نیز در بررسی اثر سمیت مهمترین آفتکش‌های مورد استفاده در کاستاریکا، دیازینون را یکی از پنج ماده مؤثری معرفی نموده که ۷۵ درصد از سمیت اکولوژیک را در محدوده مورد مطالعه سبب شده‌اند.

مقدار EIQ-FUR برای قارچ‌کش‌ها در نظام‌های تولید مکانیزه چغندرقند بیشترین (۱۷۷۱۴) و در نظام‌های سنتی (۱۰۴۴۸) کمترین بود. در نظام‌های مکانیزه و نیمه‌مکانیزه از کالکسین و سولفور به عنوان قارچ‌کش استفاده شد؛ در حالیکه در نظام‌های سنتی فقط کالکسین به کار رفت. در نظام‌های مکانیزه سولفور (۱۰۲۰۸) و در نظام‌های نیمه‌مکانیزه کالیکسین (۱۰۸۹۲) بیشترین مقدار EIQ-FUR را ایجاد کردند. هومبرت و همکاران (Humbert et al., 2007) نیز در مطالعه خود کالکسین (با ماده مؤثره تریدمورف) را یکی از قارچ‌کش‌های با مخاطره زیست محیطی بالا گزارش کرده‌اند که باید با سموم مشابه کم خطرتر جایگزین گردد.

در نظام‌های تولید چغندرقند مکانیزه و نیمه‌مکانیزه در استان‌های خراسان از بذور وارداتی (به جز در منطقه نیشابور) و در نظام‌های سنتی از بذور تولید شده در داخل کشور استفاده گردید. برای ضدعفونی کردن بذور خارجی در کارخانجات تولید بذر از قارچ‌کش-های تیرام و تاچیگارن و حشره‌کش کروییزر و آفتکش گائوچو که مخلوطی از حشره‌کش‌ها و قارچ‌کش‌ها با مواد مؤثره ایمیداکلوپرید، متالاکسی و تبوکونازول است استفاده شد و برای ضدعفونی کردن بذور داخلی از قارچ‌کش کربوکسن تیرام استفاده شد. اگر چه مقدار EIQ در تمام آفتکش‌های مورد استفاده در ضدعفونی کردن بذر تنوع زیادی نداشت (۲۴ درکربوکسین تیرام تا ۳۳ در کروییزر)، اما بیشتر بودن درصد ماده مؤثره در قارچ‌کش کربوکسین تیرام (۶۰ درصد) نسبت به گائوچو (حداکثر ۰/۱ درصد) و مقدار بیشتر بذر مورد نیاز برای کاشت در بذر داخلی نسبت به خارجی سبب شد تا مقدار-EIQ FUR برای ضدعفونی کردن بذر در نظام‌های سنتی (۳۶۴۶) بیشتر از دو نظام مکانیزه (۲۳۳۹) و نیمه‌مکانیزه (۱۱۵۱) باشد.

نتایج این مطالعه حاکی از آن است که به طور متوسط مقدارمیانگین وزنی EIQ-FUR در تولید چغندرقند در استان‌های خراسان در حشره‌کش‌های مورد استفاده است. بیشترین (۶۳۴۳۸) و پس از آن علف‌کش‌ها (۳۳۰۵۵)، قارچ‌کش‌ها (۱۵۰۱۰) و آفتکش‌هایی است که در کارخانه های تولید بذر به جهت ضدعفونی کردن بذور به کار رفته‌اند (۲۰۰۰) در رتبه‌های بعدی قرار داشتند (جدول ۴). اما این رتبه‌بندی در تمام نظام‌های مختلف تولیدی صادق نبود، به طوریکه در مزارعی که به صورت مکانیزه چغندرقند تولید می‌کنند. میانگین وزنی مقدار EIQ-FUR در علف‌کش‌ها بیش از سایر دسته‌های آفتکش بود.

جدول ٤- میانگین‌های حسابی و وزنی EIQ مزرعه‌ای (EIQ-FUR) و اجزای آن، EIQ مزرعه‌ای برای انواع آفتکش‌های استفاده شده و به ازای یک تن چغندرقند تولید شده در نظام‌های مختلف تولید در استان‌های خراسان. عملکرد غده چغندرقند تصحیح شده بر اساس ١٦ درصد عیار قند (کیلوگرم در هکتار) نیز نشان داده شده است.

Table 4- Arithmetic and weighted average for EIQ Field Use Rate (EIQ-FUR) and its component, EIQ-FUR for different types of pesticides and per 1 ton sugar beet produced in different systems in Khorassan provinces. Beet yield adjusted to 16% of sugar concentration is shown

نظام تولید Production system		EIQ مزرعه ای EIQ-Field use rate (EIQ-FUR)	جزء اثر برکارگران مزرعه Farm worker component	جزء اثر بر مصرف کنندگان و آبشویی Consumer and leaching component	جزء اثرات اکولوژیک Ecological component	EIQ-FUR برای تیمار بذر EIQ-FUR for seed treatment	EIQ-FUR برای حشره‌کش‌ها EIQ-FUR for insecticides	EIQ-FUR برای قارچ‌کش‌ها EIQ-FUR for fungicides	EIQ-FUR برای علف‌کش‌ها EIQ-FUR for herbicides	EIQ-FUR به ازای یک تن چغندرقند EIQ-FUR per ton sugar beet	عملکرد چغندرقند تصحیح شده Adjusted sugar beet yield
سنتی Traditional	میانگین حسابی Arithmetic Average	82084.2 a*	22317.4 a	12665.2 a	213475.9 a	3435.4 a	66767.1 a	11007.6 a	874.0 a	3081.2 a	26640.6 c
	میانگین وزنی Weighted Average	86540.3	23324.5	12914.4	225722.5	3645.6	71905.0	10447.8	541.9	3338.6	25920.9
نیمه‌مکانیزه Semi-Mechanized	میانگین حسابی Arithmetic Average	139963.6 a	49534.5 a	29235.5 a	341580.8 a	1729.6 a	75416.4 a	29644.8 a	33172.7 a	3529.9 a	39650.6 b
	میانگین وزنی Weighted Average	112295.1	35401.0	25590.0	275913.2	1150.6	60317.1	15889.6	34937.7	2802.7	40066.5
مکانیزه Mechanized	میانگین حسابی Arithmetic Average	123904.6 a	54486.4 a	28931.0 a	288241.7 a	2272.9 a	50216.4 a	29034.6 a	42380.7 a	1934.2 a	64059.7 a
	میانگین وزنی Weighted Average	145319.1	61182.7	33082.5	341637.6	2338.8	62099	17713.6	63167	2227.4	65242.5
میانگین کل Total mean	میانگین حسابی Arithmetic Average	118821.8	43920.8	24668.9	288627.5	2376.9	64364.7	24415.9	27664.3	2664.3	44597.2
	میانگین وزنی Weighted Average	113503.5	38235.3	24255.2	278569.2	1999.8	63438.4	15009.8	33055.3	2684.6	42280.2

*میانگین های دارای حداقل یک حرف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی دار ندارند.

*Means with at least one similar letter in each column, are not significantly different (p≤0.01) based on LSD test.

جدول ٣- نتایج آنالیز واریانس (میانگین مربعات) EIQ مزرعه‌ای (EIQ-FUR) و اجزای آن، EIQ مزرعه‌ای برای انواع آفتکش‌های استفاده شده و به ازای یک تن چغندرقند تولید شده در نظام‌های مختلف تولید در استان‌های خراسان. عملکرد غده چغندرقند تصحیح شده بر اساس ١٦ درصد عیار قند (کیلوگرم در هکتار) نیز نشان داده شده است.

Table 3- Degree of freedom, mean square and significant level for EIQ Field Use Rate (EIQ-FUR) and its component, EIQ-FUR for different types of pesticides and per 1 ton sugar beet produced in different systems in Khorassan provinces.Beet yield adjusted to 16% of sugar concentration is shown

منبع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	EIQ مزرعه‌ای EIQ-Field use rate(EIQ-FUR)	جزء اثر برکارگران مزرعه Farm worker component	جزء اثر بر مصرف‌کنندگان و آبشویی Consumer and leaching component	جزء اثرات اکولوژیک Ecological component	EIQ-FUR برای تیمار بذر EIQ-FUR for seed treatment	EIQ-FUR برای حشره‌کش‌ها EIQ-FUR for insecticides	EIQ-FUR برای قارچ‌کش‌ها EIQ-FUR for fungicides	EIQ-FUR برای علف‌کش‌ها EIQ-FUR for herbicides	EIQ-FUR به ازای یک تن چغندرقند EIQ-FUR per ton sugar beet	عملکرد چغندرقند تصحیح شده Adjusted sugar beet yield
نظام تولید Production system	2	7074912853 ns	2293368456 ns	690330388 ns	33788073435 ns	6065333 ns	1531685270 ns	861942683 ns	3638306246 ns	7073932 ns	2955431952**
باقی مانده Residue	23	4257150071	1091669111	299566174	23483085140	2592754	1316027242	1189626003	1505546500	29167267	142779289
سطح احتمال معنی دار بودن Significant level		0.2118	0.1452	0.1224	0.2578	0.1189	0.3300	0.4953	0.1115	0.1107	0.0001

ns و **به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح یک درصد

ns and ** are non significant and significant at 1% probability level.

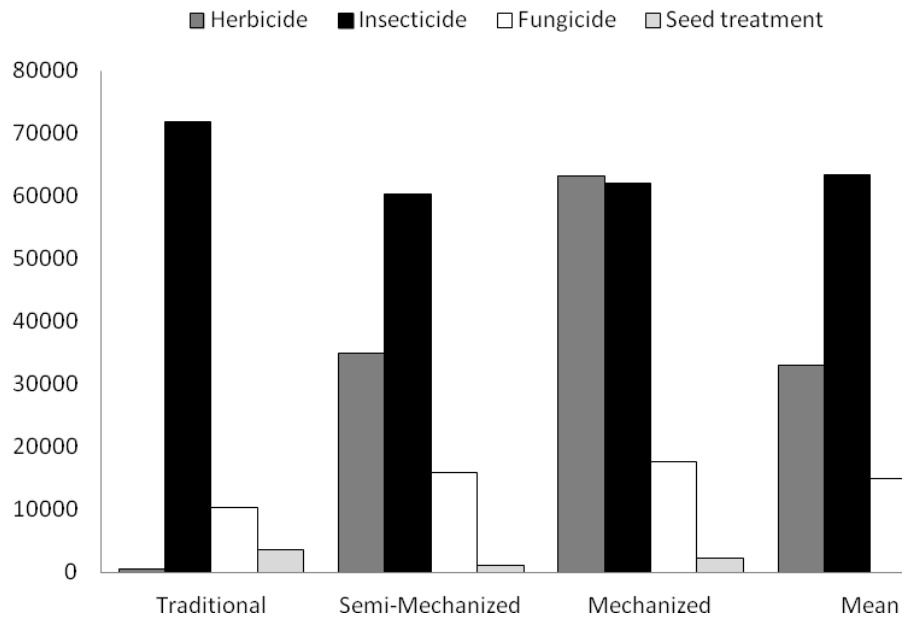
همچنین در نظام‌های مکانیزه‌تر توزیع EIQ-FUR در هر یک از دسته‌های آفتکش یکنواخت‌تر بود، در حالیکه در نظام‌های سنتی بخش عمده EIQ-FUR (۸۳ درصد) حاصل کاربرد حشره‌کش‌ها بود (شکل ۳). بوئس و همکاران (Bues et al., 2004) نیز در بررسی اثرات زیست محیطی تولید گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) با روش EIQ نشان دادند که حشره کش ها بیشترین فشار را بر محیط زیست وارد می‌کنند.

شکل ۴ نشان می‌دهد که بین EIQ-FUR و عملکرد چغندرقند در مکان نظام‌های مختلف کشت در استان‌های خراسان رابطه متقنی وجود ندارد. این بدان معنی است که افزایش استفاده از آفتکش‌ها در مزرعه به لحاظ تنوع سموم و هم از نظر مقدار کمی ماده مؤثره افزایش قابل ملاحظه‌ای در عملکرد چغندرقند نداشته است.

بنابراین، امکان بهبود کارکرد زیست محیطی تولید چغندرقند با کاهش سموم شیمیایی همراه با حفظ و یا افزایش عملکرد اقتصادی وجود دارد. مطالعه سلطانی و همکاران (Soltani et al., 2011) بر روی شش مزرعه گندم (*Triticum aestivum* L.) در گرگان نیز نتایج مشابهی را در پی داشت.

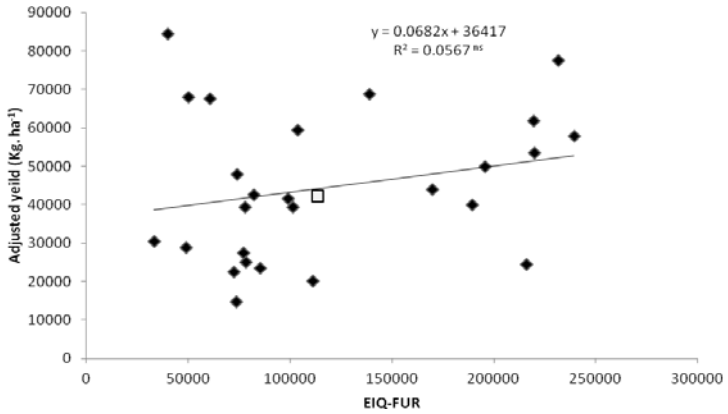
علاوه بر این، اگر چه حاصل این مطالعه بیان می‌کند که با افزایش مکانیزاسیون در تولید چغندرقند میانگین وزنی EIQ-FUR در نظام تولیدی افزایش می‌یابد (جدول ۴)، اما با در نظر گرفتن میزان تولید هر یک از نظام‌های تولید چغندرقند می‌توان مقدار EIQ-FUR به ازای یک تن چغندرقند تولید شده را به عنوان شاخصی از فشار زیست محیطی منتسب به کارکرد نظام ارزیابی کرد. همانگونه که در شکل ۵ نشان داده شده است مقدارمیانگین وزنی EIQ-FUR به ازای یک تن چغندرقند (تصحیح شده برای عیار ۱۶ درصد) تولید شده در نظام‌های مکانیزه ۳۳ درصد کمتر از چغندرقند تولید شده در نظام‌های سنتی آسیب های زیست محیطی دارد. بدیهی است که این به دلیل کم بودن میزان عملکرد در نظام‌های سنتی است.

چنانکه یکی از دغدغه‌های نظام‌های دوستدار محیط زیست (اکولوژیک، کم نهاده، زیستی و ...) نیز نگرانی از کاهش تولید در این نظام‌ها است چرا که کاهش تولید و تامین نشدن تقاضای داخلی برای محصول تولید شده در چنین نظام‌هایی سبب افزایش واردات محصول شده و این ضمن تعارض با تولید محلی به عنوان یکی از اصول پایداری در نظام‌های کشاورزی در مقیاس جهانی خود آسیب‌های زیست محیطی ناشی از حمل و نقل را در پی خواهد داشت.



شکل ۳- مقایسه میانگین وزنی EIQ-FUR گروه‌های مختلف آفتکش‌های مورد استفاده در تولید چغندرقند در استان‌های خراسان به تفکیک نظام تولید

Fig. 3- Comparison of EIQ-FUR weighted average for different types of pesticides used in each production system in sugar beet production in Khorassan provinces

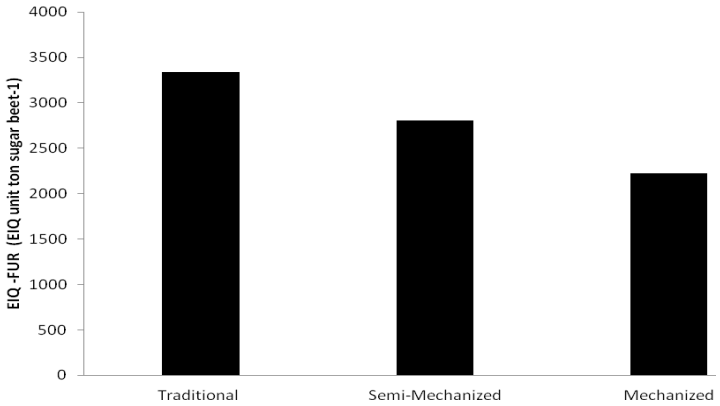


شکل ٤- رابطه بین مقدار EIQ-FUR و میزان عملکرد چغندرقند تصحیح شده برای عیار قند ١٦ درصد در نظام‌های مختلف تولید در استان‌های خراسان

نقطه کمرنگ نشاندهنده میانگین است.

Fig. 4- Relationship between EIQ-FUR and sugar beet yield adjusted to 16% of sugar concentration in different sugar beet production systems in Khorassan provinces

The pale square shows the average.



شکل ٥- مقدار EIQ-FUR به ازای یک تن چغندرقند (تصحیح شده برای عیار قند ١٦ درصد) تولید شده در نظام‌های مختلف تولید چغندرقند در استان‌های خراسان

Fig. 5- EIQ-FUR per 1 ton sugar beet adjusted to 16% of sugar concentration in different sugar beet production systems in Khorassan provinces

نتیجه‌گیری

بنابراین، می‌توان از نتایج این پژوهش چنین دریافت که نظام‌های کاشت چغندرقند امکان تولید محصولاتی کم‌آسیب‌تر به لحاظ زیست محیطی را با حفظ یا افزایش عملکرد اقتصادی دارند؛ در ارائه گزارشات زیست محیطی، اکتفا به مقدار مصرف آفتکش‌ها به تنهایی (آنچه در حال حاضر مرسوم است)، برای تصمیم‌گیری در جهت کاهش اثرات زیست محیطی کافی نیست و باید داده‌های مربوط به میزان مصرف در ترکیب با شاخص‌های کیفی ماده مؤثره به صورت ضرایبی میزان تأثیر زیست محیطی در واحد مصرف را نشان دهد؛ توجه به استفاده از آفتکش‌های کم خطرتر، سیاست‌گزاری در جهت انتخاب آفتکش‌های کم‌آسیب جایگزین و میزان بهینه مصرف از سوی سیاست‌گزاران بخش کشاورزی، مدیران صنعت قند و شکر و کشاورزان می‌تواند در رسیدن به این هدف راهگشا باشد؛ و تمایل نظام‌های تولید چغندرقند به سوی نظام‌های مکانیزه‌تر و پرتولیدتر می‌تواند در مقیاس ملی هزینه‌های زیست محیطی تولید چغندرقند مورد نیاز داخل کشور را کمتر کند و در مقیاس جهانی نیز از ایجاد بار زیست محیطی ناشی از حمل و نقل تولید غیرمحلی جلوگیری نماید.

منابع

1- Bindraban, P.S., Frank, D.O., Ferraro, A.C., Ghersa, C.M., Lotz, L.A.P., Nepomuceno, A., Smulders, M.J.M., and van de Wiel, C.C.M. 2009. GM- related sustainability: agro-ecological impacts, risks and opportunities of soy production in Argentina and Brazil. Report 259, Plant research international B.V., Wageningen. Available at: http://edepot.wur.nl/7954 (accessed 20 February 2011).

2- Brimner, T.A., Gallivan, G.J., and Stephenson, G.R. 2005. Influence of herbicide-resistant canola on the environmental impact of weed management. Pest Management Science 61: 47–52.

3- Bues, R., Bussières, P., Dadomo, M., Dumas, Y., Garcia-Pomar, M.I. and Lyannaz, J.P. 2004. Assessing the environmental impacts of pesticides used on processing tomato crops. Agriculture Ecosystems and Environment 102: 155-162.

4- Deihimfard, R., Zand, E., Mahdavi Damghani, A., and Soufizadeh, S. 2007. Herbicide risk assessment during the Wheat Self-sufficiency Project in Iran. Pest Management Science 63: 1036-1045.

5- Fisher, J., and Tozer, P. 2009. Evaluation of the environmental and economic impact of roundup ready® canola in the western Australian crop production systems. Technical Report, Curtin University of Technology Muresk, School of Agriculture and Environment Northam WA 6401 Australia. Available at: http://www.afaa.com.au/news/news pdf 068 WA Curtin University canola study.pdf (accessed 20 March 2011).

6- Humbert, S., Margni, M., Charles, R., Torres Salazar, O.M., Quiro´s, A.L., and Jolliet, O. 2007. Toxicity assessment of the main pesticides used in Costa Rica. Agriculture, Ecosystems and Environment 118: 183–190.

7- Kovach, J., Petzoldt, C., Degni, J., and Tette, J. 1992. A method to measure the environmental impact of pesticides. New York's Food and Life Sciences Bulletin 139: 139–146.

8- Kovach, J., Petzoldt, C., Degni, J., and Tette, J. 2004. A method to measure the environmental impact of pesticides: updated EIQ values. Available at website: http://www.nysipm.cornell/edu /publications/EIQ/default.asp (verified 20 February 2011)

9- Kovach, J., Petzoldt, C., Degni. J., and Tette, J. 2010. A method to measure the environmental impact of pesticides. New York's food and life sciences bulletin. Geneva, NY: NYS Agricultural experiment station, Cornell University. Available at website: http://www.nysipm.cornell.edu /publications /eiq/files/EIQ_values_2010p1-4.pdf (verified 20 February 2011)

10- Larson, D.L., Mcdonald, S., Fivizzani, A., Newton, W., and Hamilton, S. 2005. Effect of pesticides on amphibians and reptiles. Journal of Experimental Zoology, India 7: 39–47.

11- Matthews, G., Wiles, T., and Baleguel, P., 2003. A survey of pesticide application in Cameroon. Crop Protection 22(5): 707–714.

12- SAS Institute Inc. 2003. SAS/STAT Release 9.1. SAS Institute Inc., Cary, NC.

13- Simunovic, C. 2003. Broad-based community involvement in a comprehensive approach for clean air. Operation Clean Air Summit, Fresno Metro Ministry.

14- Sikkema, P.H., Van Eerd, L.L., Vyn, R., and Weaver, S.E. 2007. A comparison of reduced rate and economic threshold approaches to weed management in a corn– soybean rotation. Weed Technology 21: 647–655.

15- Snelder, D.J., Masipiquen, M.D., de Snoo, G.R. 2008. Risk assessment of pesticide usage by smallholder farmers in the Cagayan Valley (Philippines). Crop Protection 27: 747–762.

16- Soltani, A., Rajabi, M.R., Soltani, E., and Zeinali, E. 2011. Evaluation of environmental impact of crop production using LCA: wheat in Gorgan, Final Report, Research Vice-Presidency, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources 201-218 (In Persian with English summary)

17- Soltani, N., Van Eerd, L., Vyn, R., Shropshire, C., and Sikkema, P.H. 2007. Weed management in dry beans *(Phaseolus vulgaris)* with dimethenamid plus reduced doses of imazethapyr applied preplant incorporated. Crop Protection 26: 739–745.

18- Soltani, N., Nurse, R.E., Van Eerd, L.E., Vyn, R.J., Shropshire, C., and Sikkema, P.H. 2010. Weed control, environmental impact and profitability with trifluralin plus reduced doses of imazethapyr in dry bean. Crop Protection 29: 364–368.

19- Stenrød, M., Heggen, E.H., Bolli, R.I., and Eklo, O.M. 2008. Testing and comparison of three pesticide risk indicator models under Norwegian conditions: a case study in the Skuterud and Heiabekken catchments. Agriculture, Ecosystems and Environment 123: 15–29

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۲، ص. ۱۴۲-۱۳۴

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 2, Summer 2013, p. 134-142

بررسی اثر خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و سن مزرعه بر ویژگی‌های زراعی زعفران (*Crocus sativus* L.)

الهام عزیزی[۱*]، محبوبه جهانی کندری[۲] و رضا دیوان[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۳/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۸/۲۰

چکیده

به منظور بررسی اثر سن بنه زعفران و خصوصیات خاک بر عملکرد گل و کلاله و بنه زعفران، تحقیقی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با پنج تکرار در دو منطقه از شهرستان نیشابور در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ انجام شد. تیمارهای مورد بررسی شامل سنین مختلف مزرعه زعفران (دو، چهار و شش ساله) در دو منطقه جغرافیایی اسحق آباد و سلطان آباد بود. در این تحقیق خصوصیاتی نظیر وزن تر و خشک بنه، تعداد بنه، تعداد جوانه های روی بنه و عملکرد گل و کلاله زعفران تعیین شد. همزمان با نمونه‌برداری‌ها، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نظیر بافت، هدایت الکتریکی و pH نیز اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد که اثر سن مزرعه بر کلیه خصوصیات مورد بررسی در گیاه زعفران از نظر آماری معنی‌داری بود. همچنین عملکرد گل و کلاله زعفران به طور معنی‌داری تحت تأثیر منطقه و اثر متقابل منطقه و سن مزرعه قرار گرفت. همبستگی مثبت معنی‌داری بین سن مزرعه و پارامترهایی نظیر وزن تر بنه، تعداد جوانه های روی بنه، تعداد بنه زعفران و وزن خشک بنه مشاهده شد. با افزایش سن مزرعه تا چهار سال، عملکرد زعفران روند صعودی پیدا نمود و سپس کاهش یافت. این تحقیق نشان داد که تغییرات عملکرد گل و کلاله به طور معنی‌داری با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی (بافت، EC و pH) خاک مرتبط بود. همبستگی منفی معنی‌داری بین درصد رس خاک با تعداد بنه، وزن خشک بنه، عملکرد گل و کلاله زعفران در واحد سطح مشاهده شد.

واژه های کلیدی: اسیدیته، عملکرد کلاله، وزن خشک، هدایت الکتریکی

مقدمه

زعفران (*Crocus sativus* L.)، گیاهی علفی و پایا، نیمه گرمسیری از تیره زنبق (Iridaceae) بوده که در بین محصولات صادراتی ایران از جایگاه خاصی برخوردار می‌باشد، (Azizi Zahan et al., 2006; Abrishamchi, 2003). استان‌های خراسان رضوی و جنوبی، قطب عمده تولید زعفران در ایران هستند؛ به طوری که در سال زراعی ۱۳۸۶، خراسان رضوی با ۴۴۸۳۰ هکتار و ۱۴۸/۵ تن زعفران در هکتار و خراسان جنوبی با ۱۳۳۲۸ هکتار و ۳۵/۸ تن تولید را به خود اختصاص داد (Mollafilabi & Shoorideh, 2009).

زعفران همچون گیاهان زراعی دیگر برای استفاده حداکثر از پتانسیل محیط، علاوه بر شرایط آب و هوایی مناسب نیاز به مدیریت-های زراعی بهینه جهت حداکثر عملکرد و افزایش طول دوره بهره-برداری دارد (Naderi-Darbaghshahi et al., 2008) که دراین رابطه عوامل زیادی مانند سن و تعداد بنه در واحد سطح، بافت خاک، زمان کشت بنه ها، آبیاری، نوع تغذیه، اقلیم، تراکم و عمق کاشت در کمیت و کیفیت بنه و محصول اقتصادی نقش بسزایی دارند (Sadeghi, 1993; Sampatha et al., 1984). از آنجا که اندازه و سن بنه در عملکرد نهایی گل و کلاله زعفران تأثیر بسزایی دارد، لذا بررسی عواملی که در افزایش عملکرد بنه زعفران اثر دارند، ضروری است. از جمله این عوامل مؤثر می‌توان به عوامل خاکی و زراعی نظیر بافت خاک و تراکم گیاهی اشاره نمود. بر خلاف نیاز کودی کم این گیاه، ۱۶ تا ۸۰ درصد تغییرات عملکرد گل زعفران به متغیرهای مربوط به خاک نظیر میزان ماده آلی، فسفر قابل استفاده، نیتروژن معدنی و پتاسیم تبادلی وابسته است (Behdani et al., 2005).

زعفران بر خلاف محدود شدن زراعت آن به نقاط خاصی از جهان، در بسیاری از خاک‌های زراعی موجود قابلیت تولید دارد. خاکهایی با ساختمان متوسط و کم و بیش با نفوذپذیری خوب، بهترین خاک برای کشت و کار زعفران محسوب می‌شود (Kafi,

۱، ۲ و ۳- به ترتیب استادیار گروه زراعت، دانشگاه پیام نور، کارشناس باغبانی و دانشجوی کارشناسی ارشد اصلاح نباتات دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران
(*- نویسنده مسئول: Email: azizi40760@gmail.com)

2002). تورهـان و همکـاران (Turhan et al., 2007)، آزمـایش گلخانه‌ای را بمنظور بررسی اثر سه تیمار خاک+شن، خاک+شن+کـود دامی، خاک+شن+دو لایه کود دامی در زیر و روی بنه‌های زعفران بر عملکرد زعفران و رفتار بنه ها انجام دادند. نتـایج تحقیـق نامبردگـان نشان داد که تیمار خاک+شن+دو لایه کود دامی در زیر و روی بنـه-های زعفران بیشترین اثر مثبت را بر عملکـرد گـل و کلالـه زعفـران داشت. بهدانی و همکاران (Behdani et al., 2005) بیان داشتند که بهبود وضعیت ساختمان خاک و یا افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک باعث کاهش شستشوی پتاسیم، کلسیم و منیزیم شد که اثر مثبـت بـر عملکرد زعفران داشت. فرج زاده و میـرزا بیـاتی (Farajzadeh and Mirzabayati, 2007) اظهار داشتند که خاکی کـه دارای سـاختمان متوسط کم و بیش نرم با نفوذپذیری خوب باشد مناسب کشت زعفران است. کافی و همکاران (Kafi et al., 2002) بیان داشت که یکـی از عوامل مهم مؤثر بر عملکرد زعفران، عمر مزرعه و تعـداد بنـه کاشـته شده می‌باشد به طوری که عملکرد زعفران در سال اول و سـال‌هـای بعد از سال ششم، نقصان می‌یابد. از طرفی، تعـداد بنـه بیشـتر کشـت شده در واحد سطح و کوتاه نمودن عمر برداشت یک مزرعه منجر بـه افزایش عملکرد خواهد شد. نادری درباغشاهی و همکـاران (Naderi-Darbaghshahi et al., 2008) نیز اظهار داشتند که هرساله بنه‌های جدید دختری روی بنه مادری تشکیل شده و بنابراین، با افزایش سـن مزرعه، بنه‌ها به سطح خاک نزدیک می‌شوند، تا اینکه زمانی فرا می-رسد که فاصله بنه‌ها از سطح خاک بسیار کم شده و عملیات داشت به خوبی صورت نمی‌گیرد و به تبع آن عملکرد زعفران کاهش مـی‌یابـد. صیادی و همکـاران (Sayadi et al., 2012) بـا بررسـی اثـر سـنین متفاوت مزرعه، وزن بنه و توده‌های بومی برخصوصیات کمی و کیفی زعفران نشان دادند که بنه‌های درشت‌تر در همان سال اول عملکـرد گل را افزایش دادند. همچنین این تحقیق نشـان داد کـه بـه منظـور افزایش راندمان عملکرد مزارع جدید زعفران بایـد از پیازهـای هشـت گرم به بالا که بیشتر در مزارع با سنین پنج و شش سال حاصـل شـد استفاده نمود. بهدانی و همکاران (Behdani et al., 2005) در مطالعه جهت جهت بررسی ارتباط بـین سـن مزرعـه و عملکـرد زعفـران در شهرهای مختلف گزارش کردند که با افزایش سن مزرعـه و افـزایش مصرف کود، میزان عملکرد افزایش یافت.

با توجه به آنکه تاکنون مطالعات اندکی در زمینه تأثیر خصوصیات ادافیکی و زراعی روی ویژگی‌های رشد زعفران صورت گرفتـه اسـت، لزوم این مطالعه ضروری به نظر مـی‌رسـید. هـدف از ایـن پـژوهش، بررسی تأثیر بافت خاک و سن بنه بر خصوصیات زراعی و رفتـار بنـه-های زعفران بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر سـن بنـه زعفـران و خصوصـیات خـاک بـر عملکرد گل و کلاله زعفران، سه مزرعه بـا سـنین دو، چهـار و شـش ساله در دو منطقه اسحق آباد و سلطان آباد شهرسـتان نیشـابور مـورد بررسی قرار گرفت (جدول ۱).

به‌منظور تعیین برخی از خصوصیات بنه‌های زعفـران (نظیـر وزن تر و خشک بنه، تعداد بنه و تعداد جوانه‌های روی بنه) و عملکرد گل و کلالـه زعفـران نمونـه‌بـرداری در پـنج نقطـه از مزرعـه بـه صـورت سیستماتیک، در مسیر قطرهای زمین و در واحد سـطح زمـین (یـک متر مربع) انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات جغرافیایی و خاک مناطق تحت کشت زعفران مورد بررسی

Table 1- geographical characteristics and soil of studied saffron fields

منطقه Region	طول جغرافیایی Longitude	عرض جغرافیایی Latitude	سن مزرعه Field age	مساحت مزرعه (مترمربع) Field area (m^2)	بافت خاک Soil texture	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH
اسحق آباد Eshagh abad	59°, 1´	36°, 1´	دو ساله 2 years	1600	Loam	4.20	7.67
			چهار ساله 4 years	2000	Loam	2.83	7.79
			شش ساله 6 years	1800	Silty loam	3.42	7.71
سلطان آباد Soltan abad	57°, 47´	36°, 16´	دو ساله 2 years	1800	Silty loam	1.92	7.73
			چهار ساله 4 years	1700	Silty loam	2.97	7.87
			شش ساله 6 years	1400	Silty loam	0.40	7.58

همزمان با نمونه‌برداری، خاک موجود در کوادرات نیز برداشت شده و برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نظیر بافت، pH و EC و تعیین روابط آن‌ها با عملکرد گل، کلاله و بنه به آزمایشگاه منتقل گردید.

تحقیق مورد بررسی در قالب طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از مدل عمومی خطی مورد تجزیه آماری قرار گرفت. لازم به ذکر است که نمونه‌های برداشت شده به عنوان تکرار در نظر گرفته شد. تجزیه آماری داده‌ها و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزارهای Var.13 MINITAB، MSTATC (Saraei et al., 2011) و Excel صورت گرفت. میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

اثر سن مزرعه بر کلیه خصوصیات مورد بررسی در گیاه زعفران از نظر آماری معنی‌داری بود، همچنین عملکرد گل و کلاله زعفران به طور معنی‌داری تحت تأثیر منطقه و اثر متقابل منطقه و سن مزرعه قرار گرفت (جدول ۲).

همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود اثر سن مزرعه بر وزن تر بنه زعفران از نظر آماری معنی‌دار بود و با افزایش سن مزرعه، وزن تر بنه افزایش یافت. کمترین وزن تر بنه در مزارع دو ساله به میزان ۳۷۷/۸۳ گرم در متر مربع و بیشترین وزن تر بنه در مزارع شش ساله به میزان ۱۴۴۳/۳۲ گرم در متر مربع مشاهده شد. با افزایش سن مزرعه، تعداد بنه و تعداد جوانه‌های بنه در واحد سطح به طور معنی‌داری افزایش یافت. تعداد بنه در واحد سطح در مزارع دو ساله، ۴۸ بنه در متر مربع بود که در مزارع شش ساله، به میزان ۸۱/۵ درصد افزایش یافت و به میزان ۲۵۹ بنه در متر مربع دست یافت (جدول ۳). تعداد جوانه‌های بنه زعفران در مزارع دو ساله ۱۹۸ بنه در متر مربع بود که در مزارع چهار ساله و شش ساله، به ترتیب ۲۸۳ و ۸۳۴ عدد در متر مربع افزایش یافت و به ۴۸۲ و ۱۰۳۲ جوانه روی بنه در متر مربع رسید (جدول ۳). با افزایش سن مزرعه، وزن خشک بنه در واحد سطح، روند افزایشی داشت. کمترین وزن خشک بنه در مزارع دو ساله به میزان ۹۱/۹۹ گرم در متر مربع مشاهده شدکه در مزارع شش ساله به ۴۲۳/۷ گرم در متر مربع دست یافت (جدول ۳). سال اول کاشت زعفران، سال استقرار گیاه بوده و از آن پس، هر ساله، از جوانه‌های موجود روی بنه، تولید پیازهای جدید شده که باعث افزایش تعداد و وزن خشک بنه می‌گردد.

اثر سن مزرعه بر عملکرد گل و کلاله زعفران از نظر آماری معنی‌دار بود. عملکرد گل و کلاله در مزارع دو ساله، به ترتیب ۱۵۹/۶ و ۱/۹ کیلوگرم در هکتار بود که در مزارع چهار ساله به میزان ۶۹۲/۱ و ۸/۶ کیلوگرم در هکتار رسید و سپس با افزایش سن مزرعه تا شش سال، عملکرد گل کاهش یافت (جدول ۳). بهدانی و همکاران (Behdani et al., 2005) در بررسی روابط کمی عملکرد و مصرف عناصر غذایی در مزارع زعفران شهرستان‌های مختلف اظهار نمودند که با افزایش سن مزرعه در پنج سال اول، عملکرد، روند افزایشی خطی نشان داد.

اختلاف عملکرد گل و کلاله در دو منطقه مورد بررسی معنی‌دار بود و منطقه اسحق آباد در مقایسه با منطقه سلطان آباد دارای عملکرد گل و کلاله بیشتری بود (جدول ۳). لازم به ذکر است که خصوصیات بنه رعفران، تحت تأثیر نوع منطقه قرار نگرفت. اثر متقابل نوع منطقه و سن مزرعه بر عملکرد گل زعفران از نظر آماری معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد گل زعفران مربوط به مزارع چهارساله منطقه سلطان آباد به میزان ۶۹۴/۱۱۸ کیلوگرم در هکتار بود. کمترین عملکرد گل زعفران نیز در مزارع دو ساله روستای سلطان آباد به میزان ۱۴۴۴/۴۴۴ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. (جدول ۴).

جدول۲- تجزیه واریانس اثر سن مزرعه و نوع منطقه بر برخی خصوصیات کمی زعفران

Table 2- Variation analysis of the effects of field age and region on the some of characteristics of saffron

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Sum of square					
		وزن تر بنه Fresh weight of corm	تعداد بنه Corm number	تعداد جوانه‌های بنه Sprout number	وزن خشک بنه Dry weight of corm	عملکرد گل Flower yield	عملکرد کلاله Stigma yield
منطقه Region	1	130087 ns	12322 ns	3413 ns	16707 ns	6518*	5.61*
سن مزرعه Field age	2	296458*	115644*	1796719*	275566*	789165*	122.24*
منطقه×سن Region×age	2	84416 ns	6588 ns	19412 ns	9803 ns	3324*	0.41*
خطا Error	24	240112	4292	111241	11265	120	0.11

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های اثر سن مزرعه و منطقه بر برخی از خصوصیات زعفران

Table 3- Effect of field age and region on the some of saffron traits

تیمار		وزن تر بنه (گرم در متر مربع) Fresh weight of corm ($g.m^{-2}$)	تعداد بنه در متر مربع Corm number per m^2	تعداد جوانه های بنه در متر مربع Sprout number of corm per m^2	وزن خشک بنه (گرم در متر مربع) Dry weight of corm ($g.m^{-2}$)	عملکرد گل (کیلوگرم در هکتار) Flower yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد کلاله (کیلوگرم در هکتار) Stigma yield ($kg.ha^{-1}$)
سن مزرعه (سال) Field age (year)	2	377.83^{b*}	48.00^{c}	198.40^{b}	91.99^{c}	159.60^{c}	1.93^{c}
	4	712.11^{b}	118.40^{b}	481.60^{b}	269.91^{b}	692.06^{a}	8.62^{a}
	6	1443.32^{a}	259.2^{a}	1032.00^{a}	423.70^{a}	276.98^{b}	3.51^{b}
منطقه Region	اسحق آباد Eshagh abad	778.57^{a}	162.13^{a}	581.33^{a}	238.27^{a}	389.95^{a}	5.12^{a}
	سلطان آباد Soltan abad	910.27^{a}	121.60^{a}	560.00^{a}	285.47^{a}	360.47^{b}	4.25^{b}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

* Means within a column and for each component, followed by the same letters are not significantly different based on Duncan's test at 5% probability level.

اثر نوع منطقه و سن مزرعه بر عملکرد کلاله از نظر آماری معنی‌دار نبود. بهدانی و همکاران (Behdani et al., 2005) با ارزیابی روابط کمی بین عملکرد و مصرف عناصر غذایی در مزارع با سنین مختلف چهار شهر بیرجند، گناباد، قاین و تربت حیدریه اظهار داشتند که بیشترین میزان عملکرد زعفران در تربت حیدریه مشاهده شد. نامبردگان گزارش کردند که عملکرد بیشتر مزراع زعفران در شهرستان تربت حیدریه با فراهمی بیشتر عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در اثر کاربرد بیشتر کود دامی در این منطقه مرتبط بود، زیرا آزاد شدن تدریجی عناصر غذایی از کود دامی علاوه بر تامین نیازهای غذایی گیاه در درازمدت موجب بهبود بافت و ساختمان خاک نیز می‌شود.

با افزایش سن مزرعه، وزن تر بنه زعفران روند افزایشی نشان داد و همبستگی مثبت معنی‌داری بین سن مزرعه و وزن تر بنه زعفران (R^2=57%) بدست آمد. همچنین با افزایش سن مزرعه، وزن خشک بنه افزایش یافت و همبستگی مثبت و معنی‌داری بین سن مزرعه و وزن خشک بنه در واحد سطح به میزان ۰/۶۴ حاصل شد (شکل ۱).

رابطه همبستگی مثبت و معنی‌داری بین سن مزرعه و تعداد بنه زعفران (R^2=62%) مشاهده شد. با افزایش سن مزرعه، تعداد جوانه-های روی بنه، روند افزایشی داشت و همبستگی مثبت و معنی‌داری بین سن مزرعه و تعداد جوانه‌های روی بنه (R^2=60%) بدست آمد (شکل ۲).

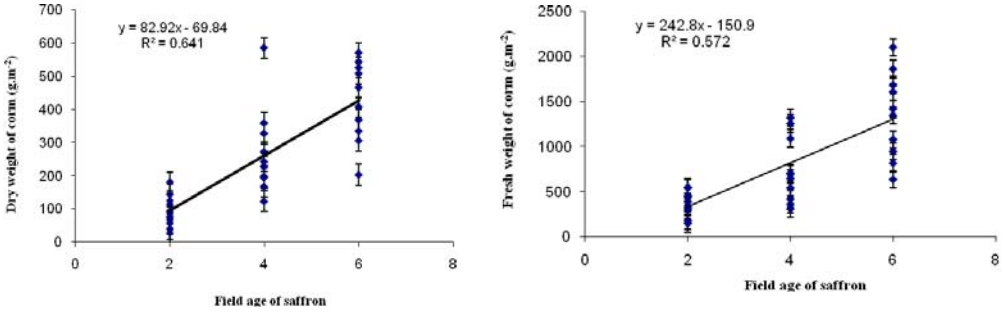
جدول ٤- اثر متقابل نوع منطقه و سن مزرعه بر عملکرد گل و کلاله زعفران

Table 4- The intraction of region and field age on flower yield and stigma of saffron

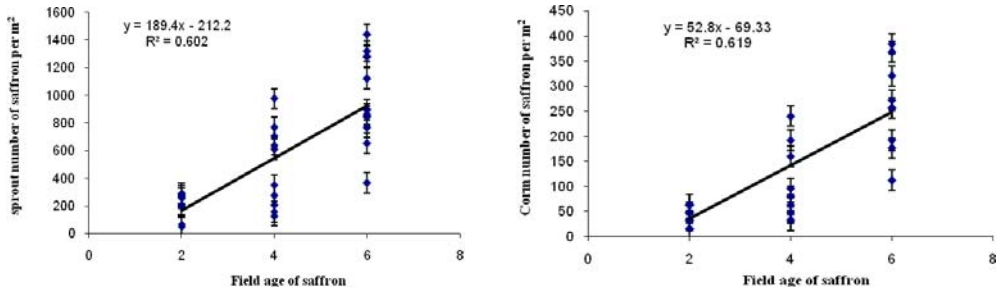
منطقه Region	سن مزرعه زعفران Field age of saffron	عملکرد گل (کیلوگرم در هکتار) Flower yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد کلاله (کیلوگرم در هکتار) Stigma yield ($kg.ha^{-1}$)
روستای اسحق آباد Eshagh abad	دو ساله 2 years	168.750^{e*}	2.188^{d}
	چهار ساله 4 years	551.600^{b}	6.840^{a}
	شش ساله 6 years	311.111^{c}	4.167^{b}
روستای سلطان آباد Soltan abad	دو ساله 2 years	144.444^{f}	1.667^{e}
	چهار ساله 4 years	576.624^{a}	6.835^{a}
	شش ساله 6 years	242.857^{d}	2.857^{c}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

* Means within a column and for each component, followed by the same letters are not significantly different based on Duncan's test at 5% probability level.



شکل ۱- همبستگی بین سن مزرعه و وزن تر (سمت راست) و وزن خشک بنه زعفران در واحد سطح (سمت چپ)
Fig. 1- Regression between filed age and fresh weight (right) and dry weight of saffron corm in area unit (left)



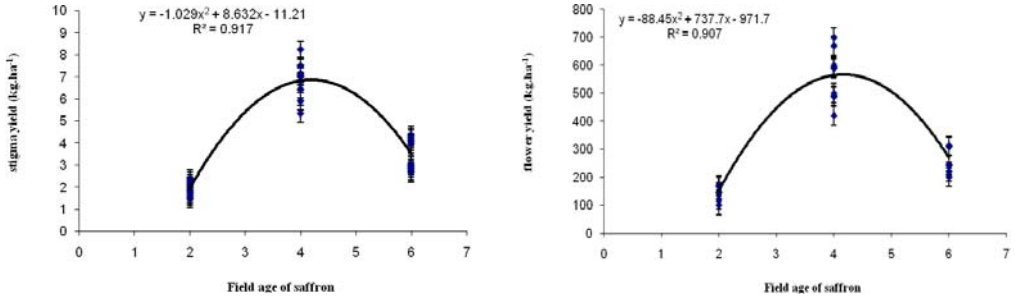
شکل ۲- همبستگی بین سن مزرعه و تعداد بنه (سمت راست) و تعداد جوانه‌های بنه زعفران در واحد سطح (سمت چپ)
Fig. 2- Regression between filed age and corm number (right) and corm sprout number of saffron in area unit (left)

رابطه همبستگی بین سن مزرعه و عملکرد گل و کلاله زعفران معنی‌دار بود. در سال های نخست زعفران کاری، عملکرد گل و کلاله زعفران پایین بوده و با افزایش سن مزرعه تا چهار سال، عملکرد زعفران روند صعودی پیدا نمود و به اوج خود رسید. سپس با افزایش سن مزرعه، میزان تولید گل و کلاله در واحد سطح کاهش یافت (شکل ۳). مطالعات متعددی نشان داده است که عملکرد زعفران در اولین سال گلدهی ناچیز و به تدریج در سال‌های بعد افزایش پیدا می‌کند (Amirghasemi, 2001; Sadeghi, 1993; Sadeghi, 1996). بیشترین عملکرد زعفران در ایران در سال‌های چهارم و پنجم بدست می‌آید (Behnia, 1991; Mollafilabi, 2000). با توجه به اینکه در گیاه زعفران بنه‌های دختری معمولاً در بخش بالایی بنه‌های مادری تشکیل می‌گردد (Kafi, 2001) و بنه‌های مادری تحلیل می‌رود، می‌توان انتظار داشت که با افزایش سن مزرعه، بنه‌ها به سطح خاک نزدیک‌تر شده و پتانسیل تولید گیاه کاهش می‌یابد. نادری درباغشاهی و همکاران (Naderi Darbaghshahi et al., 2008) اظهار داشتند که پارامتر فاصله جدیدترین بنه تا سطح خاک می‌تواند به عنوان صفتی جهت تخمین طول مدت دوام مزارع زعفران باشد. نامبردگان بیان داشتند که با توجه به این که در مزارع زعفران در هر سال بنه‌های دختری روی بنه‌های مادری تشکیل می‌شوند، هر سال که از عمر مزارع زعفران بگذرد فاصله بنه‌ها تا سطح خاک کاهش می‌یابد تا این که زمانی فرا می‌رسد که فاصله بنه‌ها تا سطح خاک بسیار کم شده به صورتی که دیگر امکان عملیات داشت نظیر سله‌شکنی و کنترل علف‌های هرز وجود ندارد.

از طرفی دیگر، زعفران از جمله گیاهانی است که مواد شیمیایی از خود ترشح می‌کند که منجر به دگر سمیتی و حتی خود سمیتی می‌گردد. بنابراین، با کشت گیاه و استقرار این گیاه چند ساله در ابتدا عملکرد، افزایش می‌یابد اما با گذشت زمان، مواد دگرآسیب، در محیط افزایش یافته و منجر به کاهش عملکرد گل و کلاله می‌شود.

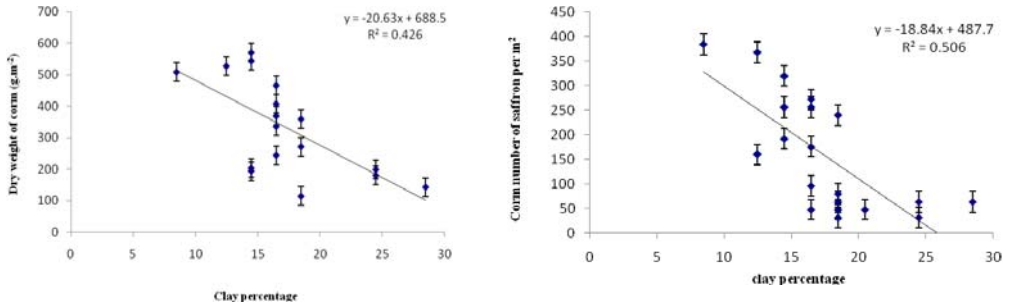
همبستگی منفی معنی‌داری بین درصد رس خاک و تعداد بنه زعفران در واحد سطح مشاهده شد (R^2=51%). با سنگین‌تر شدن بافت خاک، تعداد بنه زعفران کاهش یافت (شکل ۴). شاید دلیل این امر آن است که رشد و تولید بنه‌های جدید در خاک‌های سنگین، نیازمند صرف انرژی بیشتری از جانب گیاه بوده و بنابراین، انرژی اختصاص یافته جهت تولید بنه کاهش می‌یابد.

همانگونه که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، وزن خشک بنه نیز نیز تحت تأثیر درصد رس خاک قرار گرفت و با رسی‌تر شدن خاک، وزن خشک بنه در واحد سطح روند کاهشی نشان داد.



شکل۳- همبستگی بین سن مزرعه و عملکرد گل (سمت راست) و عملکرد کلاله زعفران (سمت چپ)

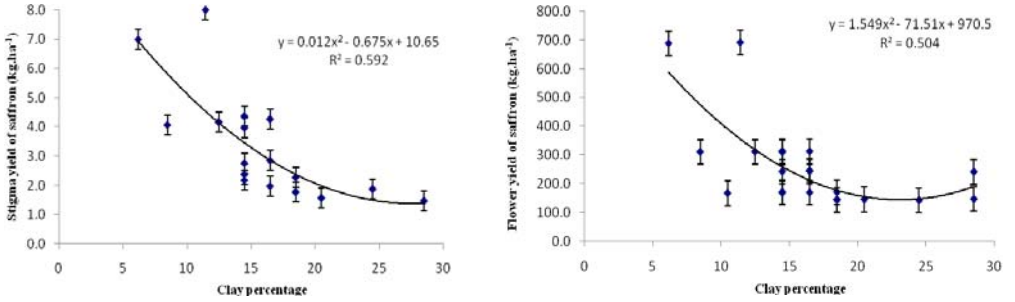
Fig. 3- Regression between filed age and flower yield (right) and stigma yield of saffron



شکل ٤- همبستگی بین درصد رس خاک و تعداد بنه (سمت راست) و وزن خشک بنه زعفران در واحد سطح (سمت چپ)

Fig. 4- Regression between clay percentage of soil and corm number (right) and corm dry weight of saffron in area unit (left)

عملکرد گل و کلاله زعفران، با رسی‌تر شدن خاک، کاهش یافت. رابطه همبستگی غیر خطی معنی‌داری بین درصد رس خاک و عملکرد گل (R^2=84%) و درصد رس خاک و عملکرد کلاله (R^2=59%) مشاهده شد (شکل ۵). با افزایش درصد رس خاک، به دلیل کاهش تعداد بنه و وزن خشک بنه‌ها در واحد سطح، پتانسیل تولید گل گیاه نیز کاهش یافت. از طرفی دیگر، خاک‌هایی با بافت سنگین به علت خاصیت افزایش حجم پس از جذب آب، مشکل ایجاد سله دارند و به تبع آن ممکن است خروج جوانه‌های گل و برگ با مشکل مواجه شود. با توجه به آنکه بیشترین عملکرد زعفران در خاک‌هایی با بافت متوسط حاصل می‌شود، بهبود بافت و ساختمان خاک‌های نامناسب منجر به افزایش عملکرد زعفران می شود (Behdani et al., 2005). گرستا و همکاران (Gresta et al., 2009) بیان داشتند که بیشترین عملکرد زعفران در خاک‌های شنی و لومی بدست آمد و با تغییر بافت خاک به سمت رسی، عملکرد روند کاهشی داشت.



شکل ٥- همبستگی بین درصد رس خاک و عملکرد گل (سمت راست) و عملکرد کلاله زعفران (سمت چپ)

Fig. 5- Regression between clay percentage of soil and flower yield (right) and stigma yield of saffron (left)

رابطه خطی منفی معنی‌داری بین هدایت الکتریکی و عصاره اشباع خاک و تعداد بنه (R^2=53%) و هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک و وزن خشک بنه (R^2=53%) مشاهده شد. با افزایش املاح محلول مازاد در خاک و افزایش شوری خاک، تعداد و وزن خشک بنه روند کاهشی نشان داد؛ به طوری‌که با رسیدن هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک به ۵/۲ دسی‌زیمنس بر متر تعداد بنه به ۱۶ عدد در متر مربع و وزن خشک بنه به ۴۰ گرم در متر مربع دست یافت (شکل ۶).

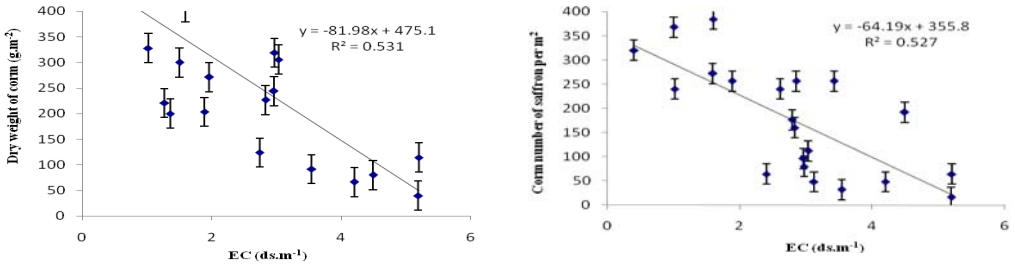
همان‌گونه که در شکل ۷ مشاهده می شود، با افزایش شوری خاک، عملکرد گل و کلاله زعفران روند کاهشی نشان داد. رابطه همبستگی منفی و معنی‌داری بین عملکرد گل و کلاله و هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک مشاهده شد. شاید دلیل این امر آن است که در شرایط شوری، بخشی از انرژی گیاه صرف مقابله با شرایط نامساعد محیطی شده و به تبع آن پتانسیل تولید گیاه کاهش می‌یابد. رضائیان و پاسبان (Rezaian & Paseban, 2006) بیان داشتند که هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک تأثیر معنی‌داری بر عملکرد و کیفیت زعفران داشت. نامبردگان اظهار داشتند که جذب عناصر غذایی ریزمغذی با کاهش هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک بهتر انجام می‌شود.

عملکرد گل و کلاله زعفران، تحت تأثیر اسیدیته خاک واقع شد. رابطه همبستگی مثبتی بین اسیدیته خاک و عملکرد گل و کلاله زعفران مشاهده شد. با افزایش اسیدیته خاک از ۷/۵ تا ۷/۸، عملکرد گل و کلاله روند افزایشی نشان داد (شکل ۸). لازم به ذکر است که رابطه همبستگی اسیدیته خاک و تعداد و وزن خشک بنه بسیار ضعیف و غیر معنی‌دار بود.

نتیجه‌گیری

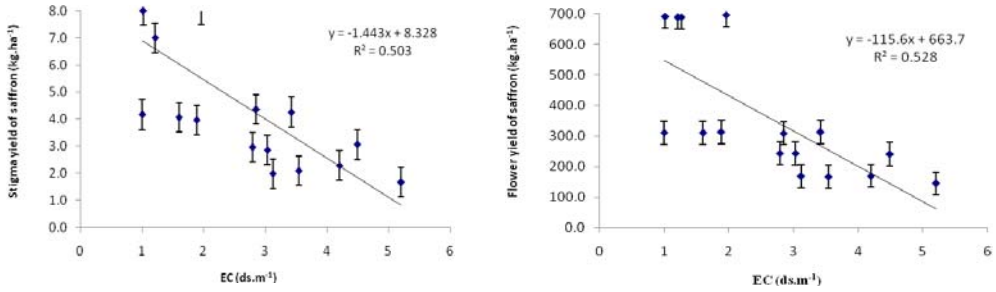
نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش سن مزرعه، وزن خشک بنه در واحد سطح، روند افزایشی داشت؛ به طوری‌که به ترتیب کمترین و بیشترین وزن خشک بنه در مزارع دو و شش ساله بدست آمد. همچنین بیشترین عملکرد گل و کلاله در مزارع چهار ساله، مشاهده شد که با افزایش سن مزرعه تا شش سال، عملکرد گل کاهش یافت. به نظر می‌رسد که با افزایش سن مزرعه و نزدیک شدن بنه‌ها به سطح خاک، زمانی فرا می‌رسد که فاصله بنه‌ها از سطح خاک بسیار کم شده و عملیات داشت به خوبی صورت نمی‌گیرد و به تبع آن عملکرد زعفران کاهش می‌یابد.

لذا به منظور صرفه‌جویی در هزینه کشاورزان و سودآوری بالاتر، کاهش سن مزارع تحت کشت تا چهار سال جهت رسیدن به اهداف نوین کشت و کار زعفران توصیه می‌گردد.



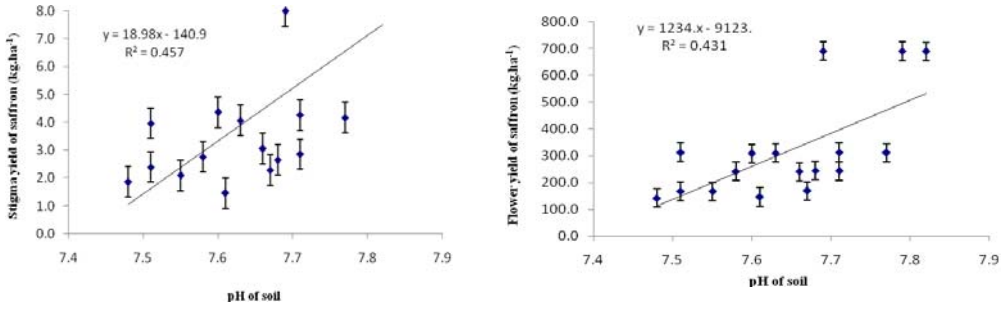
شکل ٦- همبستگی بین هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک و تعداد بنه (سمت راست) و وزن خشک بنه زعفران در واحد سطح (سمت چپ)

Fig. 6- Regression between EC and corm number (right) and corm dry weight of saffron in area unit (left)



شکل ۷- همبستگی بین هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک و عملکرد گل (سمت راست) و عملکرد کلاله زعفران (سمت چپ)

Fig. 7– Regression between EC and flower yield (right) and stigma yield of saffron (left)



شکل ۸- همبستگی بین اسیدیته خاک و عملکرد گل (سمت راست) و عملکرد کلاله زعفران (سمت چپ)

Fig. 8- Regression between soil pH and flower yield (right) and stigma yield of saffron (left)

منابع

1- Azizi Zahan, A.A., Kamgar Haghighi, A.A. Sepaskhah, A. 2006. Effect of method and duration of irrigation on production of corm and flowering on saffron. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 10: 45-53. (In Persian with English Summary)

2- Abrishamchi, P. 2003. Evaluation of some biochemical changes related to seed dormancy and flower formation in saffron. Third National Symposium on Saffron, 11-12 December. Mashhad, Iran. (In Persian)

3- Amirghasemi, T. 2001. Saffron: Red Gold of Iran. Nashr- Ayandegan Publication, Iran 112 pp. (In Persian)

4- Behnia, M.R. 1991. Saffron Cultivation. Tehran University Press, Tehran, Iran 285 pp (In Persian)

5- Behdani, M. A., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Rezvani Moghaddam, P. 2005. Evaluation of quantitative relationships between saffron yield and nutrition (on farm trial). Journal Journal of Field Crops Research 3(1):1-14. (In Persian with English Summary)

6- Farajzadeh, M., and Mirzabayati, M.R. 2007. Possibility study of areas with potential cultivation of saffron in Nishabor plain using GIS. Human Science Modares, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. 11(1): 67-92. (In Persian with English Summary)

7- Gresta, F., Lombardo, G.M., and Avola, G. 2009. Saffron stigmas production as affected by soil texture. Proceeding of Third International Symposium on Saffron. 20-23 May, Crocus, Greece.

8- Kafi, M. Rashed Mohasel, M. H., Koocheki, A.., and Mollafilabi, A. 2002. Saffron, Production and Processing. Zaban va Adab Publications, Iran 276 pp. (In Persian)

9- Mollafilabi, A., and Shoorideh, H. 2009. The new methods of saffron production. 4th National Festival of Saffron, Khorasan- Razavi, Iran, 27-28 October. (In Persian)

10- Mollafilabi, A. 2000. New Production and Crop Improvement of Saffron. Research and Industrial Institutes of Khorasan, Press. (In Persian)

11- Naderi-Darbaghshahi, M.R., Khajeh-Bashi, S.M., bani-Ateba, S.A.R., and Deh-Dashti, S.M. 2008. The effects of planting method, density and depth on yield and exploitation period of saffron field (C*rocus sativus* L.) in Esfahan. Seed and Plant Journal 24: 643-657. (In Persian)

12- Rezaian, S., and Paseban, M. 2006. The effect of micronutrient and manure fertilizers on the quantity and quality of Khorasan saffron. Second International Symposium on Saffron Biology and Technology, Mashhad, Iran. (In Persian)

13- Sadeghi, B. 1993. Effect of corm weight on flowering of saffron. Research and industrial Institutes of Khorasan Publication, Iran 73 pp. (In Persian)

14- Sadeghi, B. 1996. Effect of corm storage and planting date on flowering of saffron. Research and industrial Institutes of Khorasan Publication, Iran. (In Persian)

15- Sampatha, S. R., Shivashankar, S., and Lewis, Y. S. 1984. Saffron (*Crocus Sativus* L.) cultivation, processing chemistry and standardization. CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 20 (2): 123-157.

16- Saraei, R., Lahouti, M., and Ganjeali, A. 2011. Evaluation of allelopathic effects of eucalyptus (*Eucalyptus globules* Labill.) on germination, morphological and biochemical criteria of barley (*Hordeum vulgare* L.) and flixweed (*Descurainia Sophia* L.). Journal of Agroecology 4(3): 215-222.

17- Sayadi, M., Moin Rad, H., and Molafilabi, A. 2012. Study of landrace and corm size effects on quantitative and qualitative traits of stigma and component yield of saffron. National Conference on Food industry. 27-28 February, 2012, Eslamic Azad University of Quchan, Iran. (In Persian)

18- Turhan, H., Kahriman, F., Egesel, C.O., and Kemal Gul, M. 2007. The effects of different growing media on flowering and corm formation of saffron (*Crocus sativus* L.). African Journal of Biotechnology 6: 2328-2332.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۲، ص. ۱۵۲-۱۴۳

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 2, Summer 2013, p. 143-152

تعیین معیارهای ارزیابی اراضی به‌منظور شناسایی اراضی مناسب کشت محصولات دیم منطقه روئین، خراسان شمالی

فرشته مقامی مقیم[1*]، علیرضا کریمی[2]، غلامحسین حق‌نیا[3] و آرش دوراندیش[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۴/۳۱

چکیده

برای استفاده پایدار از اراضی لازم است که اراضی، بر اساس قابلیت‌هایشان طبقه‌بندی و استفاده شوند. هدف از این مطالعه، تعیین و درجه‌بندی ویژگی‌های مؤثر برکشت دیم و یونجه در منطقه روئین، استان خراسان شمالی بود. بعد از بازدید صحرایی، کیفیت‌های اراضی شامل اقلیم، شرایط رشد ریشه، رطوبت قابل دسترس، سهولت کار در مزرعه و تخریب اراضی، عوامل مؤثر بر تناسب اراضی تشخیص داده و با استفاده از منابع و بازدیدهای صحرایی، درجه‌بندی شدند. در این مطالعه از تغییرات کربن آلی خاک برای درجه‌بندی تخریب اراضی استفاده شد. بدین منظور، از شیب‌های شمالی، جنوبی، شرقی و غربی ۸۴ نمونه خاک از بخش شیب پشتی و ۲۱ نمونه از بخش بدون‌جهت (در مجموع ۱۰۵ نمونه خاک)، از هفت نقطه از هر کدام ازکاربری‌های یونجه دیم، دیم (گندم، جو، نخود و عدس) و مرتع، از عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری خاک در تیرماه ۱۳۹۰ برداشت شد. ارزیابی کیفی تناسب اراضی برای کشت دیم به روش محدودیت ساده بر اساس کیفیت‌های گفته شده انجام شد. نتایج بیانگر آن است که در هر سه کاربری، شیب شرقی و بدون جهت، بیشترین و شیب جنوبی کمترین مقدار کربن آلی را دارد که با توجه به اقلیم منطقه، میزان کربن آلی در همه شیب‌ها بجز شیب جنوبی در مقایسه با مناطق مشابه اقلیمی در حد قابل قبولی است. در منطقه مورد مطالعه، کیفیت‌های مربوط به اقلیم و خاک، محدودیتی برای کشت دیم ایجاد نمی‌کنند و فقط دو کیفیت سهولت کار در مزرعه و تخریب اراضی که کیفیت‌های وابسته به شیب و جهت شیب بوده، عوامل محدودکننده اصلی هستند. بر این اساس شیب‌های بیشتر از ۲۰ درصد در کل منطقه و شیب‌های جنوبی برای دیم نامناسب تشخیص داده شد. براساس نتایج طبقه‌بندی تناسب اراضی، با حذف شیب‌های بیشتر از ۲۰ درصد برای دیم و یونجه و شیب‌های جنوبی برای کشت دیم، سطح زیر کشت از ۱۱۸۶ هکتار به ۹۴۲ هکتار خواهد رسید. برای جبران پیامدهای اقتصادی حاصل از کاهش سطح زیر کشت، تحقیقات بیشتری در زمینه افزایش عملکرد در واحد سطح و استفاده از الگوهای بهینه کشت با توجه به محدودیت‌های موجود در منطقه، پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تناسب کیفی اراضی، تخریب اراضی، کربن آلی خاک، کیفیت اراضی

مقدمه

یکی از راه‌های استفاده بهینه از اراضی و جلوگیری از تخریب آن‌ها، شناسائی ظرفیت تولید و انتخاب کاربری متناسب با ظرفیت تولید اراضی است. ارزیابی اراضی راهکاری منطقی برای دست‌یابی به این هدف می‌باشد (Farajniya, 2007). پیش‌بینی وضع اراضی به‌منظور کاربردی ویژه را ارزیابی اراضی[4] گویند و هدف آن تعیین قابلیت و استعداد اراضی برای کاربردهایی مشخص مانند کشاورزی، جنگل، فضای سبز، کاربردهای مهندسی (احداث ساختمان، دفن زباله، معادن، جاده‌سازی و ...)، حفاظت محیط زیست و حوزه‌های آبخیز می‌باشد (Bagheri Bodaghabadi, 2008). هماهنگی و مطابقت داشتن مشخصات شکل یا تیپ معینی از اراضی با نیازهای نوع ویژه‌ای از انواع کاربردها را تناسب اراضی[5] برای آن نوع کاربرد می‌گویند (FAO, 1976)، که درجه تناسب برای هر کاربری در خلال ارزیابی اراضی تعیین می‌گردد. ارزیابی تناسب اراضی به دو صورت کیفی و کمی مطرح شده است که در ارزیابی کیفی نیازی به محاسبه میزان درآمد و هزینه‌ها نبوده و فقط مشخصات فیزیکی اراضی مورد بررسی قرار می‌گیرند، ولی در ارزیابی کمی، مقایسه میزان هزینه‌ها با درآمد حاصله بر حسب معادلات اقتصادی، اصلی‌ترین قسمت در

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار و استاد گروه علوم خاک و استادیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: E-mail: baran_soil84@yahoo.com)

4- Land Evaluation

5- Land Suitability

ارزیابی تناسب اراضی است (Ayoubi, 1997; Vilson, 1991). یکی از مهم‌ترین مراحل ارزیابی اراضی، تعیین احتیاجات هر کاربری[1] و درجه‌بندی کردن این احتیاجات است. به عنوان مثال، راهنمای طبقه‌بندی چند منظوره اراضی در ایران، معروف به نشریه‌ی فنی شماره ۲۱۲ مؤسسه تحقیقات خاک و آب (Mansouri, 1991)، به‌عنوان راهنمای مطالعات ارزیابی منابع و قابلیت سرزمین، جهت کاربردهای گوناگون کشت آبی، دیم، مرتع و جنگل، که احتیاجات و محدودیت‌های اراضی از قبل، تعیین و درجه‌بندی شده‌اند به صورت یکسان در مناطق مختلف و در مقیاس‌های گوناگون استفاده شده و می‌شود.

فائو در سال ۱۹۷۶ یک چارچوب و نه یک روش ارزیابی، با هدف یکنواختی در مطالعات ارزیابی اراضی در سراسر دنیا ارائه کرد (FAO, 1976). در چارچوب ارائه شده، با تعریف مفاهیم ارزیابی اراضی، دست متخصصان را برای تعیین ویژگی‌های مؤثر بر هر کاربری و درجه‌بندی کردن آنها و در نهایت تعیین درجه تناسب اراضی را باز گذاشته است. البته در ادامه، فائو بر اساس چارچوب ارائه شده، دستورالعمل‌هایی را برای ارزیابی استفاده‌های اصلی مانند، کشت دیم (۱۹۸۳)، کشاورزی آبی (۱۹۸۹)، جنگل(۱۹۸۴)، چرای گسترده (۱۹۸۷) ارائه کرد. همچنین در سال ۱۹۹۱ سایس (Sys, 1991)، نیز بر مبنای چارچوب فائو، جداول درجه‌بندی شده‌ای را برای احتیاجات و محدودیت‌های گروهی از محصولات زراعی و باغی ارائه کردند که گیوی (Givi, 1994) جدول‌های ارائه شده توسط سایس را برای شرایط ایران بومی کرد و تحت عنوان نشریه فنی ۱۰۱۵ موسسه تحقیقات آب و خاک منتشر کرد.

با توجه به اینکه کاربری‌های اراضی در هر منطقه، نیازهای اقلیمی و خاکی متفاوتی دارند، استفاده از نشریه ۱۰۱۵ در هر منطقه از ایران نیز بدون بازنگری، نتایج قابل اعتمادی به ما نمی‌دهد (Bagheri Bodaghabadi, 2008) و لازم است معیارهای ارزیابی در هر منطقه بر اساس ویژگی‌های منطقه و هدف از ارزیابی تعیین و درجه‌بندی شوند. در این راستا می‌توان به مطالعه بنی‌نعمه (Banineameh, 2003) در ارومیه و چن و همکاران (Chen et al., 2003) در فلات لسی چین اشاره کرد. به‌عنوان مثال، چن و همکاران (Chen et al., 2003) برای ارزیابی مناطق مناسب برای کشت دیم، فقط از دو معیار نوع خاک و درجه شیب استفاده کرده است.

امروزه با افزایش جمعیت و نیاز روزافزون به تامین مواد غذایی، راهی بجز استفاده از اراضی وجود ندارد، ولی استفاده از اراضی باید به‌نحوی باشد که حداقل آسیب به اراضی وارد شود. تغییر کاربری اراضی مرتعی به دیم، عموماً سبب فرسایش و تخریب اراضی می‌شود. از آن‌جایی که بخش گسترده‌ای از اراضی زیر کشت در کشورمان، به کشت دیم اختصاص دارد که متاسفانه به علت عدم رعایت اصول دیم‌کاری، کمبود و پراکنش نامناسب بارندگی، عملکرد کمی دارند، بنابراین نیاز است که برای جلوگیری از تخریب بیشتر اراضی، مناطق مناسب برای کشت دیم مورد ارزیابی و شناسایی دقیق‌تر قرار گیرند.

حوزه آبخیز روئین واقع در استان خراسان شمالی از نظر توپوگرافی و جهت شیب از تنوع زیادی برخوردار است. بخش‌های زیادی از این حوزه از زمان‌های دور، زیر کشت دیم بوده است. بنابراین، برای بهره‌برداری مناسب و جلوگیری از تخریب اراضی منطقه، لازم است که اراضی برای کشت دیم موردارزیابی قرارگیرند. با توجه به مطالب گفته شده اهداف مطالعه حاضر تعیین ویژگی‌های مؤثر بر کشت محصولات دیم و درجه‌بندی کردن آن‌ها و تعیین کیفی تناسب اراضی برای کشت دیم و مقایسه آن با کاربری اراضی در حال حاضر بود.

مواد و روش‌ها

ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در استان خراسان شمالی و در ۴۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر بجنورد به وسعت ۵۰ کیلومتر مربع، بین طول‌های جغرافیایی ˝۲۹ ˚۵۷ تا ˝۳۸ ˚۵۷ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ˝۳۰ ˚۳۷ تا ˝۳۰ ˚۳۷ شمالی قرار گرفته است. میانگین بارندگی و دمای منطقه به‌ترتیب ۳۵۱ میلی‌متر و ۸/۱ درجه سانتی‌گراد است. اقلیم منطقه با استفاده از اقلیم نمای آمبرژه از نوع نیمه‌خشک سرد می‌باشد. محصولات دیم موجود در منطقه شامل گندم، جو، نخود و عدس و یونجه می‌باشد. به دلیل چندساله بودن یونجه، در ادامه بحث برای محصولات دو نام کلی دیم (گندم، جو، نخود و عدس) و یونجه دیم استفاده خواهد شد. براساس تفسیر عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای، نقشه واحدهای فیزیوگرافی تا حد اجزاء واحدهای اراضی تعیین شد. خاکرخ‌های شاهد در هر کدام از اجزاء واحد اراضی از گزارش خاک‌شناسی انجام شده توسط شرکت ساز آب شرق (Sazabeshargh, 2008) انتخاب شد. منطقه مورد مطالعه دارای دو تیپ اراضی، کوهستان و تپه است که ویژگی‌های آن‌ها در حد اجزاء واحد اراضی در جدول ۱ نشان شده است.

تعیین ویژگی‌های مؤثر بر کاربری اراضی و درجه‌بندی کردن آن‌ها

کیفیت‌های گوناگونی از اراضی، بر تناسب اراضی برای کشت دیم مؤثر هستند. انتخاب این کیفیت‌ها بستگی به هدف و ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه دارد. با توجه به بازدیدهای صحرایی و ویژگی‌های اراضی منطقه مورد مطالعه، کیفیت‌ها و ویژگی‌هایی از اراضی برای

1- Land Use Requirements

ایجاد یک دید کلی برای تعیین اراضی مناسب کشت دیم در سه گروه کلی اقلیم، خاک و ویژگی‌های وابسته بـه توپـوگرافی انتخـاب شـدند (جدول ۲). ویژگی‌ها با توجه به چارچوب فـائو (FAO, 1976)، منـابع مختلـف (Givi, 1994; Banineameh, Messing et al., 2003; 2003) و بازدیدهای صحرایی و مشاوره با کشـاورزان منطقـه، در دو کلاس مناسب (S) و نامناسب (N) و زیرکلاس‌های S_1 (تناسب زیاد)، S_2 (تناسب متوسـط)، S_3 (تناسـب کـم) و N_1 (نامناسـب ولـی قابـل استفاده) و N_2 (نامناسب همیشگی) درجه‌بندی شدند.

یکی از کیفیت‌های مؤثر بر استفاده از اراضی امکان خطر تخریب اراضی است. مهم‌ترین خطر تخریب اراضی در منطقه مـورد مطالعـه، فرسایش است. از آنجاکه اندازه‌گیری فرسایش معمـولاً دقـت بـالایی ندارد، مطالعات نشان داده است که کربن آلی خاک می‌توانـد شـاخص مناسب و دقیقی از تخریب اراضـی بـه‌ویـژه فرسـایش باشـد. راجـان (Rajan, 2010)، بیان کرد که تغییرات کربن آلی خاک شاخص قابـل اعتمادی از تخریب اراضی است. به همین دلیـل، بـرای تعیـین تـأثیر تغییـر کـاربری اراضـی بـر تخریـب اراضـی، کـربن آلـی خـاک در کاربری‌های و جهات گوناگون اندازه‌گیری شد. برای این منظور بعد از بازدید صحرایی از منطقه، از شیب‌های شمالی، جنوبی، شرقی و غربی ۸۴ نمونه خاک از بخش شیب پشتی و ۲۱ نمونه از بخش بدون‌جهـت (در مجموع ۱۰۵ نمونه خاک)، از ۷ نقطه از هر کـدام ازکـاربری‌هـای یونجه دیم، دیم و مرتع (خاک شاهد و دست نخورده)، از عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری خاک در تیرمـاه برداشـت شـد. ایـن منـاطق بـه‌گونـه‌ای انتخاب شدند که از نظر زمین‌شناسی، درصد و طول شیب دامنه‌هـا تـا حد ممکن مشابه باشند. از آن جا که در منطقه مـورد مطالعـه بخـش عمده مورد استفاده برای کشاورزی بخش شیب پشتی، پای شـیب[1] و پنجه شیب[2] بود، این بخش‌ها به‌عنوان واحدهای نمونه‌برداری انتخاب شدند. پای شیب و پنجه شیب به‌دلیل شیب کم (کمتر از سه درصد) و نسبتا مسطح، بدون جهت نام‌گذاری شـدند. در نهایـت، ویژگـی‌هـای اراضی با کیفیت‌های درجه‌بندی شده اراضی، مقایسه و درجـه تناسـب اراضی برای کشت دیم تعیین شد.

تعیین دوره رشد محصولات

به کل زمان کاشت تا برداشت دوره رشد گفته می‌شود، ولـی دوره رشد به شرایط آب و هـوایی بسـتگی دارد و دوره‌ای اسـت کـه در آن رطوبت و حرارت کافی هستند و امکان تولید محصولات کشـاورزی را فراهم می‌سازند. بر اساس تعریف فائو (FAO, 1983) از نظـر میـزان رطوبت، یک دوره رشد نرمال شامل چهار دوره فرعی است.

1- Footslope
2- Toeslop

جدول ۱- ویژگی‌های اجزاء واحد اراضی

Table 1- Characteristics of land components

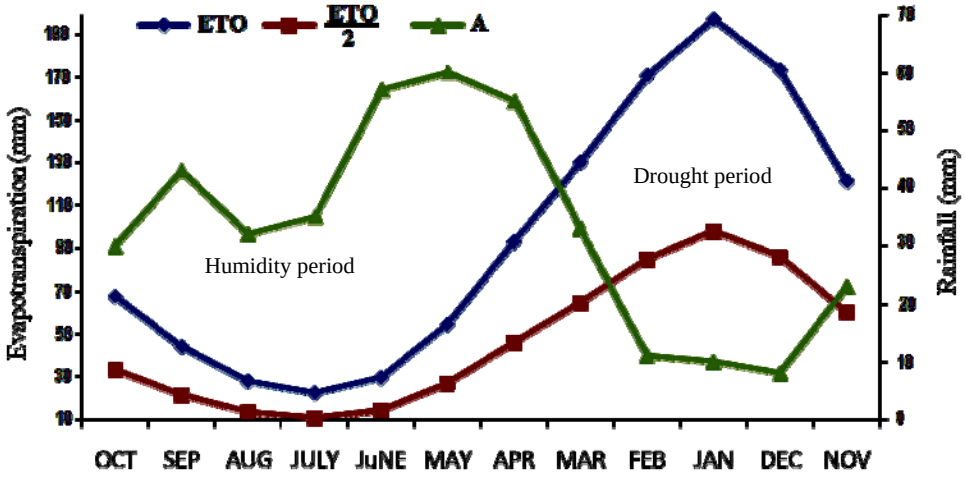
اجزاء واحد اراضی Land components	کاربری Land use	شدت و نوع فرسایش Severity and type of erosion	رده بندی خاک Soil classification	عمق خاک (سانتی‌متر) Soil depth (Cm)	سنگریزه سطحی (درصد) Topsoil stoniness (%)	سنگریزه عمقی (درصد) Subsoil stoniness (%)
2.2.2	دیم Rainfed	شیاری کم و سطحی متوسط Rill low and surface moderate	Typic Calcixerepts	78	15-35	15-35
1.1.2	مرتع، دیم Rainfed, Range	شیاری کم و سطحی متوسط Rill low and surface moderate	Typic Xerorthents	115	3-15	15-35
2.1.2	دیم Rainfed	شیاری کم و سطحی متوسط Rill low and surface moderate	Typic Calcixerepts	87	3-15	15-35

جدول۲- کیفیت‌ها و ویژگی‌هایی اراضی پیشنهادی برای ارزیابی اراضی منطقه مورد مطالعه برای کشت دیم

Table 2- Proposed land qualities and characteristics for rainfed land evaluation in the study area

کیفیت‌های اراضی Land qualities	ویژگی‌های اراضی Land characteristics
اقلیم Climate	میانگین دما، بارندگی و رطوبت نسبی در طول دوره رشد Mean temperature, rainfall and relative humidity of growing period
رطوبت قابل دسترس Moisture availability	بافت خاک، عمق خاک Soil texture, Soil depth
شرایط رشد ریشه Rooting conditions	عمق خاک، میزان سنگریزه عمقی خاک Soil depth, Subsoil stoniness
سهولت کار در مزرعه Soil workability	شیب، سنگریزه سطحی Slope, Topsoil stoniness
خطر تخریب اراضی (غالباً فرسایش) Hazard land degradation (Erosion)	جهت شیب (کربن آلی خاک)، درصد شیب Slope aspect (soil organic carbon), Slope

۱- شروع دوره رشد: زمانی که بارندگی از میزان تبخیر و تعرق کمتر، ولی از نصف آن بیشتر باشد؛ ۲- دوره مرطوب: بارندگی از میزان تبخیر و تعرق پتانسیل بیشتر باشد؛ ۳- پایان فصل بارندگی: بارندگی بین تمام و نصف تبخیر و تعرق قرار می‌گیرد و ۴- دوره ذخیره یا پایان دوره رشد: میزان بارندگی از نصف تبخیر و تعرق هم کمتر شده و در نتیجه گیاه از آب ذخیره شده در خاک استفاده می‌کند. فائو (FAO, 1983) چهار نوع دوره رشد تعریف کرده است. الف) دوره رشد نرمال: این نوع دوره رشد تمام چهار دوره فرعی فوق الذکر را دارد؛ ب) دوره رشد بینابین: دوره فرعی مرطوب وجود ندارد و در نتیجه آب در خاک ذخیره نشده و محصولات با کمبود آب مواجه می‌شوند؛ پ) دوره رشد مرطوب: در تمام طول سال، میزان بارندگی از تبخیر و تعرق بیشتر است و ت) دوره رشد خشک: در این نوع از دوره رشد، پیوسته در تمام طول سال، میزان بارندگی از نصف تبخیر و تعرق کمتر است. در مناطقی که چنین شرایطی حاکم است، از نظر رطوبت دوره رشدی وجود ندارد و دیم‌کاری امکان‌پذیر نیست. دوره رشد منطقه به روش گرافیکی با استفاده از داده‌های پتانسیل تبخیر و تعرق (ETO و ETO/2 به‌ترتیب میانگین و نصف پتانسیل تبخیر و تعرق ماهانه) و میانگین بارندگی ماهانه (R) در طول دوره رشد، تعیین شد (FAO, 1983).



شکل ۱- منحنی دوره رشد منطقه به روش گرافیکی، میانگین بارندگی ماهانه :R و میانگین تبخیر و تعرق پتانسیل ماهانه: ETO

Fig. 1– The growth curve, graphical method, R: Monthly precipitation and ETO: Mean monthly evapotranspiration

نتایج و بحث

همان‌طور که در شکل شماره ۱ نشان داده شده است دوره رشد منطقه هم دارای دوره مرطوب (بارندگی بیشتر از تبخیر و تعرق است؛ ذخیره رطوبت برای جوانه‌زنی) و هم دارای پایان دوره رشد (بارندگی کمتر از تبخیر و تعرق است؛ رسیدن به مرحله خشکی فیزیولوژیکی) است. بنابراین، بر اساس روش فائو (FAO, 1983) دوره رشد منطقه مورد مطالعه از نوع دوره رشد نرمال بوده و از نظر دوره رشد، منطقه مورد مطالعه مناسب برای کشت دیم می‌باشد.

از آنجاکه ارزیابی تناسب اقلیم برای کشت دیم بر ویژگی‌های دیگر، تقدم دارد، لازم است به صورت جزئی هریک از فاکتورهای اقلیمی در طول دوره رشد هر محصول تعیین شوند، زیرا اگر اقلیم یک منطقه از نظر بارندگی، درجه حرارت و رطوبت نسبی برای کشت دیم مناسب نباشد، ارزیابی سایر ویژگی‌ها، مانند خاک و توپوگرافی، توجیهی ندارد.

ویژگی‌های اقلیمی: در جدول ۳ پارامترهای اقلیمی برای گیاهان دیم منطقه آورده شده است. بر اساس درجه‌بندی ارائه شده برای ویژگی‌های ویژگی‌های اقلیمی در طول دوره شده (جدول ۴)، هیچ یک از محصولات مطالعه شده محدودیتی وجود ندارد و پارامترهای اقلیمی در کلاس تناسب S_1 و S_2 قرار دارند. بایستی ذکر شود که از میانگین ۲۵ ساله اطلاعات اقلیمی استفاده شده است.

ب- آب قابل دسترس، شرایط رشد ریشه و سهولت عملیات کشاورزی

این سه کیفیت خاک تحت تأثیر ویژگی‌های مشترک، ازجمله بافت خاک، درصد شیب و سنگریزه عمقی وسطحی هستند.

بافت خاک: این مشخصه یکی از ویژگی‌های فیزیکی خاک در رابطه با میزان رطوبت قابل دسترس به‌ویژه در مناطق دیم‌کاری شده با بارندگی کم، شرایط رشد ریشه (زهکشی) و سهولت عملیات مکانیزه کشاورزی است. آنالیزهای آزمایشگاهی بافت خاک اجزای واحد اراضی را در دو کلاس لوم‌رسی و لوم‌رسی‌شنی طبقه‌بندی کرد و بر اساس جداول نشریه ۱۰۱۵ موسسه تحقیقات آب و خاک (Givi, 1994)، درجه‌بندی شدند (جدول ۴). برای محصولات مورد نظر، بافت خاک، محدودیتی ایجاد نکرد و در کلاس تناسب S_1 و S_2 قرار گرفتند. EC، pH، کربنات کلسیم معادل، زهکشی، خطر سیلگیری، قلیائیت و مقدار گچ از ویژگی‌های مؤثر بر کاربری اراضی هستند که در بیشتر روش‌های ارزیابی به آنها توجه شده است. با توجه به آنالیزهای آزمایشگاهی و بازدیدهای صحرایی، ویژگی‌های گفته شده محدودیتی برای کشت محصولات دیم در منطقه ایجاد نمی‌کنند. در صورتی که نتایج مطالعه محنت‌کش (Mehnatkesh, 1995) نشان داد که در شهرکرد عوامل محدودکننده کشت گندم، عوامل فیزیکی خاک، توپوگرافی و زهکشی می‌باشند. همچنین جلالیان و همکاران (Jalaliyan et al., 2009) در استان ایلام pH را به‌عنوان محدودکننده‌ترین عامل برای کشت کنجد دانست.

درصد شیب: با توجه به مکانیزه بودن عملیات زراعی، درصد شیب برای ارزیابی تناسب اراضی در نظر گرفته شد. برای شیب، درجه‌بندی‌های گوناگونی ارائه شده است. در نشریه ۲۰۵ موسسه تحقیقات آب و خاک (Mansouri, 1991)، شیب‌های بیشتر از ۱۲ درصد را برای کشت دیم نامناسب در نظر گرفته است. چن و همکاران (Chen et al., 2003)، نیز در اراضی لسی چین که بسیار حساس به فرسایش می‌باشند، درجه‌بندی متفاوتی ارائه کرده است. برای تمامی کلاس‌های خاک، شیب‌های بیشتر از ۲۵ درصد را در کلاس تناسب S_5، اراضی لسی با ارتفاع بیشتر از ۱۲۰۰ متر و شیب‌های کمتر از سه درصد را در کلاس تناسب S_1 و در اراضی با سنگ بستر هوازده شدید، شیب‌های کمتر از سه درصد را در کلاس تناسب S_4 تا S_5 قرار داده‌اند.

جدول ۳- میانگین ویژگی‌های اقلیمی در طول دوره رشد محصولات منطقه مورد مطالعه (۱۳۸٤-۱۳۵۹)

Table 3- Mean climatic factors during the growth period of the crops in the study area

کاربری Land use	تاریخ کاشت Planting date	تاریخ برداشت Harveing date	بارندگی (میلی‌متر) Rainfall (mm)	دما (سانتی‌گراد) Temperature (C°)	رطوبت نسبی (درصد) Relative humidity (%)
یونجه Alfalfa	۲۰ اسفند 20th June	۲۰-۱۵ تیر 15-20th Feb	246	14.82	60.82
گندم Wheat	۱۵ آبان 15th Oct	۲۰ مرداد 20th Jun	287	20.3	66.7
جو Barley	۱۰ آبان 10th Oct	۱۵-۱۰ مرداد 10-15th Jun	287	20.3	66.7
نخود و عدس Pea and lentils	۲۰ اسفند 20th June	۲۰ مرداد 20th Jun	237	18	62.68

با توجه به شرایط توپوگرافی منطقه، نقشه شیب با استفاده از مدل رقومی ارتفاع (DEM)[1] منطقه در محیط GIS تهیه و در پنج کلاس (۵-۰)، (۱۰-۵)، (۱۵-۱۰)، (۲۰-۱۵) و بیشتر از ۲۰ درصد طبقه‌بندی شد. درمنطقه مورد مطالعه، در جهت سهولت کار در مزرعه با توجه به مکانیزه بودن عملیات کشت و کار، و مناسب بودن رطوبت قابل دسترس، به‌ویژه برای دیم‌کاری، شیب‌های ۱۵ تا ۲۰ درصد در کلاس تناسب S_3 و شیب‌های بیشتر از ۲۰ درصد در کلاس تناسب N_2 قرار گرفتند.

سنگریزه سطحی و عمقی: سنگریزه با کاهش حجم مؤثر خاک، باعث محدودیت در تامین آب و مواد غذایی می‌شود. در نشریه ۲۰۵ موسسه تحقیقات آب و خاک (Mansouri, 1989)، تا۴۰ درصد سنگریزه در خاک را برای کشت دیم مناسب معرفی کرده است. برای درجه‌بندی سنگریزه از جداول نشریه ۱۰۱۵ (Givi, 1994) استفاده شد،که درجه بندی آن در جدول ۴ نشان داده شده است. درصد سنگریزه عمقی ۳۵-۱۵ درصد بین اجزاء واحد اراضی مشترک بود. برای تمام کاربری‌ها، درصد سنگریزه سطحی و عمقی در کلاس‌های تناسب S_1 و S_2 قرار گرفتند. با توجه به اهمیت درصد سنگریزه برای سهولت کار در مزرعه توسط ادوات مکانیزه و رشد ریشه، سنگریزه سطحی و عمقی محدودیتی برای کشت دیم در منطقه ندارند. جلالیان و همکاران (Jalaliyan et al., 1998)، در منطقه تالاندشت کرمانشاه نشان دادند که مهم‌ترین ویژگی‌های محدود کننده برای تولید گندم، درصد سنگریزه در عمق و در سطح بوده است.

تخریب اراضی: همان‌گونه که در مقدمه ذکر شد، تغییرات کربن آلی خاک در کاربری‌ها و جهات شیب گوناگون برای درجه‌بندی تخریب اراضی استفاده شد. در مقیاس محلی، مولفه‌های توپوگرافی و کاربری اراضی، تعیین کننده تغییرات کربن آلی خاک می‌باشند. فانتاو و همکاران (Fantav et al., 2006)، نشان دادند که درکوههای بیل واقع درجنوب شرقی اتیوپی، جهت‌های گوناگون شیب، به‌علت تفاوت در میکروکلیما و پوشش گیاهی، عوامل مهم مسئول تغییرات قابل توجه میزان کربن آلی و ذخیره نیتروژن هستند. باقریفام و همکاران (Bagherefam et al., 2011)، تأثیر جهت و موقعیت شیب را به عنوان عوامل مهم تغییرات کربن آلی خاک در ارضی سیساب بجنورد بیان کردند. در کنار عوامل طبیعی، تغییر کاربری اراضی از حالت طبیعی مرتعی به کشاورزی، معمولاً باعث افت مقدار کربن آلی خاک می‌شود. مطالعات انجام شده در اسکاتلند نیز نشان داده است که میزان تخریب خاک در آبخیزهایی که به‌طور غالب تحت کشت و کار هستند، بیشتر از مراتع دست نخورده می‌باشد (McManus, 1990 & Duck).

شکل شماره ۲، نشان‌دهنده نتیجه تجزیه و تحلیل آماری و مقایسه میانگین کربن آلی خاک در سه کاربری مرتع (به‌عنوان خاک شاهد)، دیم و یونجه دیم است. نتایج بیانگر آن است که در تمام کاربری‌ها، شیب شرقی بیشترین و شیب جنوبی کمترین مقدار کربن آلی را دارد؛ همچنین، علاوه بر شیب شرقی، شیب‌های بدون جهت نیز به‌دلیل صاف بودن و نگهداری بیشتر رطوبت، درصد کربن آلی قابل توجهی دارند. در همه کاربری‌ها، مقدار کربن آلی خاک در همه جهت‌های شیب، بجز شیب جنوبی، از نظر آماری تفاوت معنی‌داری ندارند. همچنین در منطقه مورد مطالعه میزان درصد کاهش کربن آلی خاک در شیب‌های جنوبی بیشتر است و مقدار کاهش در این شیب‌ها، در اثر تبدیل مرتع به دیم، به ۵۹/۲ درصد و در اثر تبدیل مرتع به یونجه به ۳۸/۲ درصد می‌رسد. در دیگر شیب‌ها مقدار کاهش، کمتر از ۳۰ درصد است و کمترین مقدار کاهش با مقدار ۱۸/۳ درصد مربوط به یونجه دیم در شیب‌های شرقی می‌باشد.

جهت شیب با تأثیر بر میزان انرژی دریافتی، باعث تفاوت در میکرواقلیم می‌شوند. در منطقه مورد مطالعه شیب‌های شرقی، بیشترین مقدار کربن آلی را داشته و با شیب‌های شمالی و غربی نیز تفاوت معنی‌داری ندارند. با توجه به جهت باد غالب منطقه که از سمت غرب به شرق است، می‌توان بیان نمود که شیب‌های شرقی در قسمت بادپناه قرار گرفته‌اند و در نتیجه میزان تبخیر و تعرق در این جهت شیب کم شده و پوشش گیاهی بیشتر به دلیل فراهم بودن آب بیشتر، می‌تواند توجیه‌کننده بیشتر بودن کربن آلی در شیب‌های شرقی باشد. و شیب‌های جنوبی نیز به‌علت دریافت بیشتر نور خورشید و تبخیر و تعرق بیشتر، نسبت به سایر جهات دارای کربن آلی کمتری نسبت به سایر مناطق مشابه است.

در منطقه‌ای نیمه‌خشک در تانزانیا ولی گرمتر از منطقه مورد مطالعه، مقدار کاهش کربن آلی خاک پس از کشت وکار درازمدت، بیش از ۵۰ درصد گزارش شده است (Birch et al., 2007). با توجه به مطالب گفته شده، مقدار کاهش کربن آلی خاک در همه شیب‌ها بجز شیب جنوبی در حد قابل قبولی است. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل تغییرات کربن آلی خاک، برای درجه‌بندی تخریب اراضی، شیب‌های شرقی، شمالی و بدون جهت در کلاس S_1 و شیب غربی در کلاس S_2 و شیب جنوبی در کلاس N_1 قرار داده شدند. با توجه به تأثیر یونجه بر تغییرات کرن آلی خاک، شیب‌های جنوبی برای کشت دیم یونجه در کلاس S_3 قرار گرفتند.

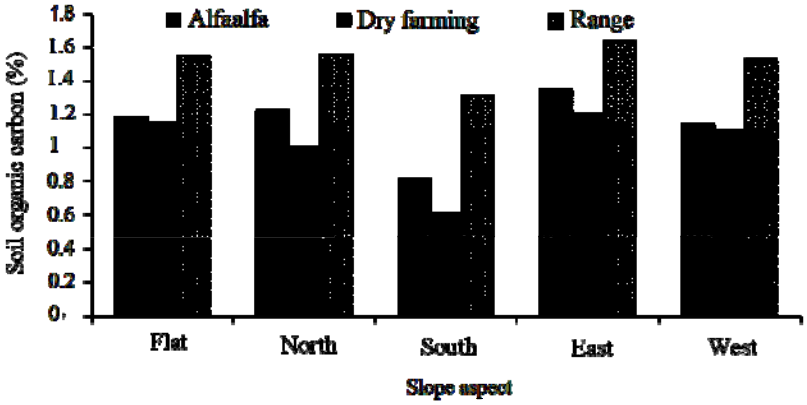
تناسب اراضی منطقه برای کشت دیم: با توجه به نتایج حاصل از درجه‌بندی کیفیت‌های اراضی که در بخش‌های قبلی به آن پرداخته شد (جدول ۴)، مشخص شدکه در منطقه مورد مطالعه، ویژگی‌های اقلیمی و ویژگی‌هایی که مربوط به خاک هستند، محدودیتی برای استفاده از اراضی ایجاد نمی‌کنند و فقط ویژگی‌های شیب و جهت شیب هستند که بر کیفیت‌های تخریب اراضی، سهولت کار در مزرعه و در نهایت، بر کشت دیم در این منطقه تأثیرگذار هستند.

1- Digital Elevation Model

جدول٤- درجه‌بندی فاکتورهای مورد مطالعه در منطقه

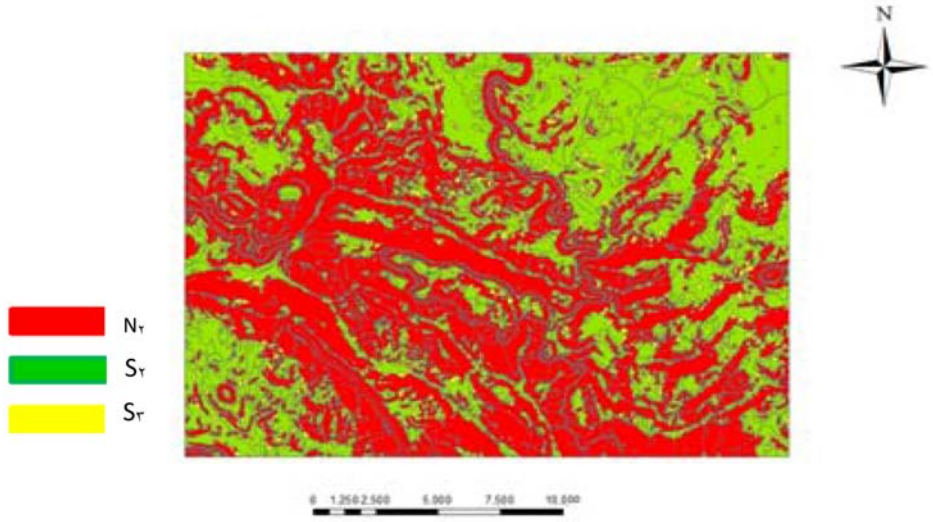
Table 4- Rating factors in the study area

یونجه Alfalfa					نخود و عدس Pea and lentil					گندم و جو Wheat and barley					ویژگی اراضی Land characteristics	کیفیت اراضی Land quality
N_2	N1	S3	S2	S1	N2	N1	S3	S2	S1	N2	N1	S3	S2	S1		
<10	-	10-15	15-20	20-24	<18	-	16-18	18-20	20-22	<8	-	8-10	10-12	12-15	میانگین دما (سانتی گراد) Mean temperature (°C)	اقلیم climate
<150	-	150-200	200-300	300-400	<150	-	150-200	200-300	300-400	<200	-	200-250	250-350	350-450	میانگین بارندگی (میلی‌متر) Mean precipitation (mm)	
-	-	<24	20-24	24-30	-	-	>90	80-90	60-80	-	-	<20	20-24	24-30	میانگین رطوبت نسبی (درصد) Mean Relative Humidity (%)	
S, c_s	Sic_m,	ls	Sil, sl	Sicl, cl,	S, c_s	Sic_m,	ls	Sil, sl	Sicl, cl,	S, c_s	Sic_m	ls	Sil, sl	Sicl, cl,	بافت خاک Soil texture	رطوبت قابل دسترس Moisture availability
<20	-	20-50	50-75	75-100	<20	-	20-50	50-75	75-90	<20	-	20-50	50-75	75-100	عمق خاک (سانتی‌متر) Soil depth (cm)	
-	>75	35-75	15-35	<15	-	>75	35-75	15-35	<15	-	>75	35-75	15-35	<15	سنگریزه عمقی (درصد) Subsoil stoniness (%)	شرایط رشد ریشه Rooting conditions
-	<40	40-80	80-120	>120	-	>25	25-40	40-80	>80	<10	-	10-30	30-60	>60	عمق خاک Soil depth	
>20	-	15-20	10-15	0-10	>20	-	15-20	10-15	0-10	>20	-	15-20	10-15	0-10	درصد شیب Slope present	سهولت کار در مزرعه Field workability
>55	-	35-55	15-35	3-15	>55	-	35-55	15-35	3-15	>55	-	35-55	15-35	3-15	سنگریزه سطحی (درصد) Topsoil stoniness (%)	
>20	-	15-20	10-15	0-10	>20	-	15-20	10-15	0-10	>20	-	15-20	10-15	0-10	درصد شیب Slope present	خطر تخریب اراضی Land degradation
-	South	-	West, North	East, Flat	-	South	-	West, North	East, Flat	-	South	-	West, North	East, Flat	جهت شیب Slope aspect	



شکل ۲- میزان کربن آلی خاک در جهات مختلف شیب کاربری‌های مورد مطالعه

Fig. 2– The amount of soil organic carbon in different slope aspects of studied land uses



شکل ۳- نقشه تناسب کشت دیم در حال حاضر برای کل منطقه مورد مطالعه

Fig. 3- Land suitability for rainfed farming of the study area

نقشه تناسب اراضی برای کشت دیم بر اساس مقایسه ویژگی‌های اراضی با ویژگی‌های درجه‌بندی شده، به در شکل ۳ نشان داده شده است.

در نقشه تناسب در حال حاضر دیم منطقه، کلاس تناسب S_1 اراضی مناسب، S_3 اراضی با تناسب کم و N_2 اراضی نامناسب همیشگی از لحاظ جهت و درصد شیب می‌باشند. همانطور که نقشه تناسب اراضی نشان می‌دهد، سطح زیادی از کل اراضی منطقه از نظر درصد و جهت شیب، در کلاس نامناسب همیشگی قرار دارند و برای کشت دیم به‌علت محدودیت توپوگرافی مناسب نیستند.

در حال حاضر از ۵۰۰۰ هکتار کل منطقه مورد مطالعه، ۱۱۸۶ هکتار کشت دیم و ۳۴۲۰ هکتار مرتع می‌باشد. از کل ۱۱۸۶ هکتار اراضی دیم، ۲۶۷ و ۲۹۴ هکتار آن به ترتیب مربوط به شیب‌های بیشتر از ۲۰ درصد و شیب‌های جنوبی می‌باشد که حدود نیمی از اراضی دیم را به خود اختصاص داده‌اند که برای کشت دیم مناسب نیستند و خطر تخریب اراضی را به دنبال دارند.

با در نظر گرفتن اراضی نامناسب برای کشت دیم، از کل ۱۱۸۶ هکتار اراضی مربوط به کشت دیم، ۲۶۷ هکتار از این اراضی مربوط به شیب‌های بیشتر از ۲۰ درصد و ۳۵۹ هکتار مربوط به جهت‌های جنوبی است. از ۳۵۹ هکتار جهت‌های جنوبی ۶۵ هکتارش مربوط به شیب‌های بیشتر از ۲۰ درصد است که با کاهش آن از ۳۵۹ هکتار، مساحت کل جهات جنوبی به ۲۹۴ هکتار می‌رسد. بنابراین، در منطقه مورد مطالعه ۵۶۱ هکتار (۵۶۱= ۲۹۴+۲۶۷) اراضی نامناسب و ۶۲۵ هکتار (۶۲۵= ۵۶۱-۱۱۸۶) اراضی مناسب برای کشت دیم وجود دارد، اما با توجه به نیاز کشاورزان به دیم‌کاری و کاهش سطح زیر کشت و

همچنین توسعه صنعت دامپروری در منطقه ۲۹۴ هکتار اراضی مربوط به جهت‌های جنوبی با رعایت اصول دیم‌کاری، به کشت یونجه اختصاص پیدا کرد و در نهایت، اراضی مناسب کشت دیم از ۶۲۵ هکتار به ۹۱۹ هکتار (۹۱۹= ۶۲۵+۲۹۴) گسترش یافت. در این حالت یک تضاد ایجاد می‌شود؛ ازیک سو برای جلوگیری از تخریب اراضی مجبور به کاهش سطح زیرکشت هستیم و از سوی دیگر به‌دلیل وابستگی مردم به کشاورزی، کاربران منطقه از نظر اقتصادی با مشکل مواجه خواهند شد. در آمایش سرزمین[1]، دو اصل اساسی شامل جلوگیری از تخریب اراضی و حفظ آن برای نسل‌های آینده و اقتصادی بودن استفاده از اراضی مطرح است (FAO, 1993)؛ دو اصلی که در ظاهر متضاد هستند، ولی باید نقطه مشترک این دو اصل را پیدا کرد. با توجه به مطالب گفته شده لازم است تحقیقات بیشتری برای بالابردن عملکرد در واحد سطح یا کشت‌های جایگزین برای جبران کاهش درآمد انجام شود.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که در منطقه روئین ویژگی‌های خاک، مشکلی برای کشت دیم ایجاد نمی‌کنند وتنها دو ویژگی شیب و جهت شیب، عوامل محدودکننده کشت دیم هستند. شیب زیاد از یک سو با اثر بر سهولت کار در مزرعه و از سوی دیگر به دلیل خطر فرسایش، باعث کاهش درجه تناسب اراضی می‌شود. شیب‌های جنوبی به دلیل این که بیشتر در معرض تابش خورشید هستند، انرژی بیشتری دریافت کرده و رطوبت آنها کم و مقدار ماده آلی خاک نیز کم می‌باشد و کشت و کار باعث کاهش شدیدتر کربن آلی خاک در شیب‌های جنوبی نسبت به شیب‌های دیگر می‌شود. به همین دلیل شیب‌های جنوبی مناسب کشت دیم نیستند. با این حال، یونجه دیم به دلیل این که چند ساله است و نیاز به شخم و شیار سالانه ندارد، در صورت رعایت اصول حفاظتی برای شیب‌های جنوبی می‌تواند مناسب باشد. نتایج تناسب اراضی نشان می‌دهد که حتی با اختصاص شیب‌های جنوبی به کشت یونجه، ۲۰ درصد از سطح اراضی زیر کشت دیم باید کاسته شود. بنابراین، برای رسیدن به یک کشاورزی پایدار، لازم است که با افزایش عملکرد در واحد سطح یا معرفی الگوهای کشت جدید، ضرر اقتصادی ناشی از کاهش سطح زیرکشت جبران شود.

سپاسگزاری

از شرکت سازآب شرق اداره کل منابع طبیعی استان خراسان شمالی، سازمان نقشه‌برداری استان خراسان رضوی و معاونت پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی، کمال تشکر و قدردانی را داریم.

منابع

1- Owliaie, H.R. 2010. Inter Preting Soil Test Results. Choil Publisshing, Yasouj Univesity, Iran 270 pp. (In Persian)
2- Ayoubi, S. 1997. Qualitative and quantitative land suitability for important crops in North Baraan (Isfahan). MSc Thesis, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. (In Persian with English Summery)
3- Alvarez, R., and Lavado, R.S. 1998. Climate, organic matter and clay content relationships in the Pampa and Chaco soils, Argentina. Geoderma 83: 127-141.
4- Banineameh, J. 2003. Land evaluation for land use with especial attention to sustainable fodder production in the rouzeh chai catchment of orumiyeh area Iran. MSc Thesis, College of Agriculture, Tabriz University, Tbarz, Iran. (In Persian with English Summery)
5- Bagheri Bodaghabadi, M. 2008. Applied Land Evaluation and Land Use Planning. Pelk Press, Tehran, Iran 113 pp. (In Persian)
6- Bagherifam, S., Karimi, A., Lakzian, A., and Izanloo, A. 2011. Soil organic carbon distribution in different slope positions affected by topography and land use management in Sisab area, Bojnourd. Second National Conference on Combating desertification and Sustainable Development of the Iranian Desert Lagons, Arak, Iran. 23-24 December. (In Persian with English Summery)
7- Birch-Thomsen, T., Elberling, B., Fog, B., and Magid, J. 2007. Temporal and spatial trends in soil organic carbon stocks following maize cultivation in semi-arid Tanzania, East Africa. Nutrient Cycling in Agroecosystems 79: 291-302.
8- Chen, L., Ingmar, M., Shurong, Z., Bojie, F., and Stig, L. 2003. Land use evaluation and scenario analysis towards sustainable planning on the Loess Plateau in China-case study in a small catchment. Catena 54: 303–316.
9- Doran, J.W. 1987. Microbial biomass and mineralizable nitrogen distribution in no-tillage and plowed soils. Biology and Fertility of Soils Journal 5: 68-75.

1- Land Use Planning

10- Duck, R.W., and McManus, J. 1990. Relationship between catchments land use and sediment yield in the mid land valley of Scotland. In: Soil Erosion on Agricultural Land (ed. by J. Boardman, I.D.L. Foster and J.A. Dearing), 285–299. John Wiley and Sons Ltd, Chichester, West Sussex, UK.
11- Farajniya, A. 2007. Evaluation of land suitability and potential yield determining of sugar beet in Yekanat, Marand. Iranian Journal of Sugarbeet 23: 43-45. (In Persian)
12- Fantav, Y., Stig, L., and Abdu, A. 2006. Soil organic carbon and total nitrogen stocks as affected by topographic aspect and vegetation in the Bale Mountains, Ethiopia. Geoderma 135: 335–344.
13- FAO, 1976. A Framework for Land Evaluation. Soil Bulletin No. 32, FAO, Rome, 72 pp.
14- FAO, 1983. Guidelines: Land Evaluation for Rainfed Agriculture. FAO Soils Bulletin No. 52. Rome, FAO.
15- Givi, J. 1994. Qualitative land suitability for agriculture, Horticulture Crops. Publication No. 1015, Soil and Water Institute.
16- Jalalian, A., Givi, J., Bazgir, M., and Ayoobi, S. 2006. Qualitative, quantitative and economic land suitability evaluation of dryfarming land of Talandasht region, Kermanshah for main crops. Iranian Journal of Agricultural Science and Natural Resouurces 4: 10. (In Persian)
17- Jalalian, A., Rostaminiya, M., Ayoobi, S., and Amini, A. 2007. Qualitative, quantitative and economic land suitability evaluation for wheat, maize and sesame in Mehran Plain, Ilam. Iranian Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 11: 393-403. (In Persian)
18- Mansouri, M.H. 1991. Guideline for multipurpose Land classification. Soil and Water Research Institute, Bulletin No. 212.
19- Mansouri, M.H. 1989. Guideline of Land Classification for Irrigated Farming. Soil and Water Research Institute, Bulletin No. 205.
20- Khaksar, S.M., Ayeneband, A., Moeziy, A.A., and Yazdipor, A.R. 2007. Qualitative of land suitability evaluation for barley and alfalfa crops in the Gargar plains of Khuzestan using root square parametric method. Itanian Journal of Agricultural Sciences 1: 55-66. (In Persian)
21- Messing, I., Fagerstrom, M., Chen, L., and Bojie, F. 2003. Criteria for land suitability evaluation in a small catchment on the Loess Plateau in China. Catena 54: 215–234.
22- Mehnatkesh, A. 1999. Qualitative, quantitative and economic land suitability for major crops of Shahrekord area. MSc Thesis, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran pp: 201. (In Persian)
23- Rajan, K. 2010. Soil organic carbon-the most reliable indicator for monitoring land degradation by soil erosion. Current Science 99: 6-25.
24- Raiesi, F. 2006. Carbon and N mineralization as affected by soil cultivation and crop residue in a calcareous wetland ecosystem in Central Iran. Agriculture, Ecosystems and Environment 112: 13-20.
25- Sys, C.E.V., and Debaveye, J. 1991. Land evaluation Part II. Methods in Land evaluation, Internatinal training center for post graduate soil scientist, Ghent University, Ghent 247 pp.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۲، ص. ۱۶۰-۱۵۳

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 2, Summer 2013, p. 153-160

مطالعه کمی و کیفی تولید علوفه در کشت مخلوط کوشیا (*Kochia scoparia* L.) با ارزن پادزهری (*Panicum antidotale* Retz.) تحت شرایط آبیاری با آب شور

محمد علی فرجیان مشهدی[1*]، محمد کافی[2] و احمد نظامی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۴/۳۱

چکیده

شوری خاک و آب آبیاری مشکلات عمده‌ای را برای تولید علوفه بوجود آورده است بنابراین این تحقیق با هدف بررسی کمی و کیفی تولید علوفه در کشت مخلوط کوشیا (*Kochia scoparia* L.) و ارزن پادزهری (*Panicum antidotale* Retz.) در شرایط آبیاری با آب شور به اجرا درآمد. هدایت الکتریکی آب آبیاری در طی دوره رشد ۴/۹ دسی‌زیمنس بر متر بود. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقات شوری قطب علمی گیاهان زراعی ویژه دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. تیمارهای آزمایش متشکل از سه سطح مختلف (۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد) از ترکیب نسبی دو گونه و دو تیمار تک کشتی بود. در بین تیمارهای مخلوط در مجموع دو چین، تیمار ۵۰٪ ارزن و ۵۰٪ کوشیا با میانگین ۱۴۰۸ گرم در مترمربع بیشترین عملکرد ماده خشک را داشت و پس از آن تیمار ۲۵٪ ارزن و ۷۵٪ کوشیا و تیمار ۷۵٪ ارزن و ۲۵٪ کوشیا به ترتیب با میانگین ۱۳۱۷ و ۹۹۳ گرم در مترمربع قرار گرفتند. به علت رشد کمتر ارزن پادزهری (گیاهی چند ساله) در سال اول، سهم زیادی از عملکرد ماده خشک در هر تیمار، مربوط به کوشیا بود و در تمامی تیمارهای مخلوط، نسبت برابری زمین کمتر از یک بود. در چین اول و دوم، تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مخلوط از نظر درصد پروتئین خام، خاکستر، فیبر شوینده خنثی (NDF) و فیبر شوینده اسیدی (ADF) وجود نداشت. ولی با توجه به خصوصیات متفاوت کمی و کیفی علوفه این دو گیاه، تحقیقات بیشتر در این زمینه توصیه می شود.

واژه‌های کلیدی: ارزش غذایی، پروتئین خام، خاکستر، فیبر شوینده خنثی، فیبر شوینده اسیدی، نسبت برابری زمین

مقدمه

بر اساس برخی پیش بینی‌ها، جمعیت جهان تا سال ۲۰۲۵ به هشت میلیارد نفر و تا سال ۲۰۵۰ به ۸/۹ میلیارد نفر می‌رسد، بنابراین تا سال ۲۰۲۵ میلادی نیاز به تولید غذا افزایش چشمگیری خواهد یافت. تحت این شرایط امنیت غذایی کشورهای در حال توسعه بیشتر از سایر کشورها تحت تأثیر قرار می‌گیرد. از طرفی نیز شوری هفت درصد از زمین‌های دنیا، حدود ۹۳۰ میلیون هکتار را تحت تأثیر قرار داده است و روز به روز این مناطق شور در حال گسترش می‌باشند (Kafi et al., 2009). براساس آمار موجود، در سطح جهانی، ایران پس از چین، هند و پاکستان بیشترین درصد اراضی شور را به خود اختصاص داده است (Kafi & Khan, 2008). با توجه به اینکه ایران در منطقه خشک و نیمه خشک قرار دارد، در بسیاری از مناطق آن محدودیت منابع آب شیرین باعث شده است تا کشاورزان به منظور تولید محصولات زراعی از آب‌هایی با کیفیت پایین و شور استفاده کنند (Nezami et al., 2008). بنابراین، شوری جزء جدانشدنی بخش زیادی از مناطق زراعی ایران است و یافتن راه‌کارهایی برای مقابله با این تنش ضروری به نظر می‌رسد. از جمله راه‌کارهای تولید محصولات زراعی در شرایط تنش شوری، کاهش گسترش شوری، افزایش تحمل به شوری در گیاهان زراعی و استفاده از گیاهان متحمل به شوری می‌باشد (Nezami et al., 2008).

با توجه به کاهش کمیت و در بعضی موارد نیز کاهش کیفیت محصول در شرایط تنش شوری، هر عاملی که به نحوی سبب جبران این کمبود شود، راهگشا خواهد بود. نظام کشت مخلوط، با افزایش تعداد گونه‌ها در واحد سطح، به عنوان یک راه حل برای افزایش تولید در کشاورزی پیشنهاد شده است. از مهم‌ترین فواید کشت مخلوط افزایش تولید در واحد سطح نسبت به تک کشتی و استفاده بهتر از عوامل محیطی مانند نور، آب و مواد غذایی موجود در خاک است

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، عضو قطب علمی گیاهان زراعی ویژه و استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email:m.ali.farajian@gmail.com)

(Mazaheri, 1998؛ در حالی‌که در بسیاری از زیست بوم‌های زراعی دنیا، افزایش شوری آب و خاک معضل مهمی شده است و برای تأمین علوفه دام نیز مشکلات جدیدی به وجود آورده است.

گیاهان شور زیست به‌طور تاریخی برای چرای دام و یا به عنوان بخشی از جیره دام مورد استفاده قرار می‌گرفته‌اند (Masters et al., 2007). به‌طور کلی، گونه‌های متحمل به شوری از نظر پروتئین خام غنی هستند، اما انرژی قابل استفاده کمتر و نمک بالایی (عامل ضد کیفیت علوفه) دارند (Norman et al., 2002; Loch et al., 2003). به همین دلیل مصرف مخلوط گیاهان علوفه‌ای متحمل به شوری، به جای مصرف فقط یک گونه، سبب بهبود تولید در دام‌ها شده است (Loch et al., 2003). یکی از دلایلی که در بسیاری از نقاط جهان زراعت مخلوط بر تک کشتی برتری دارد موازنه در امر تغذیه است (Mazaheri, 1998). انتخاب و مدیریت گیاهان علوفه ای در شرایط تنش شوری، برای بهبود انرژی قابل مصرف برای دام و پروتئین علوفه، همراه با شناسایی گیاهانی که نمک و ترکیبات ضد تغذیه‌ای کمتری جذب می‌کنند، چشم‌اندازی برای تولید علوفه با کیفیت برای دام‌های اهلی خواهد بود (Masters et al., 2007).

کوشیا (*Kochia scoparia* L.) گیاهی یک ساله از خانواده Chenopodiaceae و ارزن پادزهری (*Panicum antidotale* Retz.) گیاهی چندساله از خانواده Poaceae و از هالوفیت‌ها هستند. کوشیا دارای عملکردی نزدیک به یونجه است و این مقدار علوفه را با نصف آب مورد نیاز یونجه تولید می‌کند و کیفیت این آب نیز می‌تواند بسیار پایین‌تر از آب مورد استفاده در یونجه باشد (Rankins & Smith, 1991). میزان پروتئین خام این گیاه نیز حدود ۲۰ درصد و دارای حدود ۱۶ درصد خاکستر است (Madrid et al., 1996). زراعت گیاه کوشیا به عنوان گیاهی آینده‌دار به منظور تولید علوفه پیشنهاد شده است که مقاوم به شوری و خشکی و گرما می‌باشد (Jami Al-Ahmadi et al., 2004). ارزن پادزهری نیز حدوداً هشت درصد پروتئین خام و ۱۲ درصد خاکستر دارد (Bakhashwain et al., 2010). همچنین این گیاه تا حدود ۱۳ تن در هکتار ماده خشک تولید کرده است (Al-Solaimani et al., 2009). نتایج پژوهشی نشان داد که کشت مخلوط لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata*) و *P. anitdotale* Retz. ۶/۹ تن در هکتار ماده خشک تولید کرد، در صورتی که تک کشتی *P. anitdotale* Retz. تنها ۴/۷ تن در هکتار علوفه خشک تولید کرد (Saleem, et al., 2006).

با توجه به تعداد محدود هالوفیت‌های زراعی، انتخاب دو هالوفیت برای کشت مخلوط نسبتاً سخت‌تر است و کشت مخلوط یک گیاه چندساله با یک گیاه یک‌ساله غیر منطقی به نظر می‌رسد، ولی با توجه به ریزش بذر کوشیا، هر ساله کوشیا نیز در مزرعه سبز خواهد شد و نیازی به کشت مجدد نخواهد داشت. بنابراین، با توجه به معضلاتی که شوری آب و خاک از نظر کمی و کیفی برای تأمین علوفه به وجود آورده است، این تحقیق با هدف بررسی کمی و کیفی تولید علوفه در کشت مخلوط کوشیا و ارزن پادزهری در شرایط آبیاری با آب شور به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقات شوری قطب علمی گیاهان زراعی ویژه دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۲۰ کیلومتری شرق مشهد در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ اجرا شد. آنالیز خاک قبل از کشت انجام شد که نتایج آن در جدول (۱) آمده است. میانگین EC آب مزرعه در طی دوره رشد ۴/۹ دسی‌زیمنس بر متر بود. بذر ارزن پادزهری از اصفهان (بذر حاصل از پایان نامه دانشجویی) و بذر کوشیا از توده بیرجند تهیه شد. تیمارهای آزمایش متشکل از سه سطح مختلف (۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد) از ترکیب نسبی دو گونه و دو تیمار تک کشتی با سه تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انتخاب شد. تیمارها شامل تک کشتی ارزن پادزهری (T_1)، ۷۵ درصد ارزن پادزهری + ۲۵ درصد کوشیا (T_2) (به ازای هر سه خط ارزن، یک خط کوشیا)، ۵۰ درصد ارزن پادزهری + ۵۰ درصد کوشیا (T_3) (به ازای هر یک خط ارزن، یک خط کوشیا)، ۲۵ درصد ارزن پادزهری + ۷۵ درصد کوشیا (T_4) (به ازای هر سه خط کوشیا، یک خط ارزن) و تک کشتی کوشیا (T_5) بود. پس از عملیات آماده سازی زمین (شخم، کود دهی، دیسک و تسطیح) بذرها در ۲۲ اردیبهشت ماه کشت شدند. فواصل بین ردیف‌ها ثابت و ۵۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. تراکم کشت برای کوشیا ۲۶ بوته در متر مربع و برای ارزن پادزهری ۱۳ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد که به منظور کاهش اثرات شوری در یک طرف پشته کشت شدند. فاصله بین کرت‌ها ۰/۵ متر و فاصله بین بلوک‌ها یک متر لحاظ شد. اندازه هر کرت ۱۵ متر مربع (۳×۵ متر) در نظر گرفته شد که شامل ۱۰ ردیف بود که در تیمارهای مخلوط دو خط طرفین هر کرت به‌عنوان حاشیه از گیاه مخالف کشت شد. از نظر کود دهی به دلیل حضور همزمان دو گیاه مختلف در زمین، نیاز کودی میانگینی از نیاز دو گیاه مخلوط لحاظ شد. بر این اساس معادل ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره و ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل به زمین داده شد (بر اساس آزمایش، پتاسیم خاک در حد مناسبی بود و مصرف کود پتاسه ضروری به نظر نمی‌رسید). تمامی کود سوپر فسفات تریپل مورد نیاز در ابتدا به خاک افزوده شد و کود اوره نیز به سه بخش مساوی تقسیط شد که بر این اساس بخش اول قبل از کاشت، بخش دوم ۳۳ روز پس از کاشت و بخش سوم کود اوره نیز پس از چین اول (۶۹ روز پس از کاشت) به خاک افزوده شد. زمین مورد کشت به دلیل اینکه اولین بار بود که زیر کشت می‌رفت، از نظر علف‌های هرز تقریباً مشکلی نداشت و مبارزه با یک گونه علف هرز موجود در زمین (خارشتر)، به صورت دستی از اوایل تا اواسط دوره رشد صورت می‌گرفت. آبیاری با شوری ۴/۹ دسی زیمنس بر متر در طی فصل به صورت هفتگی و نشتی انجام شد.

جدول۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه
Table 1- Physical and Chemical Soil Analysis of the Farm

وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب) Bulk density ($g.cm^{-3}$)	بافت Texture	ماده آلی (درصد) OM (%)	کلر (پی‌پی‌ام) Cl (ppm)	سدیم قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Na (ppm)	پتاسیم قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Available K (ppm)	اسیدیته pH	شوری (دسی‌زیمنس بر متر) Salinity ($dS.m^{-1}$)
1.60	سیلتی لوم Silty-loam	0.67	614	1082	266	7.14	2.7

در طی فصل رشد در هر هشت بار نمونه‌گیری که انجام شد پس از حذف اثر حاشیه‌ای (دو ردیف طرفین هر کرت و گیاه اول هر ردیف)، حدود ۰/۳ مترمربع از هر کرت (در تک کشتی ارزن پادزهری چهار بوته و در تک کشتی کوشیا هشت بوته) برای اندازه‌گیری وزن خشک در تیمارهای مختلف به‌طور تصادفی انتخاب شد. در تیمارهای مخلوط سطح برداشت هر گیاه بر اساس درصد هر گیاه در آن تیمار، درصدی از ۰/۳ مترمربع لحاظ شد. در طی دوره رشد دو چین از تیمارها برداشت شد که چین اول ۶۹ روز و چین دوم ۱۳۲ روز پس از کاشت انجام گرفت، چین اول هنگامی صورت گرفت که گیاه کوشیا در ۵۰ درصد گل‌دهی قرار داشت و پنجه های اولیه گیاه ارزن نیز به خوشه رفته بودند و در مرحله خمیری قرار داشتند. ارتفاع برداشت از سطح زمین در کوشیا ۱۵ سانتی‌متر و در ارزن پادزهری ۱۰ سانتی‌متر بود. در هر چین علاوه بر مورد فوق میزان املاح، درصد پروتئین خام، فیبر شوینده خنثی (NDF)[1] و فیبر شوینده اسیدی (ADF)[2] نیز اندازه‌گیری و محاسبه شد.

میزان املاح با سوزاندن نمونه‌ها در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد در کوره اندازه‌گیری شد. میزان نیتروژن نمونه‌ها به وسیله دستگاه میکروکجلدال تعیین و سپس با ضرب در عدد ۶/۲۵ درصد پروتئین خام محاسبه شد. NDF وADF توسط دستگاه Fibertec 1010 (Tecator, Sweden) اندازه‌گیری شد. در نهایت، نیز نسبت برابری زمین (Land Area Equivalent) از معادله (۱) برای تیمارهای مخلوط محاسبه شد (Banik et al., 2006):

معادله (۱) $LER = Yij/Yii + Yji/Yjj$

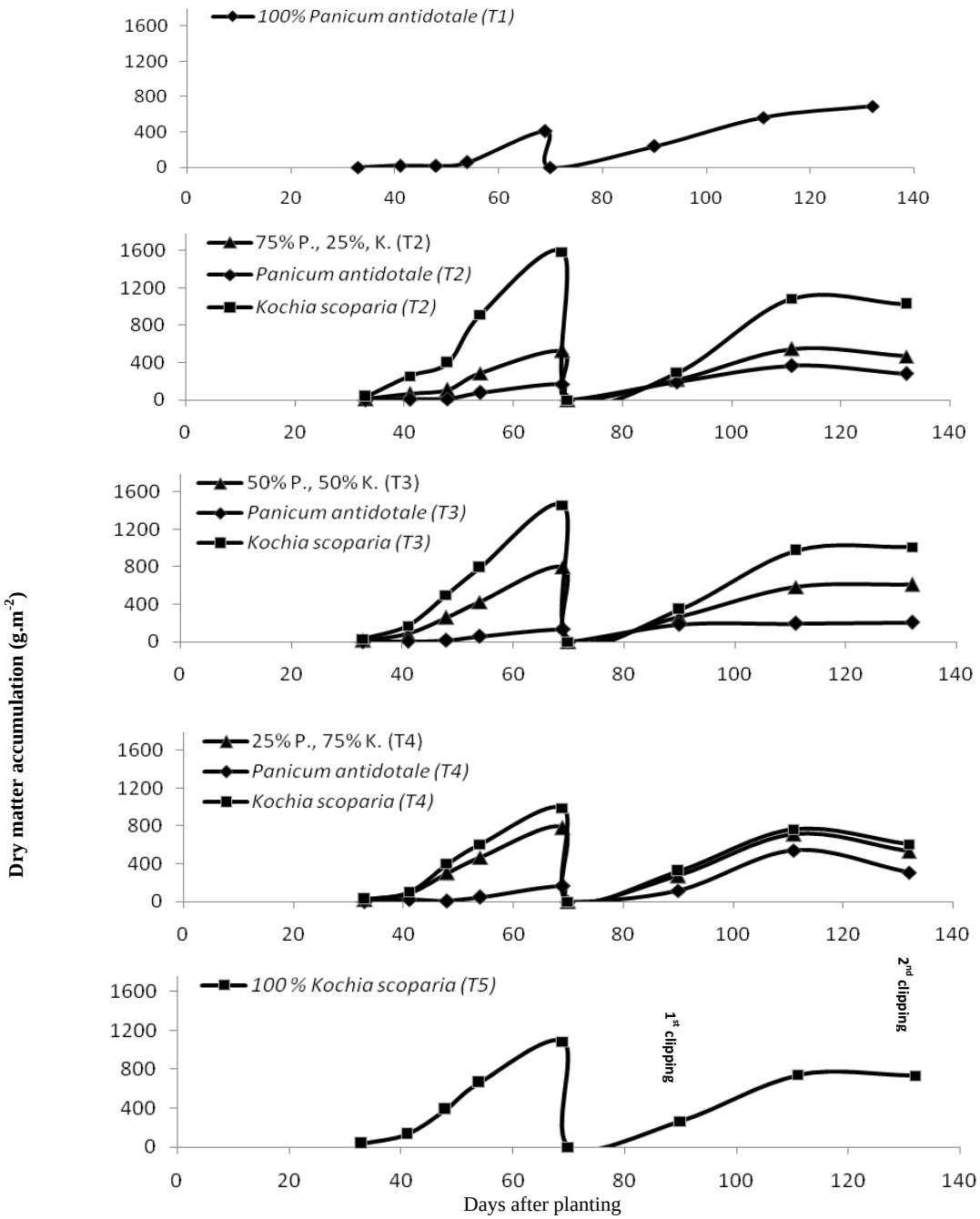
که در این معادله، Yii و Yjj: به ترتیب عملکرد کوشیا و ارزن پادزهری در کشت خالص و Yij و Yji به ترتیب عملکرد کوشیا و ارزن پادزهری در کشت مخلوط است، در این فرمول عملکرد نسبی هر محصول در درصد آن محصول در تیمار نیز ضرب شده است که برای هر تیمار متفاوت بود. جهت تجزیه آماری و رسم نمودارها از دو نرم افزار MiniTab 15 و Excel استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد توسط نرم‌افزار MSTATC (Saraei et al., 2011) صورت گرفت.

1- Neutral Detergent Fiber
2- Acid Detergent Fiber

نتایج و بحث

روند تجمع ماده خشک

روند تغییرات تجمع ماده خشک در تیمارهای مختلف از همان ابتدای دوره رشد بین ارزن پادزهری و کوشیا متفاوت بود؛ کوشیا حدوداً ۴۰ روز پس از کاشت وارد مرحله رشد خطی شد؛ در حالی که ارزن پادزهری از حدود ۵۰ روز پس از کاشت وارد مرحله رشد خطی شد و بر خلاف رشد سریع کوشیا، ارزن پادزهری به کندی رشد کرد (شکل ۱). توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است که ارزن پادزهری در ۸-۶ هفته اول به کندی رشد می‌کند (Barnard, 1969). در مرحله رشد خطی نیز کوشیا بر ارزن پادزهری غالبیت داشت و این روند تا انتهای فصل رشد نیز ادامه داشت. اغلب گندمیان چندساله گرمادوست به سختی و یا به کندی استقرار می‌یابند و حضور یک گونه رقیب، مشکل استقرار را تشدید می‌کند (Lass & Callahan, 1990; Bovey & Hussey, 1991). به نظر می‌رسد که ارزن پادزهری به علت چندساله بودن، در سال اول که سال استقرار آن می‌باشد، رشد کندتری دارد. سرعت رشد کمتر ارزن پادزهری و رشد سریع کوشیا سبب شد تا ارزن پادزهری در رقابت با کوشیا مغلوب شود و این رقابت بر تجمع ماده خشک در تیمارهای مخلوط اثر منفی گذاشت. در مجموع دو چین، در کشت مخلوط نسبت به تک کشتی کوشیا، تجمع ماده خشک در تمامی تیمارهای مخلوط کمتر بود؛ در حالی که در کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی ارزن پادزهری، تجمع ماده خشک در تیمارهای T_3 و T_4 بیشتر بود که به دلیل سهم بیشتر کوشیا در این تیمارها بوده است (شکل ۱). همچنین در تیمارهای مخلوط، هر چه سهم ارزن پادزهری در تیمار افزوده می‌شد، تجمع ماده خشک کوشیا در واحد سطح افزایش می‌یافت که به نظر می‌رسد به علت رشد کند ارزن و وجود فضای زیادتری برای رشد کوشیا باشد (شکل ۱).



شکل ۱- اثر تیمارهای کشت مخلوط بر روند تجمع ماده خشک کل کوشیا و ارزن پادزهری طی فصل رشد

Fig. 1- The effect of intercropping of *Kochia scoparia* L. and *Panicum antidotale* Retz.on total dry weights during growing season

جدول ۲- اثر کشت مخلوط بر عملکرد ماده خشک کوشیا، ارزن پادزهری و مخلوط آن‌ها در طی دو چین برداشت

Table 2- The effect of intercropping treatments on kochia, blue panic grass and total yields during two clippings

تیمار Treatment	چین اول (گرم در مترمربع) First clipping ($g.m^{-2}$)		چین دوم (گرم در مترمربع) Second clipping ($g.m^{-2}$)		مجموع دو چین (گرم در مترمربع) Both clipping ($g.m^{-2}$)		کل (گرم در مترمربع) Total ($g.m^{-2}$)
	ارزن Blue panic grass	کوشیا Kochia	ارزن Blue panic grass	کوشیا Kochia	ارزن Blue panic grass	کوشیا Kochia	
۱۰۰٪ ارزن 100% blue panic grass (T_1)	411	0	691	0	1102	0	1102cd*
۷۵٪ ارزن و ۲۵٪ کوشیا 75% blue panic grass, 25% kochia (T_2)	128	396	212	257	340	653	993d
۵۰٪ ارزن و ۵۰٪ کوشیا 50% blue panic grass, 75% kochia (T_3)	67.2	730	104	507	171	1237	1408b
۲۵٪ ارزن و ۷۵٪ کوشیا 25% blue panic grass, 75% kochia (T_4)	41.8	742	77.4	456	119	1198	1317bc
۱۰۰٪ کوشیا 100% kochia (T_5)	0	1088	0	732	0	1820	1820a

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون به لحاظ آماری (آزمون دانکن سطح احتمال پنج درصد) معنی‌دار نیستند.

* Means followed by similar letter in each column are not significantly different at the 5% probability level- using Duncan's Multiple Range Test

عملکرد ماده خشک

در تمامی تیمارها، عملکرد ماده خشک در چین دوم نسبت به چین اول در کوشیا کمتر بود؛ در حالی‌که در ارزن پادزهری عملکرد افزایش یافت که نشان‌دهنده استقرار و استفاده بیشتر این گیاه از منابع پس از چین اول است (جدول ۲). در بین تیمارهای مخلوط در مجموع دو چین، تیمار T_3 با میانگین ۱۴۰۸ گرم در مترمربع بیشترین عملکرد ماده خشک را داشت و پس از آن تیمارهای T_4 و T_2 به ترتیب با میانگین ۱۳۱۷ و ۹۹۳ گرم در مترمربع قرار گرفتند. البته در تیمارهای مخلوط به علت رشد کمتر ارزن پادزهری، سهم زیادی از عملکرد ماده خشک در هر تیمار، مربوط به کوشیا بود و در حقیقت کوشیا تا حدی کمبود رشد ارزن پادزهری را جبران کرد (جدول ۲). تمامی تیمارهای مخلوط به‌طور معنی‌داری نسبت به تک کشتی کوشیا (T_5) عملکرد کمتری داشتند؛ در حالی‌که فقط تیمارهای T_3 و T_4 نسبت به تک کشتی ارزن پادزهری (T1) عملکرد بیشتری داشتند. تفاوت عملکرد تیمارهای T_2 و T_4 با T_1 معنی‌دار نبود (جدول ۲). در تحقیقی که بر روی کشت مخلوط ارزن پادزهری و لوبیا چشم بلبلی صورت گرفته است، کشت مخلوط، نسبت به تک کشتی ارزن پادزهری عملکرد بیشتری داشته است (Saleem et al., 2006)، به نظر می‌رسد که به علت رشد کند این گیاه چند ساله در سال اول، وجود گیاهی دیگر در کنار آن می‌تواند سبب افزایش عملکرد گردد، البته باید در نظر داشت که این گیاه در سال اول به رقابت بسیار حساس است و گیاهی مانند کوشیا می‌تواند در سال اول با سایه اندازی بر آن، اثر منفی بر رشد آن نیز داشته باشد.

نسبت برابری زمین

نتایج نشان داد که در تمامی تیمارهای مخلوط، نسبت برابری زمین کمتر از کشت خالص بوده است. بیشترین مقدار LER مربوط به تیمار T_3 بود (جدول ۳). این مسئله نشان می‌دهد که از زمین زیر کشت کارایی لازم به عمل نیامده است. همان‌طور که در جدول (۳) مشاهده می‌شود در نسبت برابری هر جزء مخلوط، کوشیا نسبت به ارزن پادزهری همیشه از مقدار بالاتری برخوردار بود و ارزن پادزهری در تیمار T_4 حتی تا ۰/۱۱ کاهش یافت. همچنین در نسبت برابری هر جز مخلوط، با افزایش سهم کوشیا در مخلوط، مقدار ارزن پادزهری روند کاهشی داشت. به‌نظر می‌رسد که با افزایش سهم کوشیا در مخلوط، سایه‌اندازی بیشتر این گیاه سبب شده است تا ارزن پادزهری با افت رشد زیادی مواجه گردد. بنابراین، بر خلاف بسیاری از تحقیقات که کشت مخلوط را راهکاری برای افزایش کارایی زمین معرفی می‌کنند (Saleem et al., 2006; Khalatbari et al., 2010)، در این تحقیق به دلایلی که تاکنون ذکر شد کشت مخلوط گیاهان ارزن پادزهری و کوشیا سبب افزایش کارایی زمین زیر کشت

در سال اول نشده است.

جدول ۳- اثر کشت مخلوط بر نسبت برابری زمین در مجموع دو چین

Table 3- The effect of intercropping treatments on total land equivalent ratio

تیمار Treatment	عملکرد نسبی ارزن Relative yield of blue panic grass	عملکرد نسبی کوشیا Relative yield of kochia	نسبت برابری کل Total LER
۷۵٪ ارزن و ۲۵٪ کوشیا 75% blue panic grass, 25% kochia (T_2)	0.38a*	0.36b*	0.74**
۵۰٪ ارزن و ۵۰٪ کوشیا 50% blue panic grass, 75% kochia (T_3)	0.18b	0.68a	0.86
۲۵٪ ارزن و ۷۵٪ کوشیا 25% blue panic grass, 75% kochia (T_4)	0.11b	0.66a	0.77

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون به لحاظ آماری (آزمون دانکن سطح احتمال پنج درصد) معنی‌دار نیستند.

** بین میانگین‌های این ستون در سطح احتمال پنج درصد احتمال، از نظر آماری تفاوت معنی داری وجود ندارد.

* Means followed by similar letter are not significantly different at the 5% probability level (using Duncan's Multiple Range Test).

** Means of this column are not significantly different at the 5% probability level.

کیفیت علوفه

نتایج نشان داد که در چین اول و دوم، هیچ تفاوت معنی‌داری بین درصد پروتئین خام در تیمارهای مختلف وجود ندارد. درصد پروتئین خام کشت خالص ارزن پادزهری در چین اول و دوم به ترتیب ۱۰/۳ و ۸/۱۲ درصد بود (جدول ۴). مقدار پروتئین خام این گیاه توسط محقق دیگری ۸/۲ درصد گزارش شده است (Bakhashwain et al., 2010). درصد پروتئین خام در کشت خالص کوشیا در چین اول و دوم به ترتیب ۸/۱۲ و ۸/۷۵ بود (جدول ۴) که محققین دیگر درصد پروتئین این گیاه را بسته به شرایط محیطی و ژنوتیپ از ۷ تا ۲۴ درصد گزارش کرده‌اند (Kafi et al., 2010; Madrid et al., 1996; Davis, 1979; Davis & Welch, 1985; Waldron et al., 2006).

درصد خاکستر در چین اول در بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری نشان داد، به‌طوری‌که تیمار T_1 با ۱۲/۲ درصد و تیمار T_5 با ۲۰ درصد خاکستر، به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). بنابراین، به نظر می‌رسد که ارزن پادزهری نسبت به کوشیا، نمک کمتری جذب کرده است و از این بابت جهت علوفه دام مناسب‌تر است. به دلیل رشد کمتر ارزن پادزهری در چین اول، سهم زیادی از عملکرد تیمارهای مخلوط مربوط به کوشیا بود و به همین دلیل ارزن پادزهری سبب کاهش معنی‌داری در میزان خاکستر تیمارهای مخلوط نشد. در چین دوم بین درصد خاکستر در تیمارهای مختلف تفاوت معنی داری وجود نداشت، ولی به علت رشد بیشتر ارزن پادزهری پس از چین اول، این گیاه سهم بیشتری از عملکرد را در تیمارهای مخلوط به خود اختصاص داد و سبب کاهش بیشتر درصد خاکستر در تیمارهای مخلوط شد (جدول ۴). بر اساس یک پژوهش درصد خاکستر ارزن پادزهری ۱۱/۸ درصد گزارش شده است (Bakhashwain et al., 2010). درصد خاکستر کوشیا نیز حدود ۱۶ درصد گزارش شده است (Madrid et al., 1996). به طور کلی، درصد خاکستر در چین دوم نسبت به چین اول کاهش یافت که احتمالاً به دلیل سازگاری بیشتر این گیاهان به شرایط تنش شوری می‌باشد.

درصد NDF و ADF در چین اول در بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری نشان نداد. در چین دوم که ارزن پادزهری رشد بیشتری داشت و ساقه بیشتری نیز تولید کرد، درصد NDF در بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری نشان داد و کوشیا با ۵۱/۸ درصد و ارزن پادزهری با ۶۱/۶ درصد به ترتیب کمترین و بیشترین درصد NDF را به خود اختصاص دادند. در چین دوم بین درصد ADF در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. در یک پژوهش درصد NDF و ADF ارزن پادزهری به ترتیب ۵۵/۷ و ۴۳/۹ درصد گزارش شده است (Bakhashwain et al., 2010). به طور کلی، کوشیا نسبت به ارزن پادزهری از NDF و ADF کمتری برخوردار بود و می‌تواند علوفه خوش خوراک‌تری نسبت به ارزن پادزهری باشد.

نتیجه‌گیری

همان‌طور که ذکر شد به علت رشد کند و نسبتاً کمتر ارزن پادزهری در سال اول (خصوصاً تا چین اول)، این گیاه تاثیر معنی‌داری بر تیمارهای مخلوط نداشت و حتی به دلیل حساسیت به رقابت در سال اول، سبب کاهش نسبت برابری زمین به کمتر از یک نیز شد ولی با توجه به خصوصیات کیفی علوفه این دو گیاه، به نظر می‌رسد که در کشت مخلوط این دو گیاه در سال دوم (در شرایطی که ارزن پادزهری کاملاً استقرار یافته باشد)، کوشیا می‌تواند درصد بالای NDF و ADF ارزن پادزهری را تعدیل کند و ارزن پادزهری نیز می‌تواند درصد بالای نمک علوفه کوشیا را تعدیل کند. احتمالاً پس از استقرار ارزن پادزهری در زمین، تولید علوفه از نظر کمی نیز در

تیمارهای مخلوط بهبود می‌یابد؛ لذا پیشنهاد مـی‌شـود آزمـایش‌هـای کشت مخلوط گیاهان چند ساله، بیش از یک سال تکرار شود.

جدول ٤- اثر کشت مخلوط بر کیفیت علوفه در چین اول و دوم

Table 2- The effect of intercropping treatments on fodder quality in 1st and 2nd clipping

تیمار Treatment	چین اول First clipping				چین دوم Second clipping			
	پروتئین خام (درصد) CP (%)	خاکستر (درصد) Ash (%)	شوینده فیبر خنثی (درصد) NDF (%)	شوینده فیبر اسیدی (درصد) ADF (%)	پروتئین خام (درصد) CP (%)	خاکستر (درصد) Ash (%)	شوینده فیبر خنثی (درصد) NDF (%)	شوینده فیبر اسیدی (درصد) ADF (%)
۱۰۰٪ ارزن 100% blue panic grass (T_1)	10.3	12.2a	58.67	30.5	8.12	10.0	61.6c*	31.4
۷۵٪ ارزن و ۲۵٪ کوشیا 75% blue panic grass, 25% kochia (T_2)	9.16	16.7b	51.20	27.7	8.86	11.1	58.8bc	30.3
۵۰٪ ارزن و ۵۰٪ کوشیا 50% blue panic grass, 75% kochia (T_3)	7.95	16.7b	51.00	30.9	9.37	11.1	52.7ab	27.8
۲۵٪ ارزن و ۷۵٪ کوشیا 25% blue panic grass, 75% kochia (T_4)	6.50	18.9b	49.97	28.2	7.79	12.2	55.2abc	29.9
۱۰۰٪ کوشیا 100% kochia (T_5)	8.12	20.0b	50.97	26.9	8.75	15.6	51.8a	28.1

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون به لحاظ آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نیستند.

* Means followed by similar letter are not significantly different at the 5% probability level - using Duncan's Multiple Range Test

منابع

1- Al-Solaimani, S.G., El-Nakhlawy, F.S., and Basahui, G.M. 2009. Effect of irrigation water salinity, irrigation interval and Sulfur fertilizer rates on forage yield, yield components and quality of blue panic grass (*Panicum antidotale* L.). Meteorology, Environment and Arid Land Agriculture Science 20(2): 113-135.

2- Bakhashwain, A.A., Sallam, S.M.A., and Allam, A.M. 2010. Nutritive value assessment of some Saudi Arabian foliages by gas production technique in vitro. Meteorology, Environment and Arid Land Agriculture Science 21(1): 65-80.

3- Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghose, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in additive series experiment: advantages and smothering. European Journal Agronomy 24: 324-332.

4- Barnard, C.S. 1969. Economic analysis and livestock feeding. Journal of Agricultural Economics 10(3): 323-330.

5- Bovey, R.W., and Hussey, M.A. 1991. Response of selected forage grasses to herbicides. Agronomy Journal 83: 709-713.

6- Davis, A.M. 1979. Forage quality of prostrate kochia compared with 3 browse species. Agronomy Journal 71: 822–824.

7- Davis, J.N., and Welch, B.L. 1985. Winter preference, nutritive value, and other range use characteristics of *Kochia prostrata* Schrad. Great Basin National 45: 778–782.

8- Jami Al-Ahmadi, M., Kafi, M., and Nassiri Mahallati, M. 2004. Salinity effects on germination properties of *Kochia scoparia*. Iranian Journal of Field Crops Research 2(2):151-160. (In Persian with English Summary)

9- Kafi M., Asadi H., and Ganeali A. 2010. Possible utilization of high-salinity waters and application of low

amounts of water for production of the halophyte *Kochia scoparia* as alternative fodder in saline agroecosystems. Agricultural Water Management 97: 139-147.

10- Kafi, M., and Ajmal Khan, M. 2008. Crop and Forage Production using Saline Waters. Daya Publishing House, Delhi, India 334 pp.
11- Kafi, M., Borzoei, A., Salehi, M., Kamandy, A., Masoomi, A., and Nabati, J. 2009. Physiology of Environmental Stresses in Plants. Jihad Daneshgahi Mashhad Press, Mashhad, Iran 502 pp. (In Persian)
12- Khalatbari, A.M., Hoseini, M.B., Majnoon Hoseini, N., and Mazaheri, D. 2010. Effect of intercropping on dry matter yield of *Sorghum bicolor* and *Pennisetum* spp. Iranian Journal of Field Crops Sciences 41(2): 205-214. (In Persian with English Summary)
13- Lass, L.W., and Callahan, R.H. 1990. Herbicide tolerance of seedling grasses for CRP. Research Progress Report Western Society Weed Science p. 111-115.
14- Loch, D.S., Barrett-Lennard, E., and Truong, P. 2003. Role of salt tolerant plants for production, prevention of salinity and amenity values. In: 9th National Conference of Productive Use of Saline Lands (PUR$L). Rockhampton, Queensland, Australia, September 29th-October 1st, Queensland Department of Natural Resources and Mines p. 1–16.
15- Madrid, J.F., Hernandez, M.A., and Cid, J.M. 1996. Nutritive value of (*Kochia scoparia* L.) and ammoniated barley straw for goats. Small Ruminant Research 19: 213-218.
16- Masters, D.G., Benes, S.E., and Norman, H.C. 2007. Biosaline agriculture for forage and livestock production. Agriculture, Ecosystems and Environment 119: 234–24.
17- Mazaheri, D. 1998. Mixed Farming. Tehran University Press, Iran 262 pp. (In Persian)
18- Nezami, A., Nabati, J., Kafi, M., and Mohseni, M. 2008. Evaluation of salinity tolerance at emergence and seedling stages of Kochia (*Kochia scoparia*) under control environment. Environmental Stresses in Agricultural Sciences 1(1): 69-77. (In Persian with English Summary)
19- Norman, H.C., Dynes, R.A., and Masters, D.G. 2002. Nutritive value of plants growing on saline land. In 8th National Conference and Workshop on the Productive Use and Rehabilitation of Saline Lands (PUR $L), Fremantle, Western Australia, 16–20 September, Australia pp. 59–69.
20- Rankins, D.L., and Smith, G.S. 1991. Nutritional and toxicological evaluations of Kochia hay (*Kochia scoparia*) fed to lambs. Animal Science 69: 2925-2931.
21- Saleem, R., Sultani, M.J., and Rasool, A. 2006. Compatibility of grass legume based intercropping system under rainfed conditions. Sarhad Journal Agriculture 22(4): 611-615.
22- Saraei, R., Lahouti, M., and Ganjeali, A. 2011. Evaluation of allelopathic effects of eucalyptus (Eucalyptus globules Labill.) on germination, morphological and biochemical criteria of barley (*Hordeum vulgare* L.) and flixweed (*Descurainia Sophia* L.). Journal of Agroecology. 4(3): 215-222.
23- Waldron, B.L., ZoBell, D.R., Olson, K.C., Jensen, K.B., and Snyder, D.L. 2006. Stockpiled forage kochia to maintain beef cows during winter. Rangeland Ecological Management 59: 275–284.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۲، ص. ۱۶۸-۱۶۱

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 2, Summer 2013, p. 161-168

ارزیابی مقایسه‌ای شاخص‌های تنوع زیستی کشاورزی در سامانه‌های زراعی، باغی و باغکشتی (مطالعه موردی: حوزه آبریز جاجرود)

آرش قلعه گلاب بهبهانی[1*]، کورس خوشبخت[2]، لیلا تبریزی[3]، آگرین داوری[1] و هادی ویسی[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۴/۳۱

چکیده

تنوع زیستی گستره وسیعی از تنوع ژنتیکی، تنوع گونه‌ای و تنوع بوم‌نظام‌ها می‌باشد. یکی از مهمترین مفاهیمی که امروزه در زمینه توسعه پایدار در بخش کشاورزی مطرح است، حفاظت از تنوع زیستی کشاورزی است. هدف از انجام این مطالعه ارزیابی و مقایسه وضعیت تنوع زیستی کشاورزی در سامانه‌های زراعی، باغی و باغکشتی در روستاهای حوزه آبریز جاجرود در بخش شرقی و شمال شرقی استان تهران بود. به علاوه در این مطالعه اهمیت باغکشت‌ها به عنوان محلی جهت حفاظت درون‌جا از گونه‌های مورد استفاده در بوم‌نظام‌های کشاورزی مورد بررسی قرار گرفت. اطلاعات مورد استفاده در این پژوهش از طریق مصاحبه حضوری و تکمیل پرسشنامه‌هایی که به این منظور طراحی گردیده بود، توسط سرپرستان ۳۰ درصد از کل خانوار کشاورزان روستاهای مورد بررسی استخراج گردید. نتایج حاصل نشان داد که مقادیر شاخص غنای گونه‌ای و شاخص شانون تقریبا در باغکشت‌های تمام روستاهای مورد مطالعه بیشتر از سامانه‌های زراعی و باغی بود که این موضوع اهمیت سامانه‌های باغکشتی در حفاظت از تنوع زیستی گونه‌های کشاورزی را اثبات نمود، همچنین نتایج نشان داد که در روستاهایی مانند سیاهسنگ که به هر دلیل سامانه‌های زراعی و باغی در آنها از بین رفته است، باغکشت‌ها به تنهایی مسئول حفاظت از تنوع زیستی گونه‌های موجود در این سامانه‌ها می‌باشند. در این مطالعه روستای مرانک با شاخص غنای گونه‌ای هفت در سامانه‌های زراعی و روستای خسروآباد با شاخص غنای گونه‌ای ۱۲ در سامانه‌های باغی، بالاترین سطوح تنوع را در هر یک از این سامانه‌های کشاورزی به خود اختصاص داده بودند.

واژه‌های کلیدی: بوم‌نظام، تنوع گونه‌ای، حفاظت درون‌جا، شاخص تنوع شانون، شاخص غنای گونه‌ای

مقدمه

واژه تنوع زیستی که اولین بار در سال ۱۹۸۵ توسط روزن مطرح شد (Wilson & Peter,1998)، به همه اشکال زنده حیوانات، گیاهان و میکروارگانیسم‌ها اطلاق می‌شود. به عبارت دیگر، تنوع زیستی به تمام موجودات زنده و روابط متقابل بین آنها اشاره دارد (Long et al., 2000; Harper, 2002). در تعریف دیگر، تنوع زیستی به گستره‌ای از تنوع ژنتیکی، تنوع گونه‌ای و تنوع بوم‌نظام‌ها اطلاق می‌شود (Duelli, 1997). تنوع زیستی کشاورزی جزئی از تنوع زیستی بوده و بیانگر تنوع در زمین‌های زراعی می‌باشد (Brookfield & Stoking, 1999)، سازمان خوار و بار جهانی (FAO, 1999) تنوع زیستی کشاورزی را به عنوان "تنوع و تغییر پذیری جانوران و گیاهان اعم از اهلی یا وحشی و میکروارگانیسم‌های خاک که جهت تولید غذا و فعالیت‌های کشاورزی حائز اهمیت هستند"، بیان نموده است. این تنوع حاصل اثرات متقابل بین محیط، منابع ژنتیکی و سیستم‌های مدیریتی است که به وسیله کشاورزان بکار می‌رود. بر اساس برآوردهای موجود حدود ۲۵۰ تا ۵۰۰ هزار گونه گیاهی در سطح جهان وجود دارد که از این تعداد تنها حدود ۱۵۰۰ گونه در بخش کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در حال حاضر ۱۲۰ گونه مهم گیاهی و سه گونه مهم زراعی دنیا یعنی گندم، برنج، ذرت، بیش از نیمی از انرژی غذایی مورد نیاز بشر را تأمین می‌کنند (FAO, 1998).

حفظ و افزایش تنوع زیستی در بوم‌نظام‌های زراعی می‌تواند

۱، ۲ و ۴- به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار گروه اگرواکولوژی، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی
۳- استادیار گروه مهندسی علوم باغبانی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران
(*- نویسنده مسئول: Email: arash_ghalegolab@yahoo.com)

توازنی، بین تولید مواد غذایی و دیگر خدمات این بوم‌نظام‌ها ایجاد نماید (Jackson et al., 2007). تمامی بوم‌نظام‌ها وجوامع انسانی به محیط طبیعی، بارور، سالم و در برگیرنده گونه‌های متنوع گیاهی و جانوری وابسته هستند و بقای بوم‌نظام‌های طبیعی بدون تنوع امکان پذیر نیست (Pimentel et al., 1997). وضعیت کشت‌بوم‌ها بازتابی از میزان فعالیت‌های انسانی می‌باشد و ایجاد تغییر در زیستگاه‌ها در کوتاه یا بلند مدت برای مساعد کردن شرایط مورد نظر وی بوده است. انسان بیش از هر موجود زنده دیگری بر این کره خاکی تأثیر گذاشته و آن را دستخوش تغییر و تحول ساخته، که دلیل عمده آن بهره‌گیری انسان از ابزارهایی بوده است که موجودات زندهٔ دیگر فاقد آن هستند (Koocheki & Jahanbin, 2003). در حال حاضر دستاورد کاربرد فناوری‌ها و مدیریت‌های نوین در کشت‌بوم‌ها و اصلاح نژادهای جدید و پرعملکرد محصولات زراعی بخصوص گندم، ذرت و برنج، سامانهٔ نوینی از کشاورزی به نام کشاورزی فشرده است که تبعات سوئی بر تنوع زیستی بدنبال داشته است (Jackson et al., 2007).

یکی از مفاهیمی که امروزه در زمینه توسعه پایدار در مباحث کشاورزی مطرح است حفظ تنوع زیستی کشاورزی است، بطوری که می‌توان گفت حفظ تنوع زیستی کشاورزی یک پیش نیاز برای توسعه پایدار کشاورزی محسوب می‌شود و از سوی دیگر، ثبات عملکرد نیز بعنوان یکی از مهمترین نتایج افزایش تنوع مورد تأکید قرار می‌گیرد. اگر چه کشاورزان برای هزاران سال تنوع زیستی کشاورزی را حفظ کرده‌اند، ولی فشرده سازی کشاورزی امروزه به عنوان عامل اصلی کاهش تنوع زیستی به شکل گسترده مطرح شده است (Piha et al., 2007). هدف از حفاظت از تنوع زیستی کشاورزی اطمینان از موجودیت آن در زمان حال و آینده است و انجام این مهم تضمینی برای استفاده از این تنوع توسط نسل‌های بعدی می‌باشد (Koocheki et al., 2006)، زیرا تولید بالقوه و واقعی و نیز ثبات دراز مدت تولید بوم‌نظام‌های کشاورزی مستلزم حفظ و تقویت اشکال مختلف تنوع زیستی در آنها می‌باشد. بنابراین، یکی از اهداف مهم در طراحی سیستم‌های پایدار، ارتقاء تنوع زیستی و روش‌های حفاظتی از تنوع در این سیستم‌ها محسوب می‌شود.

باغکشت‌ها سیستم‌های تولیدی از محصولات و گیاهان مختلف هستند که با محل سکونت خانوار همجوار می‌باشند و بعنوان یکی از قدیمی‌ترین سامانه‌های مدیریت کاربری زمین، تنوع گونه‌ای غنی را در واحد سطح خود حفظ کرده‌اند (Sunwar et al., 2006). در مناطقی که به هر دلیل تنوع زیستی کشاورزی در سامانه‌های زراعی و باغی دچار اضمحلال گشته، غنای گونه‌ای بالای باغکشت آن را به یک محل مناسب برای حفاظت درون‌جا[1] تبدیل کرده است (Trinh et al., 2003). یکی از فاکتورهای اساسی در جلوگیری از اضمحلال تنوع زیستی کشاورزی پایش مداوم سامانه‌های کشاورزی می‌باشد. حفاظت از تنوع زیستی کشاورزی بدون داشتن اطلاعات کافی از وضعیت سامانه‌های کشاورزی در مناطقی که قرار است تحت پایش قرار گیرند امکان‌پذیر نخواهد بود. جهت اجرای یک برنامه‌ی موفق پایش باید از روش‌های آماری و شاخص‌های تنوع زیستی مناسب در به‌دست آوردن تغییرات و دستورزی منطقه در طول زمان استفاده نمود (Debinski & Humphrey, 1997; Noss, 1990; Yoccoz et al., 2001; Nichols & Williams, 2006; Lovett et al., 2007)

هدف از انجام این مطالعه ارزیابی وضعیت تنوع زیستی گونه‌های کشاورزی در سامانه‌های زراعی و باغی و باغکشتی، با استفاده از دو شاخص تنوع زیستی، شاخص غنای گونه‌ای و شاخص تنوع شانون، در شرق و شمال شرقی استان تهران بود تا علاوه بر ارائه گزارشی در مورد وضعیت تنوع زیستی کشاورزی در منطقه، با کنار هم قرار دادن مقادیر شاخص‌های تنوع زیستی در سامانه‌های مختلف کشاورزی (زراعی، باغی، باغکشتی)، به نقش باغکشت‌ها در حفاظت از تنوع زیستی کشاورزی پی‌برده شود.

مواد و روش‌ها

ویژگی‌های منطقه

منطقه مورد مطالعه در حد فاصل '۲۵–°۳۵ تا '۵–°۳۶ عرض شمالی و '۴۵–°۵۱ تا '۵–°۵۲ طول شرقی قرار گرفته است. این منطقه در فصول گرم تحت تأثیر سیستم فشار زیاد جنب حاره قرار گرفته و بدین سبب میزان بارندگی آن کم و عمدتاً ناشی از عبور گاه به گاه سیستم‌های کم فشار دینامیکی سرد از روی شیب‌های شمالی رشته کوه البرز می‌باشد. در زمستان‌ها نیز تحت تأثیر سیستم‌های شمالی، شمال غربی و جنوب غربی است که به فلات ایران وارد می‌شوند. در این منطقه اقالیم خشک سرد، نیمه‌خشک سرد و نیمه مرطوب سرد قابل شناسایی می‌باشد. هشت روستا با پراکنش جغرافیایی مناسب به عنوان نمونه برای ارزیابی منطقه انتخاب شدند. در قسمت غربی محدوده مورد مطالعه دو روستای خسروآباد و سیاهسنگ که هر دو در منطقه حفاظت شده نیز قرار داشتند مورد بازید قرار گرفتند. در روستای سیاهسنگ جمعیت کشاورز وجود نداشت و می‌توان گفت که کشاورزی در این منطقه به کل ناپدید شده است و تنها باغداری در قسمت‌های مرتفعی از اطراف روستا در سطحی محدود قابل مشاهده است. سه روستا نیز در بخش مرکزی، مورد مطالعه قرار گرفتند، روستای مراء، روستای شلمبه، روستای تمیسیان. بخش دیگری که در این مطالعه مورد ارزیابی قرار گرفت مجموعه‌ی دهستان جمابرود است و در واقع شرقی‌ترین منطقه‌ی مورد مطالعه بود. سه روستای مرانک، آبسرد، اهران به عنوان نمونه از این دهستان انتخاب شدند.

1- In-Situ Conservation

روش جمع‌آوری اطلاعات

اطلاعات مورد نیاز برای محاسبه‌ی دو شاخص غنای گونه‌ای و شاخص شانون طی سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ از سطح مزارع و باغات و از طریق مصاحبه حضوری و تکمیل پرسشنامه توسط ۳۰ درصد از سرپرستان خانوار کشاورزان (۱۷۰ پرسشنامه) روستاهای مورد مطالعه، استخراج گردید. این اطلاعات شامل نوع گونه‌ها و همچنین فراوانی و سطح زیر کشت هر گونه در سامانه‌های زراعی و باغی و باغکشتی بود. در این مطالعه گونه‌های درختی به عنوان گونه‌های موجود در سامانه‌های باغی بررسی شدند و سایر گونه‌ها مانند سبزیجات، غلات و گونه‌های زینتی که در تناوب با گیاهان دیگر در زمین‌های زراعی پرورش داده می‌شدند به عنوان گونه‌های موجود در سامانه‌های زراعی مورد ارزیابی قرار گرفتند.

محاسبه شاخص‌های تنوع زیستی کشاورزی

یکی از شاخص‌هایی که امروزه در مطالعات تنوع زیستی به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد، شاخص غنای گونه‌ای است که می‌توان گفت ساده‌ترین شاخص در ارزیابی وضعیت تنوع زیستی کشاورزی می‌باشد که اساس محاسبه این شاخص شمارش تعداد گونه‌های موجود در بوم‌نظام می‌باشد (Eric et al., 2009). شاخص غنای گونه‌ای می‌تواند، تنها گزارشی از تعداد گونه‌های حاضر در بوم‌نظام به ما ارائه دهد، این در حالی است که شرایط مدیریتی موجود در بوم‌نظام‌های کشاورزی ممکن است با غالب کردن فراوانی یک یا چند گونه‌ی خاص و کاهش جمعیت سایر گونه‌ها، آنها را در معرض خطر انقراض قرار دهد. برای رفع این نقیصه و ارزیابی این مهم شاخص دیگری به نام شاخص تنوع شانون مورد استفاده قرار می گیرد که علاوه بر تعداد گونه‌ها در اکوسیتم‌های کشاورزی، فراوانی هر یک از گونه‌ها را مد نظر قرار می‌دهد.شاخص شانون بر اساس معادله (۱) محاسبه گردید(Margalef, 1958; Eric et al., 2009).

$$H' = -\sum_{i} p_i \log(p_i)$$

معادله (۱)

که در این معادله، H': شاخص شانون و Pi: معادل فراوانی گونه iام نسبت به فراوانی کل گونه‌های موجود در بوم‌نظام می‌باشد. به صورت تئوریک مقدار این شاخص بزرگتر از صفر بوده و محدودیتی در حد بالای آن وجود ندارد، ولی عملاً حد بالای این شاخص در جوامع بیولوژیک از پنج تجاوز نمی‌کند (Eric et al., 2009). مقدار شاخص غنای گونه‌ای پس از وارد کردن داده‌های مربوط به گونه‌ها و سطح زیر کشت آنها، توسط نرم افزار SPSS ver. 18 و Excel ver. 2007 محاسبه گردید. شاخص شانون سامانه‌های زراعی، باغی و باغکشتی نیز توسط نرم افزار تخصصی Ecological Methodology محاسبه گردید. لازم به ذکر است در این مطالعه برای برآورد شاخص تنوع شانون از لگاریتم بر مبنای دو استفاده شد. برای محاسبه شاخص شانون گونه‌های درختی از فراوانی هر گونه و برای محاسبه‌ی این شاخص در سامانه‌های زراعی از سطح زیرکشت هر گونه استفاده شد.

نتایج و بحث

براساس نتایج بدست آمده از این تحقیق کل گونه‌های مشاهده شده در محدوده مورد مطالعه مطابق جدول ۱ می‌باشد. بر اساس شکل ۱، در میان روستاهایی که مورد بازدید قرار گرفتند، روستای مرانک با شاخص غنای گونه‌ای هفت دارای بیشترین غنای گونه‌ای در سامانه‌های زراعی بود و روستاهای اهران و آبسرد نیز در شرقی‌ترین بخش مورد مطالعه، مقادیر بالایی از این شاخص را، نسبت به سایر روستاها از خود نشان دادند. در روستای خسرو آباد با وجود کمی سطح زیر کشت گونه‌های زراعی، میزان غنای گونه‌ای در مقایسه با سایر روستاها نسبتاً بالاست که علت آن می‌تواند نقش تنوع گونه‌ها در تأمین نیازهای معیشتی خانوارهای ساکن روستا باشد تا از این طریق بتوانند نیازهای سبد غذایی خانوار را مرتفع سازند، اما در روستای سیاهسنگ سامانه‌های زراعی به طور کلی ناپدید و جای خود را به بخش صنعت داده بودند، نزدیکی این روستا به شاه راه اصلی باعث شده است که جمعیت ساکن در این روستا بتوانند نیازهای غذایی خود را از مناطق دیگر تأمین کرده و خودشان با تغییر کاربری زمین‌های روستا، در بخش صنعت مشغول به فعالیت باشند.

در سامانه‌های باغی، روستای خسروآباد واقع در منطقه حفاظت شده حوزه آبریزجاجرود، بالاترین مقدار شاخص غنای گونه‌ای را داشت، در باغات این روستا ۱۲ گونه درختی مورد کشت و کار قرار می‌گرفت. پس از روستای خسرو آباد، روستای مرانک واقع در دهستان جمابرود در شرقی‌ترین محدوده مورد مطالعه، با شاخص غنای گونه‌ای هشت، در رتبه دوم قرار گرفته بود و با توجه به مشاهدات، در سامانه‌های زراعی و باغی محدوده‌ی مورد مطالعه، بخش شرقی و دهستان جمابرود شرایط بهتری را از نظر شاخص غنای گونه ای نسبت به بخش مرکزی و غربی دارا بود (شکل ۱).

شاخص غنای گونه‌ای در باغکشت روستاهای مورد مطالعه بیشتر از مقدار این شاخص در سامانه‌های زراعی و باغی بود. بدین ترتیب، تقریباً تمام گونه‌هایی که در سامانه‌های زراعی و باغی روستاها مشاهده شدند، در قالب یک سامانه کشاورزی کوچک در جوار محل سکونت کشاورزان برای مصارف داخلی خانوارها وجود داشتند و گاهاً منبعی برای تأمین بخشی از هزینه‌های خانوار محسوب می‌شدند. روستاهای خسروآباد و مرآ به ترتیب با دارا بودن ۲۳ و ۹ گونه‌ی باغکشتی، بیشترین و کمترین شاخص غنای گونه‌ای باغکشتی را به خود اختصاص داده بودند. نکته جالب توجه اینکه روستای سیاهسنگ

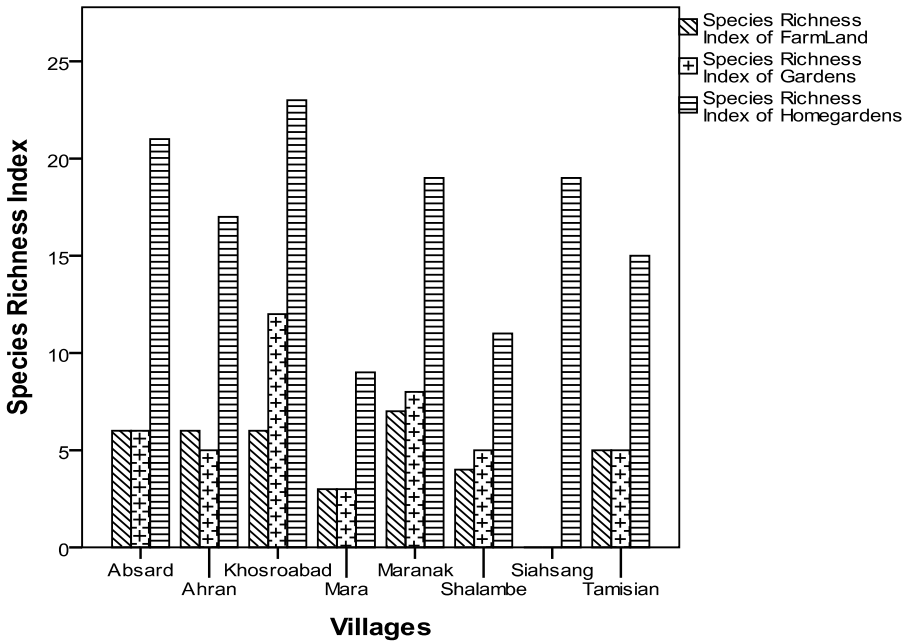
با داشتن غنای گونه‌ای زراعی و باغی صفر، دارای یکی از بالاترین مقادیر شاخص غنای گونه‌ای باغکشتی بود، گونه‌هایی که تا پیش از این در سامانه‌های باغی و زراعی این روستا مورد کشت و کار قرار می‌گرفته‌اند و این امر نشان از اهمیت نقش حفاظتی باغکشت‌ها در نگهداری گونه‌های بومی و قدیمی این روستا دارد (شکل ۱).

از میان روستاهای مورد بررسی در این مطالعه روستای مرآ واقع در بخش مرکزی منطقه‌ی مورد مطالعه، با داشتن شاخص شانون برابر با ۰/۶ در سامانه‌های باغی، کمترین مقدار این شاخص را داشت. همچنین روستای خسرو آباد واقع در منطقه حفاظت‌شده‌ی جاجرود هر چند از نظر سطح زیر کشت محصولات زراعی و باغی شرایط مناسبی نداشت، اما علاوه بر داشتن غنای گونه‌ای بالا در سامانه‌های زراعی، باغی و باغکشتی بیشترین مقادیر شاخص شانون را در میان روستاهای منطقه به خود اختصاص داده بود.

جدول ۱- گونه‌های مشاهده شده در محدوده مورد مطالعه

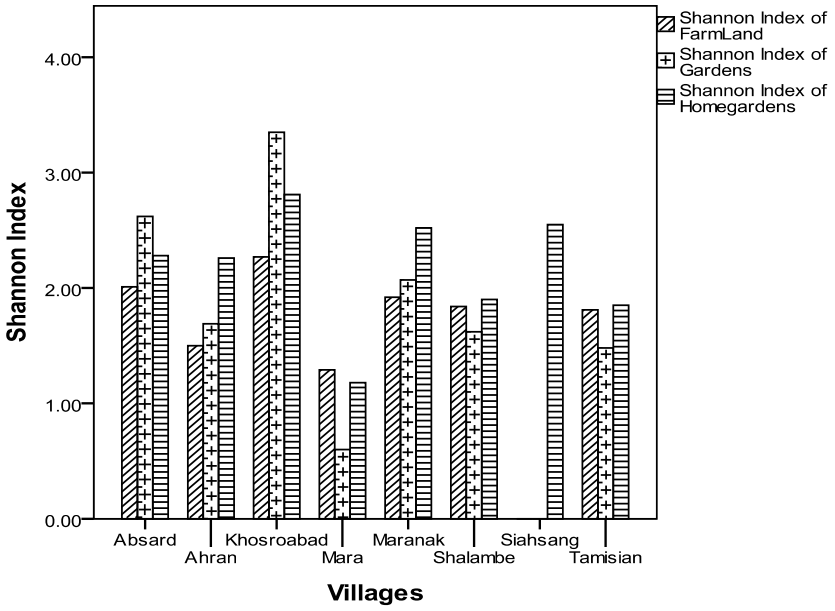
Table 1- Species which observed in studied area

نام علمی Scientific Name	نام گونه Specie's Name		
Solanum melongena L.	Eggplant	بادمجان	گونه‌های زارعی Crop species
Legenaria vulgaris Seringe.	Squash	کدو	
Solanum tuberosum L.	Potato	سیب زمینی	
Lycopersicum esculentum L.	Tomato	گوجه‌فرنگی	
Cucumis sativus L.	Cucumber	خیار	
Allium cepa L.	Onion	پیاز	
Triticum aestivum L.	Wheat	گندم	
Capsicum frutescens L.	Pepper	فلفل	
---	vegetables	سبزیجات	
Prunud domestica L.	Plum	آلو	گونه‌های باغی Garden species
Armeniaca bulgar L.	Apricot	زردآلو	
Prunus armeniaca L.	----	آلو قیسی	
Prunus cerasus L.	Sour Cherry	آلبالو	
pyrus communis L.	Pear	گلابی	
Juglans regia L.	Walnut	گردو	
Malus domestica Borkh.	Apple	سیب	
Prunus divaricata Ehrh.	Peach	هلو	
Elaeagnus angustifolia L.	Oleaster	سنجد	
Vitis vinifera L.	Grapes	انگور	
Diospyros lotus L.	Persimmon	خرمالو	
Prunus avium L.	Cherry	گیلاس	
Althaea officinalis L.	Marshmallow	ختمی	گونه‌های زینتی Ornamental Species
Rosa damascena L.	Damask rose	محمدی	
Gladiolus callianthus L.	Sword lily	گلایول	
Chrysanthemum indicum L.	Chrysanths	داوودی	
Lilium longiflorum Thunb.	Easter lily	لیلیوم	
portulaca grandiflora L.	Sun plant	ناز	
Syringa vulgaris L.	Lilac	یاس	
Rosa hybrida L.	Rosa	رز	
Pelargonium spp.	Pelargonium	شمعدانی	



شکل ۱- شاخص غنای گونه‌ای باغات، مزارع و باغکشت

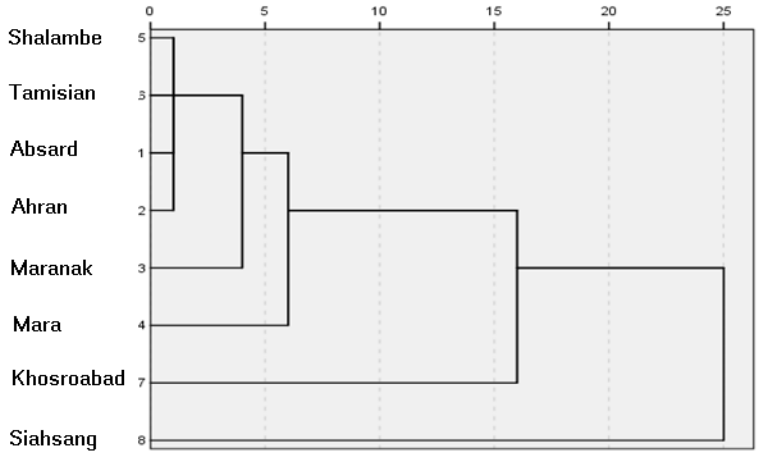
Fig. 1- Species richness index of gardens, farms and home gardens



شکل ۲- مقادیر شاخص شانون در روستاهای مورد مطالعه

Fig. 2- Shannon index of studied villages

در روستاهای مورد مطالعه مقادیر شاخص شانون در سامانه‌های باغکشتی الزاماً بیشتر از سامانه‌های زراعی و باغی نبود (شکل ۲) و نتایج حاصل از شاخص تنوع شانون نشان داد که روستای خسروآباد و آبسرد به ترتیب در غربی‌ترین و شرقی‌ترین منطقه مورد مطالعه از تنوع بسیار مناسب سامانه‌های باغی برخوردار هستند.



شکل ۳- نمودار خوشه‌ای بر اساس شاخص‌های تنوع زیستی باغات و مزارع در روستاهای مورد مطالعه
Fig. 3- Cluster analysis of species diversity in farms and gardens for studied villages

در مرحله بعد، روستاهای مورد مطالعه بر اساس مقادیر شاخص شانون و شاخص غنای گونه‌ای، توسط تحلیل خوشه‌ای در سامانه‌های زراعی و باغی گروه‌بندی و بررسی شدند (شکل ۳). بجز روستای سیاهسنگ که در منطقه‌ی حفاظت شده قرار داشت و به دلیل تغییر کاربری اراضی، بخش عمده‌ای از زمین‌های کشاورزی این روستا به بخش صنعتی تخصیص یافته بود، سایر روستاها از نظر شاخص‌های تنوع زیستی کشاورزی (در سطح ۷۵ درصد) در یک گروه قرار گرفتند. (درتحلیل خوشه‌ای شاخص‌های تنوع گونه ای در سامانه‌های باغکشتی مورد بررسی قرار نگرفته است).

ایران با برخورداری از مناطقی با اقلیم‌های متنوع، یکی از غنی‌ترین کشورها از لحاظ تنوع زیستی کشاورزی می‌باشد، به نظر می‌رسد که امروزه با افزایش تمایل به کشت خالص گیاهان و استفاده از گونه‌ها و ارقام اصلاح شده که دارای عملکردهای بالا و توان رقابتی بهتر برای استفاده هر چه بیشتر از نهاده‌ها هستند، تنوع زیستی در بخش کشاورزی روند روبه زوالی را در پیش گرفته است (Altieri, 2007; Jakoson et al., 2007; Swift et al., 2004) و کشاورزان با اولویت قرار دادن منافع اقتصادی خود تمایل کمتری به استفاده از گونه‌ها و ارقام بومی نشان می‌دهند، ارقامی که در طول زمان با شرایط منطقه و تنش‌های محیطی موجود در آن سازگاری یافته‌اند. علاوه بر سامانه‌های تک کشتی، تغییر کاربری اراضی در روستاها، می‌تواند موجب نابودی سامانه‌های کشاورزی شده و گونه‌های موجود در سامانه‌های کشاورزی را در معرض خطر انقراض قرار دهد (Forman et al., 2003; Verboom et al., 2001)، همانند آنچه در روستای سیاهسنگ در قسمت غربی منطقه‌ی مورد مطالعه، مشاهده شد. در این روستا بخش قابل توجهی از زمین‌ها به فعالیت‌های صنعتی و ساختمان‌سازی اختصاص یافت، بطوریکه می‌توان گفت زمین‌های زراعی و باغات در این روستا بطور کامل از بین رفته‌اند.

تمایل کشاورزان برای حضور و فعالیت در بخش‌هایی دیگر به جز بخش کشاورزی، امروزه به عنوان چالشی نو در حفظ تنوع زیستی کشاورزی مطرح است. عدم علاقه کشاورزان برای فعالیت در بخش کشاورزی می‌تواند به معنی از بین رفتن دانش بومی مورد نیاز برای پرورش گیاهان خاص هر منطقه و در نهایت، از بین رفتن بخشی از فرهنگ یک جامعه و عدم انتقال آن به نسل‌های آینده باشد (Bellon et al., 1997). نتیجه آنکه، عدم آگاهی کافی در زمینه پرورش بسیاری از گونه‌ها می‌تواند عامل از بین رفتن و به فراموشی سپردن آنها توسط نسل‌های آینده باشد. در چنین شرایطی نیاز است برای جلوگیری از روند رو به زوال تنوع زیستی کشاورزی، اطلاعات کافی و جامعی از گونه‌های کشاورزی موجود در مناطق مختلف و همچنین فراوانی و سطح زیر کشت آنها جمع‌آوری شود و در طول زمان با پایش سامانه‌های کشاورزی روند تغییرات تنوع زیستی گونه‌های زراعی و باغی ارزیابی گردد، دلایل اصلی این کاهش شناسایی و اقدامات پیشگیرانه لازم صورت پذیرد.

در ایران مطالعات محدودی در زمینه‌ی تنوع زیستی در سامانه‌های مختلف کشاورزی صورت پذیرفته است. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2003) مطالعه‌ای را به منظور بررسی اثرات نظام‌های پرنهاده و تک‌کشتی و استفاده‌ی وسیع از ارقامی با عملکرد بالا بر پایداری نظام‌های کشاورزی و تنوع زیستی در محصولات باغی و سبزی و صیفی انجام دادند. نتایج این بررسی‌ها نشان داد که این محصولات از تنوع گونه‌ای مناسبی در سطح کشور برخوردارند. در مطالعه مذکور آنها دریافتند که ۳۱ گونه از محصولات باغی و ۱۴ گونه‌ی سبزی و صیفی در کل کشور پرورش داده می‌شود.

میزان غنای گونه‌ای در قسمت شرق و شمال شرقی استان تهران در سامانه‌های باغی، با توجه به مقیاس کوچکتر این مطالعه، بین سه (در کمترین مقدار) و ۱۲ (در بیشترین مقدار) متغیر بود. هر چند مقادیر شاخص شانون در این منطقه برای سامانه‌های باغی، ارقام بالاتری را نسبت به کل کشور نشان می‌داد. به عنوان مثال، روستای خسرو آباد با داشتن غنای گونه‌ای ۱۲ در سامانه‌های باغی شاخص شانون بسیار بالایی برابر با ۳/۳۵ را نشان می‌داد که گواهی بر توزیع مناسب و یکنواخت گونه‌های باغی می‌باشد. به نظر می‌رسد که با فاصله گرفتن از مرکز استان (شهر تهران) تعداد گونه‌هایی که در سامانه‌های زراعی کشت می‌شوند افزایش می‌یابد. شاید بتوان این تغییرات را ناشی از جنبه‌های اقتصادی دانست، در روستاهای نزدیکتر به کلان شهرتهران به علت داد و ستد بیشتر و نزدیکی به بازار، کشاورزان تمایل کمتری به خود کفایی در زمینه‌ی تولید محصولات غذایی دارند و حرکت به سمت سامانه‌های تک کشتی و کشت فشرده با توجه به یارانه‌های دولتی که به نهاده‌های شیمیایی تعلق گرفته، منافع اقتصادی بیشتری را نصیب کشاورزان می‌کند. نتایج حاصل از مطالعه تنوع زیستی گونه‌های زراعی در ایران (Nassiri et al., 2005) نشان داد که ۳۸ گونه زراعی در کشور مورد کاشت قرار می‌گیرد و از این میان ۲۱ گونه زراعی ۸۸ درصد کل سطح زیر کشت کشور را به خود اختصاص داده است که از این مقدار بخش عمده‌ای زیر کشت دو خانواده غلات و حبوبات است (Nassiri et al., 2005)، با توجه به این عدم تناسب سطح زیر کشت گونه‌های زراعی نیاز به سیاست‌های حفاظتی جهت نگهداری و حفظ گونه‌های بومی شدیداً احساس می‌گردد، باغکشت‌ها بعنوان یکی از قدیمی‌ترین سامانه‌های مدیریت کاربری زمین، تنوع گونه‌ای غنی و ارزشمندی را در واحد سطح در خود جای می‌دهند. انواع بسیاری از ارقام و گونه‌های بومی و همچنین گونه‌های نادر و در معرض خطر در این سامانه یافت می‌شوند (Watson & Eyzaguirre, 2002; Kumar & Nair, 2004; Sthapit et al., 2004). طی سالیان متمادی کشاورزان انواع گونه‌های مورد علاقه خود را در باغکشت‌ها پرورش داده و آن را تبدیل به ذخیره‌گاهی از منابع بالقوه و بالفعل و جایگاهی برای گزینش و اهلی‌سازی گونه‌های گیاهی نموده‌اند (Hawkes, 2004; Blanckaert et al., 2004). غنای گونه‌ای بالا در باغکشت‌ها، آنها را به یک محل مناسب برای حفاظت درون‌جا تبدیل کرده و این در حالی است که باغکشت‌ها می‌توانند محل مناسبی برای کسب درآمد بیشتر خانوار نیز باشند (Trinh et al., 2003). تاکنون در مورد وضعیت باغکشت‌ها در ایران مطالعات چندانی صورت نگرفته است و بیشتر مطالعات در این زمینه در مناطق حاره و نیمه‌حاره انجام گرفته است و باغکشت‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند (Blankaert et al., 2004; Khoshbakht et al., 2006).

در نهایت، پس از انجام این مطالعه، وضعیت تنوع زیستی کشاورزی سامانه‌های باغکشتی در منطقه شمال شرقی استان تهران تا حدودی مشخص شد. نتایج نشان داد که باغکشت‌ها با داشتن غنای گونه‌ای بالا می‌توانند محل مناسبی جهت حفاظت از تنوع گونه‌های بومی منطقه باشند، تا آنجا که در روستای سیاهسنگ که به دلیل عدم حضور جمعیت کشاورز تنوع زیستی در سامانه‌های کشاورزی آن به طور کل از بین رفته بود باغکشت‌ها تنها حافظان گونه‌های بومی کشاورزی بودند. در مقایسه‌ای از وضعیت تنوع باغکشت‌ها با آنچه که سانوار و همکاران (Sunwar et al., 2006) در باغکشت‌های بخش غربی نپال به‌عنوان نمونه‌ای از باغکشت‌های مناطق حاره مشاهده کردند، مشخص شدکه شاخص های تنوع در نپال، از مقادیر بیشتری نسبت به منطقه مورد بررسی در این مطالعه برخوردارند، غنای گونه‌ای در بخش حاره‌ای و نیمه کوهستانی در نپال به ترتیب برابر با ۳۸ و ۲۷ گونه بود و شاخص شانون در این مناطق ارقامی بین ۴ تا ۴/۵ را نشان می‌داد که از وضعیت روستاهای منطقه مورد بررسی در استان تهران به مراتب بهتر بود. نکته‌ی قابل توجه اینکه در باغکشت‌های مورد بررسی در نپال برخلاف منطقه مورد بررسی در ایران، کشت غلات رایج و متداول بود. اینکه تنوع گونه‌ای در باغکشت‌های مناطق حاره با بارندگی بیشتر از ۱۰۰۰ میلی‌متر در سال بالاتر از تنوع در مناطق خشک و نیمه خشک ایران باشد چنان دور از ذهن نبود، ولی از تفاوت شاخص‌های تنوع زیستی گونه‌های گیاهی در باغکشت‌ها و دیگر سامانه‌های کشاورزی در نهایت می‌توان چنین نتیجه گرفت که باغکشت‌ها با در اختیار داشتن گونه‌های متنوع زراعی و باغی می‌توانند به عنوان مکملی برای دیگر سامانه‌های کشاورزی، که امروزه به سمت سیستم‌های ساده تر و با تنوع زیستی کمتر حرکت کرده‌اند عمل نمایند و علاوه بر تأمین نیازهای غذایی خانوارهای روستایی و کمک به سبک زندگی معیشت مدار این قشر، نقش کارکردی خود را در حفاظت از تنوع گونه‌های بومی ایفا نمایند.

منابع

1- Altieri, M.A. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment 74: 19–31.

2- Bellon, N.R., Lpham, J., and Jackson, M.T. 1999. Genetic conservation: A role for rice farmers. In: Maxted N., Ford-Lioyd B.V., and Hawkes J.G., eds. Plant genetic conservation: The in situ Approach. London: Chapman and Hall 263-289.

3- Brookfield, H., and Stocking, M. 1999. Agrobiodiversity: definition, description and design. Journal of Global

Environmental Change 9: 77-80.
4- Debinski, D.M., and Humphrey, P.S. 1997. An integrated approach to biological diversity assessment. Natural Areas Journal 17: 355-365.
5- Duelli, P. 1997. Biodiversity evaluation in agricultural landscape: an approach at two different scales. Journal of agriculture, Ecosystems and Environment 62: 81-91.
6- Eric, G.L., Erin, B., Gillian, H., Jim. S., Stan, B., Jim, H., Diane, L., and Haughland, L. 2009. Indices for monitoring biodiversity change: Are some more effective than others? Ecological Indicators 9: 432–444.
7- FAO. 1998. The state of the world's plant genetic resources for food and agriculture. Food and agriculture organization of the united nation. ROME.
8- FAO. 1999. Report: Sustainig agricultural Biodiversity and Agro-Ecosystem Functions. FAO Italy.
9- Forman, R.T.T., Sperling, D., Bissonette, J.A., Clevenger, A.P., Cutshall, C.D., Dale, V.H., Fahrig, L., France, R., Goldman, C.R., Haenue, K., Jones, J.A., Swanson, F.J., Turrentine, T., and Winter, T.C. 2003. Road Ecology-Science and Solutions. Island Press, Washington, USA.
10- Harper, J. 2002. Endangered Species: Health, Illness and Death among Madagascar's People of the Forest. Carolina Academic press, Durham, NC.
11- Hawkes, J.G. 2004. The Diversity of Crop Plants. Harvard University Press, Cambridge, MA, 184 Pp.
12- Jackson, L.E., Pascual, U., and Hodgkin, T. 2007. Utilizing and conserving agrobiodiversity in Agricultureal Landscapes. Journal of agriculture, Ecosystems and Environment 121: 196-210.
13- Khoshbakht, K., Hammer, K., and Amini, S. 2006. Interdisciplinary analysis of homegardens in Savadkouh/Iran: plant uses and socioeconomic aspects. Food, Agriculture and Environment 4: 277-282.
14- Koocheki A, Nassiri, M., Kamali, G.A., and., Shahandeh, H. 2006. Potential impacts of climate change onagro-meteorological indicators in Iran. Arid Land Research and Management 20: 245-259.
15- Koocheki, A., And Jahanbin, G. 2003. Final report of Iran biodiversity research project. Agricultural Faculty of Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
16- Kumar, B.M., and Nair, P.K.R. 2004. The enigma of tropical homegardens. Agro forestry Systems. Kluwe Academic Publisher 61: 135-152.
17- Long, J., Cromwell, E., and Gold, K. 2000. On- farm management Pf crop diversity: an introductory bibliography. The Schumacher Center for Technology and Development. http://www.oneworld.org/odi/
18- Lovett, G.M., Burns, D.A., Driscoll, C.T., Jenkins, J.C., Mitchell, M.J., Rustad, L., Shanley, J.B., Likens, G.E., and Haeuber, R. 2007. Who needs environmental monitoring? Frontiers in Ecology and the Environment 5:253–260.
19- Margalef, R., 1958. Information theory in ecology. General Systems 3: 36–71.
20- Nassiri Mahalati, M., Koocheki, A.R., and Mazaheri, D. 2005. Agro-spices-diversity of Iran. Desert 10: 39-42. (In Persian with English Summary)
21- Nichols, J.D., and Williams, B.K. 2006. Monitoring for conservation. Trends in Ecology and Evolution 21: 668–673
22- Noss, R.F. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. Conservation Biology 4: 355–364.
23- Piha, M., Tiainen, J., Holopainen, J., and Vepsalainen, V. 2007. Effects of land-use and landscape characteristics on avian diversity and abundance in a boreal Agricultural landscape with organic and conventional farms. Biological Conservation 140: 50-61.
24- Pimentel, D., Wilson, C., Maccullum, C., Huang, R., Dwen, P., Flack, J., Tran, Q., Saltman, T., and Cliff, B. 1997. Economic and environmental benefits of biodiversity. Journal of Biological Science 47: 747-757.
25- Sunwar, S., Thornstrom, C.G., Subedi, A., and Bystrom, M. 2006. Homegardens in Western Nepal: opportunities and challengec for on-farm management of Agrobiodiversity. Biodiversity Conservatioin 15: 4211-4238.
26- Sthapit, B., Gautam, R., and Eyzaguirre, P. 2004. The value of home gardens to small farmers. In: Gautam. [Proceedings of a national workshop], 6-7th August 2004, Pokhara, Nepal.
27- Swift, M.J., Izac, A.M.N., and van Noordwijk, M. 2004. Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes-are we asking the right questions? Agriculture Ecosystems and the Environment 104: 113–124.
28- Trinh, L.N., Watson, J.W., Hue, N.N., De, N.N., Minh, N.V., Chu, P., Sthapit, B.R. And Eyzaguirre, P.B. 2003. Agrobiodiversity conservation and development Vietnamese home gardens. Agriculture, Economic and Environment 97: 317-344.
29- Verboom, J., Foppen, R., Chardon, P., Opdam, P., and Luttikhuizen, P. 2001. Introducing the key patch approach for habitat networks with persistent populations: an example for marshland birds. Biological Conservation 100: 89-101.
30- Watson, J.W. and Eyzaguirre, P.B. 2002. Home gardens and in situ conservation of plant genetic resources in farming systems. Proceeding of international home gardens workshop. 17-19 July 2001, Witzenhausen, Federal Republic of Germany.
31- Wilson, E.O., and Peter, F.M. (Eds.). 1998. Biodiversity. National Academy Press, Washington D.C.
32- Yoccoz, N.G., Nichols, J.D., and Boulinier, T. 2001. Monitoring of biological diversity in space and time. Trends in Ecology and Evolution 16: 446–453.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۲، ص. ۱۷۷-۱۶۹

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 2, Summer 2013, p. 169-177

تأثیر تنش خشکی و قارچ میکوریزا بر برخی از صفات مورفوفیزیولوژیک و عملکرد مرزه (*Satureja hortensis* L.)

بهروز اسماعیل پور[1*]، پریسا جلیل‌وند[2] و جواد هادیان[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۸/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۳/۲۰

چکیده

تنش کمبود آب به‌طور دائم یا موقت، در رشد و توزیع پوشش طبیعی گیاهان بیشتر از سایر عوامل محیطی محدودکننده است. به‌منظور بررسی تأثیر قارچ های آربوسکولارمایکوریزا (AM) و تنش خشکی بر رشد و عملکرد گیاه مرزه (*Satureja hortensis* L.) (توده بومی شهرری) آزمایشی گلدانی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در مزرعه پژوهشی گروه علوم باغبانی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۸۹ انجام شد. تیمارهای مورد آزمایش شامل دو گونه قارچ مایکوریزا (*Glomus etunicatum* و *G.versiformi*) و تنش خشکی در سه سطح (آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه به عنوان شاهد، ۳۰ و۶۰ درصد ظرفیت مزرعه) بود. نتایج حاصل نشان داد که هشت هفته پس از آغاز تیمارهای خشکی، خصوصیات رویشی مانند ارتفاع ساقه، تعداد و مساحت سطح برگ، طول ریشه، وزن خشک برگ، ساقه و ریشه با افزایش خشکی به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند. روابط آبی تمام گیاهان از جمله محتوای نسبی آب برگ در اثر خشکی به شدت تحت تأثیر قرار گرفت و کاهش یافت. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش تنش خشکی میزان فسفر برگ کاهش و مقدار پتاسیم برگ افزایش یافت. در پاسخ به تنش خشکی، فرآیندهای تنظیم اسمزی در گیاهان مرزه فعال شد و میزان پرولین در برگ ها افزایش یافت. تلقیح با قارچ میکوریزا شاخص‌های رشد رویشی، محتوای نسبی آب گیاه و محتوای فسفر و پتاسیم برگ گیاه مرزه را در شرایط تنش خشکی در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده به طور معنی‌داری افزایش، ولی میزان پرولین برگ را کاهش داد. به‌طور کلی، کاربرد قارچ میکوریزا سبب افزایش مقاومت به تنش خشکی در گیاه مرزه شد.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم، پرولین، ظرفیت مزرعه، فراهمی فسفر، گیاه دارویی

مقدمه

مرزه با نام علمی *Satureja hortensis* L. گیاهی است از خانواده نعناع که در بسیاری از نقاط دنیا به عنوان سبزی، گیاهی ادویه‌ای و آشپزخانه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. اندام هوایی گل‌دار مرزه در طب سنتی با اثرات شناخته شده ضد نفخ، ضد دل درد، ضد کرم، مقوی معده، محرک و خلط‌آور به کار می‌رود (Hajhashemi et al., 2000). از اسانس مرزه در صنایع کنسروسازی و نوشابه‌سازی استفاده می‌شود، عطر قوی این گیاه به خاطر وجود روغن‌های فرار مخصوصاً تیمول است (Deans & Svoboda, 1989). تنش خشکی یکی از مهمترین تنش‌های محیطی است که رشد و عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. همچنین باعث کاهش جذب آب توسط سیستم ریشه گیاه، کاهش تعرق، کاهش هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز و همچنین به هم خوردن موازنه هورمونی در گیاه می‌گردد (Khalafallah & Abo-Ghalia, 2008). وقتی پتانسیل آب خاک کاهش می‌یابد، گیاهان برای حفظ قدرت جذب آب باید پتانسیل آب درونی را به قدری کاهش دهند تا به یک شیب مطلوب برسد. برای ایجاد جریان آب از خاک به داخل ریشه‌ها، مهم‌ترین مکانیسم، تنظیم اسمزی نامیده می‌شود که گیاه پتانسیل اسمزی را توسط انباشتگی فعال یون‌های آلی یا مواد محلول کاهش می‌دهد. مواد محلولی که در تنظیم اسمزی نقش دارند، شامل یون‌های غیرآلی (مثل پتاسیم، کلسیم و کلر) یا ترکیبات غیربردار آلی مثل پرولین و یا کربوهیدرات-ها هستند (Aliasgharzad et al,.2006).

قارچ میکوریزای وزیکولار– آربوسکولار یکی از انواع کودهای زیستی است. میکوریزا همزیستی مسالمت‌آمیز انواعی از قارچ‌های خاکزی و ریشه گیاهان است، انتقال مواد بین سلول‌های کورتکس

۱، ۲ و ۳- به ترتیب به ترتیب استادیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی دانشگاه محقق اردبیلی و استادیار گروه کشاورزی دانشگاه شهید بهشتی تهران
(*- نویسنده مسئول: Email: behsmaiel@yahoo.com)

ریشه گیاه کلونیزه شده با قارچ و آربوسکول‌های قارچ، مهمترین مشخصه‌ی همزیستی میکوریزآربوسکولار می‌باشند. همزیستی قارچی مواد کربوهیدارتی را عمدتاً به شکل ساکارز از گیاه دریافت می‌کند و عناصر غذایی (عمدتاً فسفر) را در اختیار گیاه قرار می‌دهد. به این ترتیب که عناصر غذایی از غشاء آربوسکول از طریق حامل‌های غشایی که با شیب پروتون عمل می‌کنند به صورت فعال در اختیار گیاه قرار می‌گیرد و مواد کربوهیدراتی موجود در آوند آبکش گیاه ابتدا توسط قارچ به گلوکز و فروکتوز تبدیل شده و سپس توسط حامل‌ها جذب می‌گردد (Smith et al., 2010). قارچ‌های میکوریزای وزیکولار– آربوسکولار در سال‌های اخیر برای مقابله با کم آبی و تنش‌های خشکی در بسیاری از گیاهان مورد استفاده قرار گرفته است (Song, 2005). مطالعات بوم‌شناسی و فیزیولوژیکی اثبات کرده است که اغلب همزیستی میکوریزای باعث جذب بهتر آب از خاک می‌شود. قارچ های میکوریزا، باعث افزایش سطح جذب ریشه می‌شوند که به گیاه میزبان کمک می‌کنند تا میزان آب بیشتری از خاک جذب نماید (Auge et al,2001). قارچ‌های میکوریزا در گیاهانی که دارای ریشه های بدون انشعاب هستند، کارایی بیشتری دارند. همزیستی میکوریزا اغلب منجر به تغییر سرعت حرکت آب در خارج و داخل گیاهان میزبان شده و روی آب‌گیری بافت و فیزیولوژی برگ تأثیر می‌گذارد (Auge et al., 2001). گاهی اوقات رابطه همزیستی میکوریزا از طریق اجتناب از خشکی، گیاهان را در مقابل تنش حفظ می کند و این کار را با افزایش جذب عناصر فسفر و سایر عناصر ضروری برای رشد و توسعه گیاه انجام می‌هد (Auge et al., 2001). پانوار (Panwar, 1993) گزارش کرد که همزیستی میکوریزا، کاهش در محتوای نسبی آب برگ گندم (*Triticum aestivum* L.) در طول تنش خشکی را به تاخیر می‌اندازد و به برگ‌ها اجازه می‌دهد تا روزنه‌های خود را در محتوای نسبی آب برگ پایین، باز نگه دارند. عبدالناصر (Abdul-Naser, 1998) گزارش کرد که کدو (*Lagenaria vulgaris* L.) تلقیح شده با قارچ (*Glomus intraradices* L.) بهتر از گیاهان شاهد، خشکی را تحمل نمود. وقوع خشکسالی‌های مداوم در سال‌های اخیر که پهنه عظیمی از کشور را تحت تأثیر قرار داد، زنگ خطر مکرری را برای تولیدات کشاورزی و ثبات تولید به صدا درآورد. بنابراین، هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر قارچ میکوریزا بر برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک و عملکرد مرزه در شرایط تنش کم‌آبی بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی گروه علوم باغبانی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۸۹ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل تلقیح با دو گونه قارچ میکوریزا *Glomus etunicatum*، *G. versiformis* و بدون تلقیح به عنوان شاهد و سطوح مختلف آبیاری شامل آبیاری کامل (نگهداری رطوبت در حد ظرفیت مزرعه) به‌عنوان شاهد و آبیاری به میزان ۳۰ و ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه در خاک به‌عنوان دو سطح تنش در نظر گرفته شد. بذر مرزه از توده بومی شهرری از پژوهشکده گیاهان دارویی دانشگاه شهید بهشتی و دو گونه قارچ میکوریزا از آزمایشگاه بیولوژی خاک دانشگاه تبریز تهیه شد. بستر خاکی مورد استفاده شامل نسبت ۲:۱ خاک به ماسه بود که دارای بافت لومی رسی بود. ابتدا خاک مورد استفاده به منظور ضدعفونی به مدت یک ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد و فشار یک اتمسفر اتوکلاو گردید. سپس برای مایه‌کوبی هر کیلوگرم از خاک، مقدار ۵۰ گرم از هر یک از دو گونه قارچ میکوریزا استفاده شد. هشت کیلوگرم از این خاک داخل هر یک از گلدان‌ها ریخته شد. محلول غذایی (۱۵۰ گرم سولفات پتاسیم، ۳۵ گرم فسفات پتاسیم و ۱۵۰ گرم اوره) تهیه شده و از این محلول حدود ۱۳ میلی‌لیتر به ۴۰۰ میلی‌لیتر آب اضافه گردیده و به خاک هر گلدان به‌طور جداگانه اضافه گردید تا به حد ظرفیت زراعی برسد و بعد بذرها کشت گردیدند. پس از سبز شدن بذرها، تنک کردن گیاهچه‌ها در چند مرحله انجام گردید و در نهایت، داخل هر گلدان دو بوته نگهداری شد.

برای اعمال تنش خشکی ابتدا آب قابل نگهداری در آزمایشگاه و با رسم منحنی رطوبتی خاک محاسبه و بقیه ی تیمارهای خشکی بر مبنای آن محاسبه گردید. ۱/۵ ماه بعد از کشت (مرحله شش برگی شدن) تیمارهای خشکی بر گلدان‌ها اعمال شد. تیمارهای خشکی در سه سطح بدون تنش، ۶۰ درصد (تنش خشکی ملایم) و ۳۰ درصد (تنش خشکی شدید) ظرفیت مزرعه اعمال گردید. رطوبت خاک در محدوده ظرفیت مزرعه ۲۶ درصد بود. تعیین مقدار آب مورد نیاز برای هر تیمار تنش خشکی، از طریق وزن نمودن گلدان‌ها انجام گرفت (Jacob & clarck, 2002).

در مرحله گلدهی کامل، پارامترهای رویشی شامل ارتفاع بوته، تعداد برگ، تعداد شاخه فرعی، طول ریشه، سطح برگ، وزن خشک ساقه و ریشه اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه گیاهی به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و سپس با استفاده از یک ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم وزن شدند. مساحت سطح برگ (در پایان دوره رشد و پس از جدا کردن برگ‌ها از ساقه) با دستگاه سنجش سطح برگ تعیین گردید و مقدار کلروفیل کل به وسیله دستگاه کلروفیل‌سنج دستی مدل CCM200 اندازه‌گیری شد.

محتوای نسبی آب برگ: برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ از هر گلدان پنج عدد دیسک برگی به قطر یک سانتی‌متر تهیه شد. دیسک‌های برگی پس از توزین، در داخل لوله‌های آزمایشی

محتوی آب مقطر قرار داده شدند. درب لوله‌های آزمایشی با فویل پوشیده شد و به مدت ۲۴ ساعت در دمای چهار درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا به حداکثر وزن اشباع خود برسند. سپس با ترازوی دقیق، وزن آماس نمونه‌ها محاسبه شد. دیسک‌ها در آونی با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و مدت ۲۴ ساعت خشک شدند. وزن خشک دیسک‌ها با ترازویی به دقت ۰/۰۰۰۱ بدست آمد. محتوی نسبی آب برگ در نهایت از معادله (۱) محاسبه گردید (Barrs &Weatherly, 1962).

$$RWC = \frac{LWF - LWD}{LWT - LWD}$$ معادله (۱)

که در این معادله، RWC: محتوی نسبی آب برگ LWF: وزن تر، LWT: وزن آماس و LWD: وزن خشک برگ‌هاست.

تنظیم‌کننده‌های اسمزی: برای تعیین غلظت عناصر غذایی فسفر و پتاسیم موجود در بخش هوایی، نمونه گیاهی از زیست‌توده گیاه به‌طور تصادفی از هر تکرار تهیه گردید. نمونه‌های فراهم شده را پس از خشک کردن در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت به‌وسیله آسیاب در تاریکی پودر کرده و در نهایت، به روش هضم توسط اسید سولفوریک، اسید سالیسیک، آب اکسیژنه و سلنیم، عصاره آنها تهیه شد. پتاسیم کل به روش نورسنجی شعله با دستگاه فیلم فتومتر و فسفر کل به روش رنگ سنجی با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Jenway اندازه‌گیری شد (Emami, 1996).

اندازه‌گیری میزان پرولین با استفاده از روش (Bates et al., 1973) انجام گرفت. به این منظور، مقدار ۰/۱ گرم بافت برگی نگهداری شده در فریزر در ۱۰ میلی‌لیتر سولفوسالیسیلیک اسید ۳/۳ درصد سائیده و همگنای حاصل از کاغذ صافی عبور داده شد و با سرعت ۴۰۰۰ rpm در دمای چهار درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید و در لوله جداگانه دیگری، به دو میلی‌لیتر از عصاره، دو میلی‌لیتر معرف ناین هیدرین (۱/۲۵ گرم پودر اسید ناین هیدرین را در ۳۰ میلی‌لیتر اسید استیک گلایسیال حل نموده و سپس ۲۰ میلی-لیتر اسید فسفریک شش مولارآماده شده به آن اضافه گردید) و دو میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال خالص اضافه گردید. لوله‌ها به مدت یک ساعت در بن‌ماری قرار گرفته و پس از اضافه کردن چهار میلی‌لیتر تولوئن به هر کدام از لوله‌ها، به مدت ۱۵ تا ۲۰ ثانیه ورتکس گردیدند. پس از تشکیل دو فاز جداگانه، فاز بالایی رنگی، با دقت جدا و در دستگاه اسپکتروفتومتری با طول موج ۵۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. پرولین در قسمت بالایی لوله به رنگ زرد متمایل به قرمز دیده شد. به کمک رسم منحنی و تهیه معادله خطی منحنی استاندارد غلظت پرولین تعیین و بر حسب میکروگرم بر گرم محاسبه شد. داده‌های مربوط به آزمایش‌های مختلف در این پژوهش با استفاده از نرم افزار آماری SAS 9.1 تجزیه شده و مقایسه میانگین تیمارها نیز با آزمون چند دامنه‌ای دانکن (Amirabadi et al., 2012) صورت گرفت. نمودار نیز با استفاده از نرم افزار Excel رسم شد.

نتایج و بحث

خصوصیات رویشی: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تنش خشکی بر صفات تعداد برگ، تعداد شاخه فرعی، ارتفاع بوته، وزن خشک ریشه، وزن خشک برگ و ساقه، طول ریشه، سطح برگ، معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بدست آمد. اثر قارچ میکوریزا نیز بر صفات تعداد برگ، تعداد شاخه فرعی، طول ریشه، وزن خشک ریشه در سطح احتمال یک درصد و بر صفات وزن خشک برگ و ساقه، سطح برگ و ارتفاع بوته معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بدست آمد (جدول ۱). با توجه به مقایسه میانگین تأثیر تیمارها (جدول ۲) ملاحظه می‌گردد که با افزایش شدت تنش خشکی تمام صفات رویشی از قبیل تعداد برگ، مساحت سطح و وزن خشک برگ، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، وزن خشک ساقه، طول و وزن خشک ریشه در گیاه مرزه کاهش یافت؛ به‌طوری که بیشترین مقادیر برای تمامی این صفات در تیمار آبیاری کامل حاصل شد و کمترین مقادیر نیز در شرایط تنش آبی شدید (درصد رطوبت ظرفیت مزرعه) به‌دست آمد. پسراکلی و همکاران (Pessarakli et al., 1989)، حسنی و امید بیگی (Hassani & Omidbaigi, 2002) و باهر و همکاران (Baher et al., 2001) کاهش وزن خشک ریشه، ساقه و برگ و ارتفاع بوته گیاهان لوبیا (*Phasaeolous vulgaris* L.)، ریحان (*Ocimum basilicum*) و مرزه (*Satureja hortensis* L.) را در شرایط تنش خشکی گزارش کردند. پیشنهاد شده است که رشد کم، یک حالت سازگارکننده برای زنده ماندن گیاه در شرایط تنش است، به این دلیل که گیاه، مواد غذایی و انرژی را به جای استفاده برای رشد شاخساره، به سمت مولکول‌های نگهداری‌کننده در برابر تنش، هدایت می‌کند (Khalid, 2006). تأثیر تنش خشکی بر کاهش ماده خشک گیاهان را می‌توان این گونه بیان داشت که به طور کلی، کمبود آب در هر مرحله از رشد گیاه، جذب، انتقال و مصرف عناصر غذایی را کاهش می‌دهد که پیامد آن کم شدن ذخیره کربن و کاهش ماده خشک می‌باشد (Hu & Schmidhalter, 2005). تلقیح با قارچ میکوریز آربوسکولار در افزایش شاخص‌های رویشی گیاه در شرایط تنش خشکی مؤثر بود به‌طوری که بیشترین مقادیر تعداد برگ، مساحت سطح و وزن خشک برگ، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، وزن خشک ساقه، طول و وزن خشک ریشه در تلقیح گیاه مرزه با قارچ ورسی فورمیس به دست آمد و کمترین مقدار برای این صفات در تیمار شاهد (بدون قارچ میکوریزا) حاصل شد (جدول ۲). نتایج حاصل از این پژوهش با یافته‌های (Khalied & Elkhider, 1993) در گیاه گوجه فرنگی (*Lycopersicum esculentum* Mill.)، (Wu & Xia, 2006) در نارنج سه برگ (*Poncirus triliantus* L.) و (Sensoy et al., 2007) در فلفل (*Capsicum Annuum* L.) همسویی دارد.

مکانیسم‌های مختلفی در ارتباط با تأثیر میکوریزا بر رشد رویشی گیاهان ذکر شده است. یکی از مهم ترین این مکانیسم‌ها، تأثیر میکوریزا بر جذب عناصر غذایی از جمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک است (Abdelhafez & Abdel-Monsief, 2006). به‌طور کلی تحرک فسفر در خاک کم می‌باشد و زمانی‌که تنش خشکی ایجاد می‌شود، از تحرک این عنصر بیشتر کاسته شده و سرعت انتشار آن در خاک محدود می‌شود. قارچ‌های میکوریزا قادرند با استفاده از گسترش ریسه‌های خارجی و تغییر مورفولوژی ریشه گیاهان، سطح جذب ریشه و انتقال مواد غذایی به ریشه را افزایش دهند (James et al., 2008). همچنین تولید و ترشح آنزیم فسفاتاز توسط ریسه‌های میکوریزا باعث می‌شود که فسفات غیرمحلول و تثبیت شده در خاک به فرم محلول در آید و برای ریشه قابل جذب گردد (Song, 2005). همزیستی قارچ میکوریزا با ریشه از طریق جذب آب و عناصر غذایی، سبب افزایش فتوسنتز شده و این امر موجب تولید فرآورده بیشتر و بهبود رشد، نظیر ارتفاع گیاه می‌گردد (Khalvati et al., 2005).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات مورفولوژیک مرزه تلقیح شده با میکوریزا تحت شرایط تنش خشکی

Table 1- Analysis variance (means of squares) of some morphological of savory inoculated with mycorrhiza under drought stress condition

وزن خشک ریشه Root dry weight	طول ریشه Root length	وزن خشک ساقه stem dry weight	تعداد شاخه فرعی Lateral branches	ارتفاع بوته Plant height	وزن خشک برگ leaf dry weight	سطح برگ Leaf area	تعداد برگ Leaf number	درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V
0.46**	229.95**	4.4**	124.69**	423.13**	1.06**	38639.06**	29090.86**	2	تنش خشکی (D) Drought stress (D)
0.32**	36.23**	1.26*	57.69**	91.05*	0.18*	9254.10*	10712.53**	2	قارچ میکوریزا (M) Mycorrhizae fungi (M)
0.01 ns	37.85 ns	0.25 ns	8.44 ns	11.83 ns	0.08 ns	1541.27 ns	1398.11 ns	4	D×M
0.0326	3.496	0.308	3.175	10.15	0.04	1256.53	1513.03	27	اشتباه آزمایش Error
25.47	9.42	23.84	11.4	7.9	21.15	12.2	13.7		ضریب تغییرات (٪) CV (٪)

ns، * و**: به ترتیب نمایانگر غیرمعنی‌داربودن و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

ns, * and **: are non- significant and significant at 5 and 1 % probability levels, respectively.

جدول ۲- مقایسه میانگین برخی صفات مورفولوژیک مرزه تلقیح شده با میکوریزا تحت شرایط بروز تنش خشکی

Table 2- Mean comparisons of some morphological traits in savory with mycorhiza inoculation affected by drought stress

وزن خشک ریشه Root dry weight	طول ریشه Root length	وزن خشک ساقه Stem dry weight	تعداد شاخه فرعی Lateral branches	ارتفاع بوته Plant height	وزن خشک برگ Leaf dry weight	سطح برگ Leaf area	تعداد برگ Leaf number	تیمار Treatment	
0.79a	24.04 a	45.87 a	18.67 a	2.88 a	1.3 a	341.6 a	328.58a*	100	تنش خشکی برحسب (٪) F.C Drought stress based on FC (%)
0.62b	20.21 b	41.25 b	16 b	2.42 b	1.2 b	300.6 b	292.33 b	60	
0.39c	15.31 c	33.95 c	12.25 c	b1.68	0.72 c	229.47c	231.17 c	30	
0.54 b	17.58 b	37.41 b	13.66c	1.5 b	0.87 b	278.8 a	250.25 b	noun-mycorrhizae	میکوریزا Mycorrhiza
0.64 a	20.96 a	42.87 a	18 b	2.46 a	1.3 a	297.32 a	298.50 a	*g.versiformis l.*	
0.62 a	20.75 a	40.79 a	15.25 a	2.41a	1.07 a	295.57 a	290.33 a	*g.etunicatum* l	

* در هرستون و برای هر جزء، حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

*Means with the same letter(s) in each column and for each component are not significantly different at p≤0.05 probability level

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات فیزیولوژیک مرزه تلقیح شده با میکوریزا تحت شرایط تنش خشکی
Table 3- Analysis of variance (means of squares) of some physiological traits of savory inoculated with mycorrhiza under drought stress condition

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	فسفر phosphorous	پتاسیم Potassium	کلروفیل Chlorophyll	محتوای نسبی آب Relative watwer content	پرولین Proline
تنش خشکی Drought stress(D)	2	0.008**	321.85**	445.12**	0.045**	0.0053**
قارچ میکوریزا Mycorrhiz(M) fungi	2	0.0028*	112.53*	91.69*	0.033**	0.0003**
D× M	4	0.009 ns	37.42 ns	15.96 ns	0.003 ns	0.0034*
اشتباه آزمایش Error	27	0.0007	27.684	10.519	0.004	0.0003
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		19.90	10.77	8.7	8.44	21.7

ns، * و**: به ترتیب نمایانگر غیرمعنی‌داربودن و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.
ns, * and **: are non- significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

محتوای فسفر و پتاسیم برگ: بر اساس نتایج تجزیه واریانس تأثیر تنش خشکی و تلقیح با قارچ میکوریزا بر محتوای فسفر و پتاسیم برگ‌ها درگیاه مرزه معنی‌دار بود، ولی اثر متقابل تنش خشکی و تلقیح با قارچ میکوریزا برای این صفات معنی‌دار به‌دست نیامد (جدول ۳). با افزایش تنش خشکی مقدار فسفر در اندام‌های هوایی گیاه مرزه کاهش یافت. بیشترین میزان فسفر در تیمار آبیاری کامل و کمترین میزان فسفر برگ در گیاهان پرورش یافته تحت تیمار ۳۰ درصد ظرفیت مزرعه حاصل شد (جدول ۴). بیشترین میزان پتاسیم در گیاهان تحت تیمار تنش خشکی شدید ۳۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای حاصل شد که با تیمار ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای تفاوت معنی‌داری نداشت، ولی از مقدار این صفت برای تیمار بدون تنش (آبیاری کامل) به طور معنی‌داری بیشتر بود (جدول ۴). پتاسیم یکی از مهمترین کاتیون‌های مورد نیاز گیاه می‌باشد که تجمع آن در هنگام تنش اسمزی در تنظیم فشار اسمزی و کنترل روزنه‌ای نقش ایفا می‌کند. سانتوز و آلجو (Santos & Alejo, 1994) با بررسی اثر تنش خشکی بر فلفل مشاهده نمودند که تنش رطوبتی سبب افزایش درصد جذب پتاسیم می‌شود که این امر را به دلیل تنظیم فشار اسمزی می‌دانند. البته تیمار با قارچ میکوریزا آربوسکولار در افزایش جذب فسفر و پتاسیم تحت شرایط تنش خشکی مؤثر بود؛ به‌طوری که بیشترین مقدار برای این دو عنصر معدنی در تیمار تلقیح با قارچ *ورسی فورمیس* به‌دست آمد (جدول ۴). قارچ‌های میکوریزا بوجود آورنده یکی از همزیستی‌های مفید در ریشه اکثر گیاهان بوده و نقش کلیدی در چرخه عناصر غذایی و همچنین مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های محیطی دارند) (Azcon-Aguilar & Barea, 1997. زاکرینی (Zuccarini, 2007) نیز گزارش کرد که تلقیح با میکوریزا در شرایط تنش شوری باعث افزایش جذب فسفر و پتاسیم در کاهو گردید و بیشترین کارآیی قارچ میکوریزا در سطوح بالای شوری حاصل گردید. سابرامانیان و چارست (Subramanian & Charest, 1997) نیز گزارش نمودند که تحت شرایط تنش رطوبتی در گیاهان ذرت تلقیح شده با قارچ‌های میکوریزا، مقدار عناصر نیتروژن، پتاسیم، منگنز، منیزیم و روی در دانه‌های ذرت به صورت معنی‌داری افزایش یافت. نتایج این تحقیق با یافته‌های (Al-Karaki et al.,1998) و (Ruiz-Lozano et al., 1995 مطابقت دارد.

محتوی کلروفیل: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش خشکی بر میزان کلروفیل معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود (جدول ۳). با افزایش تنش خشکی میزان کلروفیل در برگ گیاهان مرزه کاهش یافت و حداکثر مقدار کلروفیل در گیاهان تحت تیمار آبیاری کامل به‌دست آمد و کمترین میزان کلروفیل نیز در گیاهان پرورش یافته در شرایط تنش ۳۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای حاصل شد (جدول ۴). حسنی و امیدبیگی (Hassani & Omidbaigi, 2002) و اصلانی et (Aslani al., 2011) اظهار داشتند که تنش آبی اثر معنی‌داری بر مقدار کلروفیل ریحان داشت به‌طوریکه با کاهش مقدار آب خاک، مقدار کلروفیل a، b و کلروفیل کل کاهش یافت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد قارچ میکوریزا آربوسکولار باعث افزایش مقدار کلروفیل در شرایط تنش خشکی شد. بیشترین و کمترین مقدار کلروفیل به ترتیب در تیمار با قارچ ورسی‌فورمیس و تیمار بدون قارچ به‌دست آمد (جدول ۴). وو و زیا (Wu & Xia, 2006) گزارش کردند که محتوای کلروفیل در گیاهچه‌های تانجرین آمیخته شده با قارچ تحت شرایط آبیاری کامل تفاوت معنی‌داری با محتوای کلروفیل درگیاهچه‌های بدون قارچ داشت و در شرایط بدون تنش آبی نیز کلروفیل در گیاهچه‌های حاوی قارچ ۲۳ درصد بیشتر از گیاهچه‌های بدون قارچ بود.

محتوی نسبی آب برگ: براساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) اثرات میکوریزا و خشکی بر محتوای نسبی آب برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود. با افزایش تنش خشکی محتوای آب

نسبی گیاه کاهش یافت، به‌طوری‌که بیشترین مقدار برای این صفت در تیمار آبیاری کامل و کمترین میزان آب در گیاهان تحت تنش ۳۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای به‌دست آمد. نتایج آزمایش‌های تحمل خشکی در ژنوتیپ‌های مختلف گیاه *Vigna radiata* در هند نشان داد که تنش خشکی در کلیه ژنوتیپ‌ها، موجب کاهش محتوی نسبی آب برگ گردید (Nadiu & Naraly, 2001). تلقیح با دو گونه قارچ میکوریزا *آربوسکولار گلوموس ورسی‌فورمیس* و *گلوموس اتونیکاتوم* باعث افزایش معنی‌دار محتوای نسبی آب در گیاه مرزه نسبت به تیمار بدون قارچ شد (جدول ۴). میسلیوم قارچ میکوریزا آربوسکولار در خاک نقش مهمی در تأثیر قارچ بر رابطه آبی گیاه میزبان دارد و باعث جذب آب از منافذ بسیار ریز خاک می‌شود (Bearden, 2001). وو و همکاران (Wu et al., 2007) اظهار داشتند که صرف‌نظر از تیمارهای آبی (تنش آبی و آبیاری کامل) میزان تعرق، میزان فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای در گیاهان آمیخته شده با قارچ میکوریزا آربوسکولار بیشتر از گیاهان بدون قارچ بود، همچنین در شرایط تنش آبی پتانسیل آبی گیاهچه‌های آمیخته شده با قارچ، ۲۱ درصد بیشتر از گیاهچه‌های بدون قارچ بود. اوگه (Auge, 2001) بیان کرد که میکوریزا احتمالاً از طریق تغییر در مورفولوژی ریشه و طویل کردن سیستم ریشه گیاه میزبان و افزایش سطح جذب از طریق ریسه‌های قارچ، میزان آب بیشتری جذب کرده و باعث بهبود روابط آبی گیاه میزبان می‌گردد.

میزان پرولین: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل میکوریزا و خشکی بر پرولین برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳ و شکل ۱). قارچ میکوریزا در سطوح بالای تنش خشکی در کاهش میزان پرولین از کارآیی بیشتری برخوردار بوده و میزان انباشت پرولین را دربافت برگ به مقدار زیادی در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده کاهش داده است. نتایج نشان داد که با افزایش سطوح تنش خشکی میزان تجمع پرولین افزایش یافت ولی تیمار با قارچ میکوریزا از میزان تجمع پرولین کاست؛ به‌طوری‌که بیشترین میزان پرولین در تیمار ۳۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای و تیمار بدون تلقیح با قارچ میکوریزا به‌دست آمد. کلونیزه شدن قارچ میکوریزا آربوسکولار تحمل به خشکی را در گیاهان میزبان افزایش می‌دهد، که این افزایش تحمل به خشکی با پرولین وابستگی ندارد، ولی با سطوح پتاسیم، کلسیم و منیزیم مرتبط است. پورسل و همکاران (Porcel et al., 2004) تجمع سطوح بالایی از پرولین در ریشه‌ها و پرولین کمتر را در شاخساره‌های گیاه سویای آمیخته شده با قارچ میکوریزا در مقایسه با گیاهان بدون قارچ تحت شرایط تنش خشکی گزارش کردند. وو و همکاران (Wu et al., 2007) گزارش کردند که برگ‌های گیاهان نارنج سه برگ حاوی قارچ میکوریزا آربوسکولار پرولین کمتری نسبت به برگ‌های گیاهان بدون قارچ تحت شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی دارند که این ممکن است به دلیل مقاومت بیشتر نهال‌های حاوی قارچ به خشکی یا آسیب کمتر آنها تحت شرایط خشکی باشد. این نتایج با یافته‌های وو و زیا (Wu & Xia, 2006) در مورد تانجرین و رویز– لوریزانو و ازاکان (Ruiz-Lozano & Azcón., 1997) در مورد کاهو مطابقت دارد. معمولاً گیاهان میکوریزا با استفاده از روابط آبی و تغذیه بهتر نسبت به گیاهان بدون میکوریزا، قادرند از شرایط تنش خشکی به طور موقت فرار کنند و کمتر دچار آسیب شوند و در نتیجه میزان پرولین و قندهای محلول نسبت به گیاهان بدون میکوریزا افزایش کمتری نشان می‌دهد (Ruiz-Lozano, 2003).

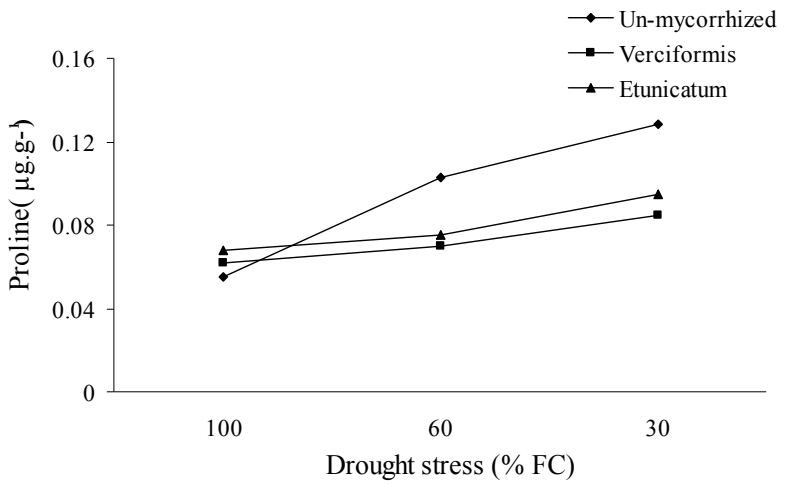
جدول ٤- مقایسه میانگین برخی صفات فیزیولوژیک مرزه تلقیح شده با میکوریزا تحت تأثیر تنش خشکی

Table 4- Mean comparisons of some physiological traits of savory inoculated with mycorrhiza under drought stress condition

پرولین (میلی‌گرم بر گرم) proline ($\mu g.g^{-1}$)	محتوای نسبی آب (٪) Relative watwer content (٪)	کلروفیل chlorophyll (CCM200)	پتاسیم (میلی‌گرم بر گرم) potassium ($mg.g^{-1}$)	فسفر (میلی‌گرم بر گرم) phosphorous ($mg.g^{-1}$)		
0.062^{b}	78.2^{a}	43.08^{a}	43.21^{b}	0.139^{a*}	100	تنش خشکی بر حسب (٪) FC
0.082^{b}	76.9^{a}	37.75^{b}	49.96^{a}	0.135^{a}	60	
0.11^{a}	67^{b}	30.93^{c}	53.39^{a}	0.123^{a}	30	Drought stress based on FC (%)
0.1^{a}	68.2^{b}	35.38^{b}	46.13^{b}	0.115^{b}	Noun-mycorrhiza	قارچ میکوریزا Mycorrhizae
0.065^{b}	75.3^{a}	38.25^{a}	50.92^{a}	0.143^{a}	*G. versiformis* L.	
0.072^{b}	78.5^{a}	38.13^{a}	49.5^{a}	0.139^{a}	*G. etunicatum* L	

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

* Means within a column followed by the same letters and for each component have not significantly different based on Duncan's test at 5% probability level.



شکل ۱- اثر متقابل تنش خشکی و قارچ میکوریزا بر میزان پرولین در برگ مرزه

Fig. 1– Interaction between drought stress and mycorrhizal fungi on proline content leaf of savory

نتیجه‌گیری

براساس نتایج به دست آمده در این پژوهش، با افزایش شدت تنش خشکی از سطح مطلوب ابیاری تا تنش شدید خشکی، رشد رویشی کاهش یافت. در این پژوهش استفاده از هر دو گونه *G. etunicatum* L. و *G.versiformis* L. نسبت به شاهد (بدون میکوریزا) مثبت ارزیابی شد، هر چند که *G.versiformis* L. از عملکرد بهتری برخوردار بود. تجمع یون‌ها یا مولکول‌های آلی در واکوئل سلول‌های برگ تحت تنش خشکی، در گیاهان میکوریزا بیشتر انجام می‌شود و باعث کاهش پتانسیل اسمزی سلول‌های برگ می‌گردد. تمام این تغییرات موجب تغییر نسبت آب در گیاهان میکوریزای می‌شود.

منابع

1- Amirabadi, M., Seifi, M., Rejali, F., and Ardakani, M.R. 2012. Study the concentration of macroelements in forage mays (Zea mays L.) (SC 704) as effected by inoculation with mycorrhizal fungi and Azotobacter chroococcum under different levels of nitrogen. Journal of Agroecology 4(1): 33-40.

2- Aslani, Z., Hassani, A., Rasooli Sadaghiyani, Sefidkon, F., and Barin, M. 2011. Effect of two fungi species of arbuscular mycorrhizal (*Glomus mosse*ae L. and *Glomus intraradices* L.) on growth, chlorophyll contents and P oncentration in Basil *(Ocimum basilicum* L.) under drought stress conditions. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 27(3): 471-486. (In Persian with English Summary)

3- Abdul-Naser, A. 1998. Effects of inoculation *Glumus* interaradices on growth, nutrient uptake and metabolic activities of squash plants under drought stress condition, Annuals of Agricultural. Science Cairo 1: 119-133.

4- Abdelhafez, A.A., and Abdel-Monsief, R.A. 2006. Effects of VA mycorrhizal inoculation on growth, yield and nutrient content of cantaloupe and cucumber under different water regimes. Journal of Agriculture and Biological Sciences 2(6): 503-508.

5- Aliasgharzad, N., Neyshabouri, M.R., and Salimi, G. 2006. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and *Bradyrhizobium japonicum* on drought stress of soybean. Biologia Bratislava 19: 324-328.

6- Al-Karaki, G.N., Al-Raddad, A., and Clark, R.B. 1998. Water stress and mycorrhizal isolates effects on growth and nutrient acquisition of wheat. Journal of Plant Nutrition 21: 891-902.

7- Auge, R.M. 2001. Water relation drought and vesicular arbuscular mycorrhizal symbiosis. Mycorrhizae 11: 3-42.

8- Auge, R.M., Stodola, A.J.W., Tims, J.E., and Saxton, A.M. 2001. Moisture retention properties of a mycorrhizal soil. Plant and Soil. 230: 87-97.

9- Azcon-Aguilar, C., and Barea, J.M. 1997. Applying mycorrhiza biotechnology to horticulture: Significance and potentials. Scientia Horticulture 68: 1-24.

10- Baher, Z.F., Mirza, M., Ghorbanli, M., and Rezaii, M.B. 2001. The influence of water stress on plant height, herbal and essential oil yield and composition in *Satureja hortensis* L. Flavour and Fragrance Journal 17(4): 275-277.
11- Bates, L.S., Waldern, R.P., and Teave, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and soil 39: 205-107.
12- Bearden, B.N. 2001. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi on soil structure and soil water characteristics of vertisols. Plant and Soil 229: 245-258.
13- Deans, S.G., and Svoboda, K.P. 1989. Antibacterial activity of summer savory (*Satureja hortensis* L.) essential oil and its constituents. Journal of Horticultural Science 64: 205– 210.
14- Emami, A. 1996. Analytical methods for plant analyses. Soil and Water Research Institute, Research Department, Agricultural Education and Development, Iran, Technical Report 1: 147-53.
15- Hajhashemi, V., Sadraei, H., Ghannadi, A.R., and Mohseni, M. 2000. Antispasmodic and anti- diarrhoel effect of *Satureja hortensis* L. essential oil. Journal of Ethnopharmacology 71: 187-192.
16- Hassani, A., and Omidbaigi, R. 2002. Effect of water stress on some morphological, physiological and metabolical characteristics in basil (*Ocuimm basilicum* L.). Journal of Agricultural Sciences 12(3): 47-59. (In Persian)
17- Hu, Y., and Schmidhalter, U. 2005. Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. Plant Nutrition 168: 541-549.
18- Jacob, H., and Clark, G. 2002. Methods of Soil Analysis. Part IV Physical Method. Soil Science Inc. Madison, Wisconsin, USA 1692 pp.
19- James, B., Rodel, D., Lorettu, U., Reynaldo, E., and Tariq, H. 2008. Effect of vesicular arboscular mycorrhiza (VAM) fungi inoculation on coppicing ability and drought resistance of Senna Spectabilis. Pakistan Journal of Botany 40(5):2217-2224.
20- Khalafallah, A.A., and Abo-Ghalia, H.H. 2008. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the metabolic products and activity of antioxidant system in wheat plants subjected to short-term water stress, followed by recovery at different growth stages. Journal of Applied Sciences Research 4(5): 559-569.
21- Khalid, K.A. 2006. Influence of water stress on growth, essential oil and chemical composition of herbs (*Ocimum sp*.). International. Agrophysics 20: 289- 296.
22- Khalied, A.S., and Elkhider, R.A. 1993. Vesicular-arbuscular mycorrhizas and soil salinity. Mycorrhiza 4: 45-57.
23- Khalvati, M. A., Mzafar, A., and Schmidhalter, U. 2005. Quantification of water uptake by arbuscular-mycorrhizal hypha and its signification for leaf growth, water relations and gas exchange of barley subjected to drought stress. Plant Biology Stuttgart 7(6): 706-712.
24- Nadiu, T., and Naraly, A. 2001.Screening of drought tolerance in green gram (*Vigna radiate* L. Wilczeek) genotypes under reducing soil moisture, Indian Journal of Plant Physiology 6(2):197-201.
25- Panwar, J.D.S. 1993. Response of VAM and Azospirillum inoculation to water status and grain yield in wheat under water stress conditions. Indian Journal of Plant Physiology 36: 41-43.
26- Pessarakli, M., Tuber, J.T., and Tuker, T.C. 1989. Protein synthesis in green bean under salt stress with two nitrogen sources. Journal of Plant Nutrition 12: 1361-1377.
27- Porcel, R., Barea, J.M., and Ruiz-Lozano, J.M. 2004. Arbuscular mycorrhizal influence on leaf water potential, solute accumulation, and oxidative stress in soybean plants subjected to drought stress. Journal of Experimental Botany 55: 1743-1750.
28- Ruiz-Lozano, J.M. 2003. Arbuscular mycorrhizal symbiosis and alleviation of osmotic strees, new perspectives for molecular studies. Mycorrhiza 13: 309-17.
29- Ruiz-Lozano, J.M., and Azcón, R. 1997. Effect of calcium application on the tolerance of mycorrhizal lettuce plants to polyethylene glycol-induced water stress. Symbiosis 45: 135-139.
30- Ruiz-Lozano, J.M., Azcon, R. and Gomez, M., 1995. Effects of arbuscular- mycorrhizal Glomus species on drought tolerance: Physiological and nutritional plant responses. Applied and Environmental Microbiology 61(2): 456-460.
31- Santos, M.S., and Alejo, N.O. 1994. Effect of water stress on growth, osmotic potential and solute accumulation in cultivars form chili pepper. Plant Science 96: 21-29.
32- Sensoy, S., Demir, S., Turkmen, O., Erdinc, C., Burak, and Savur, O. 2007. Responses of some different pepper (*Capsicum annum* L.) genotypes to inoculation with two different arbuscular mycorrhizal fungi. Scientia Horticulturae 113: 92-95.
33- Smith, S. E., Facelli, E., and Pope, S. 2010. Plant performance in stressful environments: interpreting new and established knowledge of the roles of arbuscular mycorrhizas. Plant and Soil 326: 3-20.

34- Song, H. 2005. Effects of VAM on host plant in the condition of drought stress and its Mechanisms. Electronic Journal of Biology 1(3): 44-48.
35- Subramanian, K.S., and Charest, C. 1997. Nutritional, growth and reproductive responses of maize (*Zea mays* L.) to arbuscular mycorrhizal inoculation during and after drought stress at tasselling. Mycorrhiza 7: 25-32.
36- Wu, Q.S., and Xia, R.X. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi influence growth, osmotic adjustment and photosynthesis of citrus under well-watered and water stress conditions. Journal of Plant Physiology 163: 417-425.
37- Wu, Q.S., Xia, R.X., Zou, Y.N., and Wang, G.Y. 2007. Osmotic solute responses of mycorrhizal citrus (*Poncitrus trifoliate*) seedlings to drought stress. Acta physiologica Plantarum 29: 543-549.
38- Zuccarini, P. 2007. Mycorrhizal infection ameliorates chlorophyll content and nutrient uptake of lettuce exposed to saline irrigation. Plant Soil Environment 53(7): 283-289.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۲، ص. ۱۸۷-۱۷۸

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 2, Summer 2013, p. 178-187

ارزیابی تأثیر کم آبیاری بر خصوصیات رشدی، عملکرد وکیفیت پس از برداشت دو رقم گوجه-فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) در شرایط آب و هوایی میاندوآب

بهروز اسماعیل پور[۱*] و منصور اکبری[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۸/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۳/۲۰

چکیده

کم آبیاری یکی از راهکارهای بهینه‌سازی مصرف آب در اراضی فاریاب است. این آزمایش به‌منظور بررسی اثرات کم‌آبیاری بر رشد، عملکرد و صفات کیفی دو رقم گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میاندوآب در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل دو رقم گوجه‌فرنگی *Early Urbana111* و *Rio grand* و چهار تیمار کم‌آبیاری ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A بود. نتایج نشان داد که تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر شاخص‌های ارتفاع بوته، تعداد میوه درجه یک، وزن میوه، طول میوه، عملکرد کل، مواد جامد محلول، کلروفیل، لیکوپن، بتاکاروتن و EC میوه گوجه فرنگی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. ارقام مورد آزمایش نیز برای شاخص‌های EC میوه، لیکوپن و رنگ در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری داشتند. بیشترین ارتفاع بوته (۹۳/۸ سانتی‌متر)، طول میوه (۷/۶۵ سانتی‌متر)، تعداد میوه بازارپسند (۱۶/۲۹)، میانگین وزن میوه (۱۷۴/گرم در بوته) و عملکرد کل (۸/۳ کیلوگرم) از تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک آبیاری و بیشترین مقدار بریکس (۵/۸۶)، عددکلروفیل متر (۰/۷۸) و لیکوپن (۱۷/۱۰درصد) در تیمار ۱۲۰میلی‌متر تبخیر از تشتک آبیاری بود. به‌طور کلی، نتایج این آزمایش بیانگر آن است که کم آبیاری باعث کاهش شاخص‌های رویشی و افزایش کیفیت پس از برداشت ارقام گوجه فرنگی مورد آزمایش شد.

واژه‌های کلیدی: بتاکاروتن، تشتک تبخیر، کلروفیل، لیکوپن

مقدمه

گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) گیاهی است از خانواده سیب‌زمینی‌سانان[۳] که درمناطق گرمسیری به صورت چندساله و در مناطق معتدله به‌عنوان گیاه یکساله پرورش می‌یابد. این گیاه بومی آمریکای جنوبی و مرکزی است. گوجه‌فرنگی یکی از سبزی‌های مهمی است که با داشتن انواع ویتامین‌ها، از جمله ویتامین ث، کاروتن، اسیدهای آلی، قند، املاح معدنی و لیکوپن نقش مهمی را در سلامت انسان ایفاء می‌کند. مناسب‌ترین دما برای رشد این گونه بین ۲۷ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد است و وقوع یخبندان به شدت به آن صدمه می‌زند. مناسب‌ترین pH برای رشد این گیاه بین ۵/۵ تا ۷ می-باشد (Peyvast, 2009).

تنش خشکی یکی از شدیدترین تهدیدهای غیرزیستی برای امنیت غذایی جهان محسوب می‌شود. ایران کشوری با اقلیم خشک و نیمه خشک با آب و هوای مدیترانه‌ای است. در چنین وضعیتی تولید محصول در طی ماه‌های تابستان متکی بر آبیاری می‌باشد. از سوی دیگر، تأمین آب، عامل محدودکننده تولید است (Sepaskhah & Khajehabdollahi, 2005). رشد و توسعه همراه با استفاده روز افزون از منابع آب شیرین، آسیب‌پذیری در شرایط تغییر اقلیم آینده را افزایش داده و محدودیت‌های تولیدات کشاورزی را تشدید خواهد کرد (Evans, 2009). تنش کمبود آب زمانی در گیاه ایجاد می‌شود که میزان آب دریافتی گیاه کمتر از تلفات آن باشد. این امر ممکن است به علت اتلاف بیش از حد آب یا کاهش جذب و یا وجود هر دو مورد باشد. کاهش پتانسیل اسمزی و پتانسیل کل آب، همراه با از بین رفتن آماس، بسته شدن روزنه‌ها و کاهش رشد از علایم مخصوص تنش آب است. در صورتی که شدت تنش آب زیاد باشد، موجب کاهش شدید فتوسنتز و مختل شدن فرآیندهای فیزیولوژیک، توقف رشد و سرانجام خشک شدن و مرگ گیاه می‌شود (Farooq et al.,

۱ و ۲- به ترتیب استادیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی
(*- نویسنده مسئول: Email: behsmaiel@yahoo.com)

3- Solanaceae

2008). یکی از اثرات فیزیولوژیکی مهم خشکی برگوجه‌فرنگی، کاهش فتوسنتز می‌باشد. تنش آب باعث می‌شود که فتوسنتز به میزان ۴۰ تا ۵۰ درصد کاهش یابد. معمولاً پس از رفع تنش آب، راندمان فتوسنتز بهبود می‌یابد. خشکی طولانی که آبیاری یا بارش ناگهانی را به‌دنبال داشته باشد، اغلب ترکیدگی میوه‌ها را در پی خواهد داشت. مضافاً این که رطوبت نسبی در دراز مدت اغلب باعث چسبیدن گرده-ها به یکدیگر شده و بدین ترتیب، تأثیر منفی روی عمل لقاح داشته و نهایتاً کاهش عملکرد را به‌دنبال خواهد داشت (Wien et al., 1999)

به دلیل تشدید بحران آب و ازدیاد جمعیت، کم‌آبیاری از جمله راهکارهایی است که در سال‌های اخیر به‌منظور تولید محصول با درآمد و سود حداکثر تحت شرایط کمبود آب مورد توجه قرار گرفته است. به‌کارگیری این راهکارها به گیاهان زراعی اجازه می‌دهد تا مقداری تنش آبی را در طول فصل رشد تحمل کنند (Wang et al., 2001). کم‌آبیاری استراتژی بهینه برای به عمل آوردن محصولات تحت شرایط کمبود آب است که همراه با کاهش محصول می‌باشد و به نام‌های آبیاری بخشی و ناقص و آبیاری محدود نیز بیان می‌گردد. علاوه بر این، هدف اصلی از اجرای کم‌آبیاری افزایش راندمان کاربرد آب است (Kheyrabi et al., 1996).

نتایج بررسی تأثیر کم آبیاری بر خصوصیات کیفی ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.) (ارقام ۶۴۷ و ۷۰۴) در تحقیقی سه ساله (۸۰-۱۳۷۸) با چهار تیمار شاهد، آبیاری کامل، ۸۰ و ۶۰ درصد آبیاری کامل در ایستگاه تحقیقات کبوترآباد اصفهان نشان داد که تیمار ۶۰ درصد آبیاری کامل بر سایر تیمارها برتری دارد و به‌عنوان یک روش مدیریتی کارآمد در آبیاری مزارع ذرت توصیه شد (Salemi & Mosharaf, 2006). کم آبیاری سبب کاهش شاخص برداشت دانه و افزایش راندمان مصرف آب در ارزن دم روباهی (*Setaria italica* (L.) P. Beauv) شد (Seghatoleslam et al., 2005). نتایج بررسی اثر کم آبیاری در مرحله زایشی در شش سطح (آبیاری کامل (شاهد)، کم آبیاری با عدم آبیاری در مراحل غنچه‌دهی، گلدهی، دانه بندی، غنچه‌بندی + دانه‌بندی و گلدهی+ دانه‌بندی) بر انتقال مجدد ماده خشک ارقام آفتاب گردان (*Helianthus annus* L.) نشان داد که میزان انتقال مجدد ماده خشک در ارقام آفتابگردان در شرایط کم آبیاری در مرحله دانه بندی، بیشتر از سایر مراحل بوده و در نتیجه میزان کاهش عملکرد نیز کمتر بود (Karimi-Kakhaki & Sepehri, 2010). با توجه به این‌که گوجه‌فرنگی یکی از سبزی‌های مهم میوه‌ای می‌باشد و بیشترین سطح تولید را در بین سبزیجات در دنیا دارد، لذا تعیین میزان آب مورد نیاز برای پرورش آن و صرفه‌جویی در میزان آب آبیاری در پرورش این محصول حایز اهمیت می‌باشد. بنابراین، تحقیق حاضر به‌منظور تأثیر کم آبیاری بر رشد و عملکرد دو رقم گوجه‌فرنگی رایج و مورد کشت توسط کشاورزان در شرایط آب و هوایی میاندوآب انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان میاندوآب در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ اجرا گردید. این ایستگاه در اقلیم سرد کشور در مختصات جغرافیایی ۳۶ درجه و ۹ دقیقه طول شرقی با ارتفاع ۱۳۷۱ متر از سطح دریا واقع شده است. بر اساس داده‌های هواشناسی متوسط بارندگی درازمدت این منطقه ۲۹۸ میلی‌متر است. این منطقه جزء مناطق نیمه‌خشک تا نیمه‌مرطوب بوده که حداکثر دمای سالانه آن ۳۸/۲۵ و حداقل آن۲۲- درجه سانتی‌گراد، مجموع بارندگی سالیانه ۳۵۰ میلی‌متر و تبخیر سالیانه آن۱۲۰۰ میلی‌متر است. تیمارهای آزمایشی شامل دو رقم گوجه‌فرنگی *Early Urbana111*، *Rio grand* و چهار تیمار آبیاری ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A بود. نشاء ارقام گوجه‌فرنگی زیر پوشش پلاستیکی در دهه اول فروردین تولید شدند. قطعه زمین مورد نظر دارای ۲۴ کرت آزمایشی با ابعاد ۵×۳/۶ متر شامل چهار ردیف کاشت بود که دو ردیف خارجی هر کرت به‌عنوان حاشیه محسوب شدند. عملیات کاشت بصورت جوی و پشته انجام گرفت. فواصل بین ردیف ۱۲۰ سانتی‌متر و فواصل بوته‌ها روی ردیف ۵۰ سانتی‌متر بود. کود-دهی بر اساس نتایج تجزیه آزمون خاک صورت گرفت و هنگام آماده‌سازی بستر کاشت، ۱۰ کیلوگرم کود اوره،۱۰کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل، ۱۵ کیلوگرم سولفات پتاسیم به زمین مورد نظر با مساحت ۱۰۰۰ متر مربع داده شد. پس از ایجاد جوی پشته در دهه سوم اردیبهشت نشاءهای آماده شده به زمین اصلی انتقال یافته و جهت تثبیت نشاءهای کاشته شده دو نوبت آبیاری بدون اعمال تیمارهای کم آبیاری صورت گرفت. فواصل آبیاری بر اساس میانگین تبخیر و تعرق هر روز (۱۰ میلی‌متر) برای تیمارهای آبیاری ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ میلی‌مترتبخیر از تشتک در نظر گرفته شد.

نیاز آبی گیاه در هر مرحله براساس تبخیر و تعرق بالقوه، دورآبیاری و ضریب گیاهی مربوطه تعیین شد که این ضریب برای گوجه‌فرنگی ۰/۹ در نظر گرفته شد (Zomorodi et al., 2006) برای تعیین ضریب گیاهی از روش پیشنهادی FAO استفاده شد (Zomorodi et al., 2006). در این روش دوره رشد گیاه به چند مرحله تقسیم شده و تبخیر و تعرق گیاهی در هر مرحله رشد محاسبه و فاصله بین آبیاری‌ها با توجه به بافت خاک و عمق نفوذ برای ۸۰ محصول در جداولی ارائه شده است که برای شرایط آب و هوایی منطقه‌ای است که دارای متوسط حداقل رطوبت نسبی ۴۵ درصد و سرعت باد دو متر در ثانیه می‌باشد که با فرمول‌های زیر می‌توان ضریب گیاهی در مراحل دیگر رشد را برای مناطق مختلف تعمیم داد (Zomorodi et al., 2006).

معادله (۱)

Kc mid=Kc mid (جـــدول) +[0.04(U2-2)-0.004(RH min-45)][h/3]^0.3

معادله (۲)

Kc end= Kc end (جـدول) + [0.04(U_2-2)-0.004(RH min-45)][h/3]^0.3

که در این معادلات، U_2: متوسط روزانه سرعت بـاد در ارتفـاع دو متری بر حسب متر در ثانیه، RH_{min}: متوسط روزانـه حـداقل رطوبـت نسبی (درصد) و H: متوسط ارتفاع گیاه می‌باشد.

جهت تعیین تبخیر و تعرق بـالقوه در منطقـه از رابطـه تبخیـر از تشتک تبخیر کلاس A وتعرق بالقوه حاصل از داده‌های لایسـیمتری موجود در ایستگاه تحقیقاتی استفاده شد. در نهایـت، نیـاز آبـی کامـل گیاه تعیین و بر اساس تیمارهای مختلف سـطوح آبیـاری، میـزان آب آبیاری بصورت حجمـی بـرای هرکـرت در هـر دور آبیـاری ۱/۹ متـر مکعب بود. راندمان آبیاری با توجه به شیوه آبیاری و سطوح کرت‌هـا، ۹۰ درصد انتخاب شد. در طول فصل زراعـی شـاخص‌هـایی از جملـه ارتفاع گیاه، تعداد انشعابات، قطر و طول میوه، نسـبت طـول بـه قطـر میوه، تعداد میوه بازارپسند (دارای قطر بیشتر از ۵/۵ سانتی‌متر (Ehret & Ho, 1986)، عدد کلروفیل متر (با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متـر) و EC اندازه‌گیری شدند. میـانگین وزن تـک میـوه بـا نمونـه‌بـرداری تصادفی ۱۰ میوه از بوته‌های در دو ردیف میانی هر کـرت و عملکـرد نیز با برداشت میوه از ۱۸ بوته از دو ردیف میانی در سه نوبت برداشت محاسبه گردید. میوه گوجه‌فرنگی در جعبـه‌هـای پلاسـتیکی کوچـک بسته‌بندی شده و به مدت ۲۰ روز در انبـار سـرد بـا دمـای ۱۰ تـا ۱۵ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شد. جهت بررسی کیفیت هر هفت روز یک بار از جعبه‌های مورد آزمایش نمونه‌برداری گردیده و صفات زیر مـورد ارزیابی قرار گرفت. pH نمونه‌هـای همگـن شـده بـا اسـتفاده از pH متر691 Metrohm ساخت کشور سوئیس تعیین گردید.

مواد جامد محلول (بریکس) به روش رفراکتو متـری تعیـین شـد. چند قطره از آب نمونه همگن شده گوجه‌فرنگـی در دمـای ۲۰ درجـه سانتی‌گراد روی منشور رفراکتومتر قرار داده و غلظت آن قرائـت شـد. برای صفر کردن دستگاه از آب مقطر استفاده گردید (Zomorodi et al., 2006).

لیکوپن و بتاکاروتن با اسـتفاده از دسـتگاه اسـپکتروفتومتر و بـه روش اولیوزباربا و همکـاران (Olives Barba et al., 2006) انـدازه‌ـ گیری شدند. تجزیه و تحلیل داده‌هـا بـا نـرم‌افـزار آمـاری SAS 9.1 (Saber et al., 2013) صورت گرفت. همچنین مقایسه میانگین تأثیر تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پـنج درصد انجام شد و نمودارها با نرم‌افزار گرافیکی Excel رسم گردید

مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک و آب مزرعه

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش و آب مزرعـه به ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. برآورد نیاز کودی نیز بر اساس نتایج آزمون خاک انجام شد. آب مورد نیاز آزمایش از آب رودخانه زرینه توسط الکتروموتور منتقل گردید.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک ایستگاه تحقیقات میاندوآب

Table 1- Some physical and chemical properties of soil in research station under Miandovab

کربن آلی (٪) OC (%)	رطوبت نقطه پژمردگی ($v.v^{-1}$) Wilting point humidity ($v.v^{-1}$)	رطوبت ظرفیت زراعی ($v.v^{-1}$) Field capacity Humidity ($v.v^{-1}$)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	بافت خاک Soil texture
0.56	11.2	26.7	0. 81	7.2	لوم رسی Loamy-clay

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی آب مورد استفاده در آبیاری در ایستگاه تحقیقات میاندوآب

Table 2- Some chemical properties of water in research station of Miandovab Region

اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) (EC $dS.m^{-1}$)	کربنات (میلی اکی والان بر لیتر) CO_3^{2-} ($meq.l^{-1}$)	بیکربنات (میلی اکی والان بر لیتر) HCO^{3-} ($meq.l^{-1}$)	کلر (میلی اکی والان بر لیتر) Cl^- ($meq.l^{-1}$)	سولفات (میلی اکی والان بر لیتر) SO_4^{2-} ($meq.l^{-1}$)	منیزیم (میلی اکی والان بر لیتر) Mg^{2+} ($meq.l^{-1}$)	کلسیم (میلی اکی والان بر لیتر) Ca^{2+} ($meq.l^{-1}$)	سدیم (میلی اکی والان بر لیتر) Na^+ ($meq.l^{-1}$)
8.2	0.531	0.0	3.5	1.5	0.4	1.6	2.7	1.1

نتایج و بحث

صفات رویشی و عملکرد: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد (جدول ۳) که اثر ساده سطوح آبیاری بر شاخص‌های ارتفاع بوته، تعداد میوه درجه یک، وزن میوه، طول میوه و عملکرد کل گوجه‌فرنگی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین ارتفاع بوته (۹۳/۸ سانتی متر)، طول میوه (۷/۶۵ سانتی‌متر)، تعداد میوه بازارپسند (۱۶/۲۹) گوجه‌فرنگی، میانگین وزن میوه (۱۷۴/گرم در بوته) و عملکرد کل (۸/۳ کیلوگرم) مربوط به تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک آبیاری بود، که به غیر از وزن میوه با ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین مقدار این صفات در تیمار ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک آبیاری مشاهده شد که به جز ارتفاع بوته و تعداد میوه بازارپسند با سطوح ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک آبیاری تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴).

نتایج این آزمایش حاکی از آن است که تنش آبی تأثیر منفی بر ارتفاع بوته، تعداد میوه درجه یک، وزن میوه، طول میوه و عملکرد کل محصول داشته است. علت این امر را می‌توان بدین صورت بیان نمود که ریشه‌های گیاهان مواد غذایی و آب را از سطوح بالایی خاک در شرایطی که تنش آبی نباشد، جذب می‌کنند و ۲۵ سانتی‌متر اول ناحیه ریشه در پروفیل خاک ۴۰ درصد آب جذب شده را در اختیار گیاه قرار می‌دهد (Jureková et al., 2011).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات رویشی و عملکردگوجه‌فرنگی تحت شرایط کم آبیاری

Table 3- Analysis variance (means of squares) of some vegetative traits and yield of tomato under deficit irrigation condition

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	زیست‌توده خشک Dry weight	زیست‌توده تر Fresh weight	تعداد میوه بازارپسند Marketable fruit number	ارتفاع بوته Plant height	وزن میوه Fruit weight	طول میوه Fruit length	عملکرد کل Total yield
بلوک Replication	2	6.79*	0.12*	1.05ns	51.01ns	0.81**	0.07 ns	0.07 ns
رقم (C) Cultivar (C)	1	4.25*	0.003 ns	0.002ns	8.52 ns	17.73 ns	0.0004 ns	0.003 ns
کم آبیاری (DI) Deficit irrigation (DI)	3	0.42 ns	0.01 ns	34.61**	282.96**	0.95**	0.47**	1.84**
C × DI	3	0.37 ns	0.01 ns	0.94ns	12.97 ns	47.39 ns	0.03 ns	0.36 ns
اشتباه آزمایشی Error	14	1.25	0.03	1.53	23.03	126.04	0.04	0.25
ضریب تغییرات (٪) Cv (%)	-	7.02	0.17	8.5	5.4	7.19	2.8	6.54

ns، * و **: به ترتیب نمایانگر غیر معنی‌داربودن و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

ns, * and ** are non- significant and significant difference at 5 and 1 % probability levels, respectively.

جدول ٤- تأثیر کم آبیاری برصفات رویشی و عملکرد میوه گوجه‌فرنگی

Table 4- Effect of deficit irrigation on vegetative traits and yield of tomato

صفت Trait / تیمار Treatment		ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (Cm)	طول میوه (سانتی‌متر) Fruit length (Cm)	وزن میوه (گرم) Fruit weight (g)	تعداد میوه بازارپسند Marketable fruit number	عملکرد کل (کیلوگرم) Total yield (kg)
کم آبیاری (تبخیر از تشتک) Deficit irrigation (evaporation from pan)	60	93.8a*	7.66a	174a	16.3a	8.3a
	80	91.6a	7.58a	159.1b	16.1a	7.9ab
	100	88.3a	7.2b	146.6bc	14.5b	7.3bc
	120	78.2b	7.05b	144.1c	11.1c	7.1c

*- در هرستون حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

* Columns with the same letter(s) are not significant- difference at p≤0.05 probability level.

بنابراین، در این تحقیق استفاده بهتر از مواد غذایی و آب موجود در خاک به‌وسیله دو رقم گوجه‌فرنگی، باعث افزایش عملکرد در تیمار سطوح ۶۰ درصد تبخیر از تشتک آبیاری گردیده است. با افزایش سن گیاه، پتانسیل آب برگ گوجه‌فرنگی کاهش می‌یابد، دلیل این امر کاهش توانایی ریشه در جذب آب و افزایش مقاومت ساقه برای انتقال آب جذب شده به برگ‌ها می‌باشد. (Wang et al., 2001). نتایج حاصل از تأثیر تیمارهای کم آبیاری بر صفات رویشی و عملکرد میوه گوجه‌فرنگی در این پژوهش توسط نتایج سایر پژوهشگران به شرح زیر تأیید می‌شود. کم آبی طویل شدن ساقه گوجه‌فرنگی و همیشه بهار در مرحله رشد رویشی و همچنین تولید زیست‌توده ساقه را در هر دو گیاه در مرحله زایشی کاهش داد (Jureková et al., 2011) که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. گیاهان گوجه‌فرنگی به تنش آبی حساس بوده و رشد رویشی و عملکرد کل آن در شرایط تنش خشکی کاهش می‌یابد (Miguel & Francisco, 2007). یک پژوهش به منظور بررسی تأثیر تیمارهای آبیاری به میزان ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی بر عملکرد و بازده مصرف آب گوجه‌فرنگی رقم ارلی اوربانا انجام گرفت. نتایج این آزمایش نشان داد که حداکثر عملکرد محصول و حداکثر بازده مصرف آب در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی (آبیاری کامل) به‌دست آمد و با کاهش مصرف آب به میزان ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی، عملکرد به ترتیب برابر با ۲۴، ۵۷ و ۷۴ درصد کاهش یافت (Golkar et al., 2007). پیل و لامبت (Pill, & Lambeth, 1980) اثر رژیم آب خاک را بر روی عملکرد محصول، پوسیدگی گلگاه و وجود عناصر گیاه گوجه‌فرنگی بررسی نمودند. کاهش پتانسیل آب خاک باعث کاهش تعداد میوه، متوسط و کل وزن میوه شد. در یک بررسی ارتفاع گیاه، قطر ساقه، وزن خشک و وزن تر، طول و قطر میوه گیاهان تحت تنش آبی نسبت گیاهان بدون تنش آبی کاهش یافته و هر چه مقدار آب جذب شده توسط گیاه کمتر بود، اثر تنش شدت بیشتری پیدا کرده و عملکرد نیز به شدت تحت تأثیر قرار گرفت (Kirnak et al., 2001). باغانی و بیات (Baghani & Bayat, 1999) تأثیر سه سطح ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد آب آبیاری و دو روش آبیاری قطره‌ای و شیاری را بر کیفیت و عملکرد گوجه‌فرنگی بررسی نموده و نشان دادند با کاهش آب مصرفی عملکرد کل کاهش یافته و کاهش عملکرد در تیمارهای۵۰ و ۷۵ درصد نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد به ترتیب برابر ۳۱/۳ و۶۶/۲ درصد بود. ارزیابی‌ها نشان می‌دهد که ریشه‌ها به شرایط رطوبتی خاک حساس‌اند و با فرستادن پیام‌هایی به اندام هوایی باعث ایجاد پاسخ‌های دفعی مثل بسته شدن روزنه‌ها و محدود کردن سرعت رشد و توسعه برگ و در نتیجه موجب کاهش هدر رفتن آب می‌شوند (Wang et al., 2001). در تحقیقی، بیشترین عملکرد و تعداد میوه در نتیجه سطوح آبیاری ۱۵۰ درصد به‌دست آمد (Metin Sezen et al., 2010). میشل و همکاران (Mitchel et al., 1991) نشان دادند که کم آبیاری عملکرد و آب ذخیره شده در محصول گوجه فرنگی را کاهش می‌دهد. ارزیابی سه سطح تا مین آب میزان ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد تأمین آب بر عملکرد گوجه‌فرنگی در شرایط آب و هوایی ورامین نشان داد که بیشترین عملکرد محصول مربوط به سطح تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بود. نتیجه حاصل از این پژوهش پیشنهاد کرد در صورتی‌که محدودیت منابع آبی در طول فصل رشد وجود داشته باشد با تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی برای حصول حداکثر کارایی مصرف آب استفاده گردد (Sadreghaen et al., 2010). بررسی تأثیر رژیم‌های آبیاری در دو سطح آبیاری کامل و کم آبیاری به صورت آبیاری کامل تا مرحله ۶ – ۸ برگی و پس از آن آبیاری در مراحل ۱۰ – ۱۲ برگی، آغاز گلدهی، آغاز دانه بندی و آغاز شیری شدن دانه در سورگوم دانه‌ای (*Sorghum bicolor* L.) ارقام کیمیا و سپیده نشان داد که روش کم آبیاری منجر به صرفه جویی ۴۱ درصدی آب آبیاری شد؛ در حالی‌که تنها ۱۷ درصد عملکرد دانه را کاهش داد. این مطلب کارایی بالای این روش کم آبیاری و سودمندی آن را برای کشاورزی ایران نشان می‌دهد (Ansari- Javini et al., 2012). در یک پژوهش تأثیر تیمارهای آبیاری شامل کم آبیاری (به ترتیب تأمین ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی) و تیمارهای آبیاری بخشی PRD75 و PRD50 (به ترتیب تأمین ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی) بر راندمان مصرف آب گیاه گوجه-فرنگی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین راندمان مصرف آب در تیمار PRD75 حاصل شد و بیشترین تعداد روزنه در سطح برگ در تیمار آبیاری کامل حاصل شد (Nourmahnad et al., 2010).

صفات کیفی: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد (جدول ۵) که تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر شاخص‌های کیفی شامل مواد جامد محلول، اسیدیته، EC، کلروفیل، بتاکاروتن و لیکوپن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار و برای صفات pH، ویتامین ث، سفتی میوه و رنگ میوه اختلاف معنی‌دار نبود. همچنین بین دو رقم استفاده شده در این پژوهش از نظر شاخص‌های EC، لیکوپن و رنگ میوه در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار داشتند و در بقیه صفات اندازه‌گیری شده اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

با توجه به نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها بیشترین مقدار بریکس، قرائت کلروفیل‌متر و لیکوپن به ترتیب با ۵/۸۶، ۰/۷۸ و ۱۷/۱۰ مربوط به سطوح ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک آبیاری بود که با سطوح۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک آبیاری تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین مقدار این شاخص‌ها در سطوح ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک آبیاری مشاهده شدکه با سطوح ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک آبیاری تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۶).

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات رویشی و عملکرد گوجه‌فرنگی تحت شرایط کم آبیاری

Table 5- Analysis variance (means of squares) of some vegetative traits and yield of tomato under deficit irrigation condition

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	بریکس Brix	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC	کلروفیل Chlorophyll	بتا کاروتن Betacaroten	لیکوپن Lycopene	رنگ میوه Fruit color
بلوک Replication	2	0.17^{ns}	0.009**	0.09^{ns}	0.007^{ns}	0.03*	4.89^{ns}	0.001^{ns}
رقم (C) Cultivar (C)	1	0.23^{ns}	0.001^{ns}	0.76**	0.001^{ns}	0.006^{ns}	31.97**	0.01*
کم آبیاری (DI) Deficit irrigation (DI)	3	0.37*	0.001*	0.17*	0.01**	0.04**	5.30*	0.001^{ns}
رقم × تنش کم آبی C × DI	3	0.19^{ns}	0.002*	0.18*	0.005^{ns}	0.03*	1.86^{ns}	0.005^{ns}
اشتباه آزمایشی Error	14	0.08	0.0005	0.04	0.003	0.005	1.57	0.004
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	5.8	6.9	3.74	7.9	11.4	7.9	2.7

ns، * و**: به ترتیب نمایانگر غیر معنی‌داربودن و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

ns, * and **: are non- significant and significant difference at 5 and 1% probability levels, respectively.

بین ارقام استفاده شده در این پژوهش علاوه بر مقدار لیکوپن در سایر شاخص‌های کیفی از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری ملاحظه نشد. نتایج حاصل از این پژوهش توسط یافته‌های سایر محققین به شرح زیر تأیید می‌شود. نتایج ارزیابی عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب و کاهش مقدار آب مصرفی گوجه‌فرنگی در آزمایشی باسه تیمار آبیاری کامل، یک در میان متغیر و یک در میان ثابت جویچه‌ها در شرایط آب و هوایی کرج نشان داد در شرایطی که زمین عامل محدودکننده تولید نباشد با کم آبیاری سطح زیر کشت را می‌توان به دو برابر افزایش داد و در نتیجه مقدار محصول با کم آبیاری را نسبت به آبیاری کامل بالا برد. در این راستا، آبیاری یک در میان ثابت نسبت به آبیاری یک در میان متغیر از نظر اقتصادی مقرون به صرفه‌تر خواهد بود، چون کارایی مصرف آب را می‌تواند تا ۱/۸ برابر بهبود بخشد (Molavi et al., 2011).

در رابطه با تأثیرتنش کم آبیاری بر بعضی مراحل فیزیولوژیکی رشد میوه مشخص شد که میزان رنگ، مواد جامد محلول، سرعت بلوغ و عدم تغییر در وزن خشک و تر میوه‌ها هم‌زمان با کاهش میزان مصرف آب افزایش یافت. چنین به‌نظر می‌رسد که افزایش مواد جامد محلول کاهش تعداد میوه و به تبع آن افزایش نسبت کربوهیدرات به میوه و کاهش رشد رویشی در شرایط کم آبیاری است (Zegbe et al., 2004). نتایج بررسی اثرهای چهار تیمارکم آبیاری ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز کامل آبیاری برکیفیت و عمر انبارداری گوجه‌فرنگی در در شرایط آب و هوایی آذربایجان غربی نشان داد که بیشترین و کم‌ترین کارآیی مصرف آب به ترتیب در تیمار ۵۰ و ۱۲۵ درصد آبیاری حاصل شد. نتایج این پژوهش نشان داد که کم آبیاری موجب افزایش مواد جامد انحلال‌پذیر، اسیدیته و ویتامین ث می‌شود. گزارش شده است که سطوح مختلف آبیاری در قابلیت نگهداری گوجه‌فرنگی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود؛ به طوری‌که آبیاری بیشتر موجب کاهش و کم آبیاری موجب افزایش عمر انبارداری میوه می‌شود (Zomorodi et al., 2006).

با توجه به جدول اثر متقابل تیمارها (جدول ۷) مشخص گردید که بیشترین مقدار بتا کاروتن (۰/۸۳) مربوط به تیمار ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک آبیاری در رقم Rio grand بود، کمترین مقدار (۰/۵۳) مربوط به تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک آبیاری در رقم Early Urbana111 مشاهده شد. بیشترین مقدار EC میوه (۶/۳۰ دسی زیمنس بر متر) مربوط به تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر در رقم Rio grand بود. کمترین مقدار این شاخص (۵/۴۵ دسی زیمنس بر متر) در تیمار ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک آبیاری در رقم Early Urbana111 مشاهده شد. چنین به‌نظر می‌رسد که با کاهش میزان آبیاری گیاه با افزایش تجمع مقدار مواد جامد محلول در داخل بافت‌ها سعی در بهبود جذب آب نموده است که این امر در نهایت، باعث افزایش مقدار مواد جامد شده است. یافته‌های خوشخوی و آذرخش (Khoshkhouy & Azarkhish, 1983) و باغانی و بیات (Baghani & Bayat, 1999) نتایج این پژوهش را تأیید می‌کند.

جدول ٦ - تأثیر کم آبیاری بر کلروفیل وصفات کیفی میوه گوجه‌فرنگی
Table 6- Effect of deficit irrigation on vegetative traits and yield of tomato

لیکوپن (٪) Lycopene (%)	قرائت کلروفیل‌متر Chlorophyll reading	بریکس (٪) Brix (%)	صفت Trait / تیمار Treatment	
15. b	0.65b	4.47 b*	60	کم آبیاری (تبخیر از تشتک) Deficit irrigation (evaporation from pan)
15.4b	0.7b	4.87 a	80	
16.5b	0.74b	4.88 a	100	
17.1a	0.78a	5.07a	120	

*در هرستون حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.
*Columns with the same letter(s) are not significant- difference at p≤0.05 probability level.

آنها گزارش نمودند که کم‌آبیاری به‌دلیل کاهش تجمع آب در میوه موجب افزایش مواد جامد محلول، لیکوپن می‌شود. نتایج یک آزمایش نشان دادکه درصد مواد جامد محلول میوه و لیکوپن نیز در تیمار خشک شدن موضعی ریشه نسبت به شاهد بیشتر بود، به طوری‌که در تیمار خشک شدن موضعی ریشه ۷/۴۴ و در تیمار شاهد ۵/۹۰ درصد بود (Jureková et al., 2011). در شرایط تنش آبی رشد رویشی کاهش یافته و فاکتورهای کیفی میوه از جمله رنگ میوه یا مواد جامد محلول در میوه معمولاً بهبود می‌یابد، بنابرین، ایجاد روش‌هایی در کنترل میزان تنش، به‌منظور متمرکز شدن بر عملکرد و مقدار قند میوه مهم است (Miguel & Francisco, 2007). همچنین مقدار لیکوپن، بتاکاروتن و مواد جامد محلول میوه گوجه‌فرنگی با افزایش آب قابل دسترس کاهش یافت که با یافته‌های میتین سزن و همکاران (Metin Sezen et al., 2010) و باغانی و بیات (Baghani Bayat, 1999 &) سازگار است که این محققین نیز افزایش مقدار لیکوپن، بتا کاروتن و مواد جامد محلول میوه و در نتیجه افزایش بازارپسندی میوه گوجه‌فرنگی را در شرایط تنش کم آبی گزارش نمودند. علاوه بر این، کم آبیاری باعث اصلاح و بهبود خاصیت انبارداری محصولات زراعی، کاهش آفات و بیماری‌ها) کاهش آبشویی مواد غذایی و عناصر کودی از منطقه ریشه و اصلاح تهویه خاک می‌گردد. آلوینو و آندریا (Alvino & Andria, 1988) ارتباط رسیدگی همزمان میوه‌ها و قابلیت نگهداری میوه گوجه‌فرنگی را با رژیم‌های گوناگون آبیاری (۴۰، ۷۰، ۱۰۰ و ۱۳۰ میلی‌متر مجموع تبخیر و تعرق بیشینه)، اعلام نمودند که مواد جامد محلول در تیمار نخست بیشترین مقدار، قابلیت نگهداری محصول در تیمار چهارم بیشترین و سومین تیمار، موجب تولید خوب و نسبتاً یکنواخت محصول شده است. نتایج آزمایشی در منطقه شاهرود نشان داد که آبیاری بر اساس ۸۰ درصد نیاز آبی گوجه‌فرنگی به همراه تأمین ۶۰ درصد کود مورد نیاز گیاه با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای بهترین گزینه برای محصول مورد نظر است (Mohammadi, 2005 & Mousavi Fazl). کاهش در میزان مصرف آب سبب کاهش امراض و آفات، به حداقل رسیدن آبشویی کودها از منطقه ریشه و بهتر شدن تهویه خاک می‌شود. همچنین سبب بهتر شدن کیفیت محصولات، از جمله افزایش درصد پروتئین و کیفیت بذور، افزایش طول الیاف در کتان (*Linum usitatissimum* L.)، افزایش درصد قند در گوجه‌فرنگی، چغندرقند (*Beta vulgaris* L.)، انگور (*Vitis vinifera* L.) و دیگر محصولات نیز می‌شود (Kheyrabi et al., 1996). هگدی و سرینیواس (Hegde & Srinivas, 1989) با مطالعه اثر آبیاری در چهار سطح پتانسیل ماتریک (۲۵-، ۴۵-، ۶۵- و ۸۵- کیلو پاسکال در عمق ۱۵ سانتی‌متر) روی میزان آب گیاه، عملکرد میوه و میزان آب مورد نیاز گیاه گوجه‌فرنگی در دو فصل زراعی گزارش نمودند که بیشترین عملکرد محصول بازارپسند در تیمار آبیاری ۶۵- کیلو پاسکال و بالاترین کارایی مصرف آب در تیمار آبیاری ۴۵- کیلو پاسکال به‌دست آمد. نتایج تحقیقات پین و درو (Payne and Drew, 1992) نیز نشان داد که با کاهش مصرف آب، کارایی مصرف آب افزایش می‌یابد. شرایعی و همکاران (Sharayei, et al., 2006) کاهش میزان آب آبیاری در گوجه‌فرنگی ابتدا کارایی مصرف آب را افزایش داد، ولی کاهش بیشتر آب، باعث کم شدن کارایی مصرف آب شده است. با کم شدن میزان آب مصرفی، تولید محصول نیز کاهش یافته است؛ اما به لحاظ این که این کاهش کمتر از کاهش مربوط به کمبود آب بوده، لذا کارایی مصرف آب زیادتر شده است. عملکرد گیاهان تحت تأثیر زمان اعمال کم آبیاری قرار می‌گیرد و موفقیت نسبی در کم آبیاری کاملاً بستگی به عدم برخورد مراحل حساس فنولوژیکی گیاه به تنش خشکی دارد. بنابراین، برای اجرای موفقیت آمیز روش کم آبیاری، شناخت مراحل حساس نمو امری ضروری است (Kirda, 2000).

جدول۷- اثر متقابل تأثیر تنش کم آبی و رقم بر اسیدیته و بتاکاروتن میوه گوجه‌فرنگی

Table 7- interaction of deficit irrigation and cultivar on acidity and beta-caroten content of tomato fruit

بتاکاروتن(%) Beta-caroten (%)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) Ec)dS.m^{-1})	کم آبیاری (میلی‌متر تبخیر از تشتک) Water deficit (mm evaporation from pan)	رقم Cultivar
0.53c	5.54bc*	60	
0.73ab	5.59ab	80	ارلی اوربانا ۱۱۱
0.70abc	5.45c	100	Early urbana 111
0.56bc	6.03a	120	
0.56bc	6.30a	60	
0.56bc	6.22a	80	ریوگراند
0.56bc	5.92ab	100	Riogrand
0.83a	5.95ab	120	

*در هرستون حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

*Columns with the same letter(s) are not significant- difference at p≤0.05 probability level

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که اعمال تنش آبی اگرچه موجب کاهش معنی‌دار در تولید محصول می‌گردد و از سوی دیگر، تأمین آب مورد نیاز گیاه منجر به تولید حداکثر محصول می‌شود، ولی آبیاری بیش از نیاز گیاه افزایش معنی‌دار تولید را به دنبال ندارد. لذا توصیه می‌شود، از هر گونه آبیاری مازاد بر نیاز آبی گیاه خودداری گردد. کم آبیاری تأثیر معنی‌دار در افزایش کیفیت محصول داشته و آبیاری مازاد بر نیاز آبی گیاه موجب کاهش کلیه پارامترهای کیفی میوه می‌گردد.

منابع

1- Alvino, A., and Andria, R.D. 1988. Fruit ripening of different tomato cultivars as influenced by Furrow and Drip Irrigation. Agricultural Engineering Research Institute (IAERI). Final Report.
2- Ansari-Javini, M., Chaichi, M., and Ehteshami, M.R. 2012. Effects of limited irrigation regime and phosphorus fertilizers on quantitative and qualitative parameters of two grain sorghum cultivars (Kimiya and Speedeh). Iranian Journal of Field Crops Research 43(3): 421-435. (In Persian with English Summary)
3- Baghani, J., and Bayat, H. 1999. Comparison of yield and quality of tomato in furrow and drip irrigation. Agricultural Engineering Research Institute (IAERI). Final Report, No: 131.
4- Ehret, D.L., and Ho, L.C. 1986. The effect of salinity on dry matter partitioning and fruit growth in tomato grown in nutrient film culture, Journal of Horticultural Science 61: 367-383.
5- Evans, J.P. 2009. 21st century climate change in the Middle East. Climatic Change 92: 417–432.
6- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., and Basra, S. 2008. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development 1-28.
7- Golkar, F., Farahmand, A., and Fardad, H. 2008. Effect of deficit irrigation on yield and efficiency of tomato, Water Engineering Journal 1: 13-22. (In Persian with English Summary)
8- Haghighi, M., and Behboudian, H. 2011. Water relations of the tomato plant under partial rootzone drying (PRD). Journal of Crops Improvement 13: 1-8. (In Persian with English Summary)
9- Hegde, D.M., and Srinivas, K. 1989. Studies on irrigation and nitrogen requirement of tomato, Indian Journal of Agronomy 34(2): 157-162.
10- Jureková, Z., Németh-Molnár, K., and Paganová, V. 2011. Physiological responses of six tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars to water stress. Journal of Horticulture and Forestry 3(10): 294-300.
11- Karimi-Kakhaki, M., and Sepehri, A. 2010. Effect of deficit irrigation at reproductive growth stage on remobilization of dry matter in four sunflower (*Helianthus annus* L.) cultivars. Iranian Journal of Agronomical Science 12(4): 421-434. (In Persian with English Summary)
12- Kheyrabi, J., Tavakoli, A.R., Entesari, M.H., and Salamat, A.R. 1996. Deficit irrigation manual. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage, Tehran, Iran. (In Persian)
13- Khoshkhouy, M., and Azarkhish, H. 1983. Effect of irrigation period, fertilizer and sowing pattern on yield and quality of tomato. Proceeding of 1th Congress in Deficit Irrigation Science. Tehran, Iran. (In Persian)
14- Kirda, C. 2000. Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance.

Publishing and Multimedia service, Information Division, FAO, Rome, Italy.
15- Kirnak, K., Kaya, C., Tas, I., and Higgs, D. 2001. The influence of water deficit on vegetative growth, physiology, fruit and quality in eggplants. Bulgarian Journal of Plant Physiology 27(3–4): 34–46.
16- Metin Sezen, S., Gülendam, C., Attila, Y., Servet, T., and Burcak, K. 2010. Effect of irrigation management on yield and quality of tomatoes grown in different soilless media in a glasshouse. Scientific Research and Essay 5(1): 041-048.
17- Miguel, A., and Francisco, M. 2007. Response of tomato plants to deficit irrigation under surface or subsurface drip irrigation. Journal of Applied Horticulture 9(2): 97-100.
18- Mitchel, J.P., Shennan, C., Grarran, SR., and May, D.M. 1991. Tomato fruit yields and quality under deficit and salinity Journal of American Society of Horticultural Science 116-125.
19- Molavi, H., Mohammadi, M., and Liaghat, A.M. 2011. Effect of full irrigation and alternative furrow irrigation on yield, yield components and water use efficiency of tomato (Super Strain B). Journal of Soil and Water Science 3(21): 115-126. (In Persian with English Summary)
20- Mousavi Fazl, S.H., and Mohammadi, A.R. 2005. Effect of water stress at different stage of growth on yield and fruit quality of two tomato varieties. Journal of Agricultural Engineering Research 6(26): 27-40. (In Persian with English Summary)
21- Nesmith, D.S., and Ritchie, J.T. 1992. Maize (*Zea mays* L.) response to a severe soil water deficit during grain filling. Field Crops Research 29: 23-35.
22- Nourmahnad, N., Emamzadei, M., Ghorbani, B., and Mohamdkhani, A. 2010. Effects of deficit irrigation management on water use efficiency and some physiologic and phenologic properties of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resource (Water and Soil Science) 13(50):1-11. (In Persian with English summary)
23- Olives Barba, A.L., Hurtado, M., Sanchez Mata, M.C., Fernandez, F., Ruiz, M., and De Tejada, L. 2006. Application of a UV–vis detection-HPLC method for a rapid determination of lycopene and b-carotene in vegetables. Food Chemistry 95: 328–336.
24- Payne, W.A., and Drew, M.C. 1992. Soil phosphorous availability and pearl millet water use efficiency. Crop Science 32: 1010-1015.
25- Peyvast, G. 2009. Vegetable crop production (4th edition). Guilan University Publication, Iran p. 183-187. (In Persian)
26- Pill, W.G., and Lambeth, V.N .1980. Effects of soil water regime and nitrogen form on blossom-end- rot, yield, water relations, and elemental composition of tomato, Journal of American Society of Horticultural Science 105(5): 730-734.
27- Saber, Z., Pirdashti, H., Esmaeili, M. A., and Abasisan, A. 2013. The effect of plant growth promoting rhizobacteria, nitrogen and phosphorus on relative agronomic efficiency of fertilizers, growth parameters and yield of wheat *(Triticum aestivum* L.) cultivar N-80-19 in Sari. Journal of Agroecology 5(1): 39-49. (In Persian with English Summary)
28- Sadreghaen, H., Akbari, M., Afshar, H., and Nakhjavani moghaddam, M.M. 2010. Effect of three methods of micro - irrigation and irrigation levels on yield of tomato. Journal of Water and Soil 24(3): 574-582. (In Persian with English Summary)
29- Salemi, H.R., and Mosharaf, L. 2006. Effect of deficit irrigation on quality characteristics and yield of grain maize in Isfahan region, Journal of Agricultural Engineering Research 6(26): 27-40. (In Persian with English Summary)
30- Seghatoleslam, M.J., Kafi, M., Darvish, F., and Nour Mohammadi, G. 2005. Effect of deficit irrigation on yield and water use efficiency of three millets species. Journal of Agricultural Science 11(4): 122-131. (In Persian with English Summary)
31- Sepaskhah, A.R., and Khajehabdollahi, M. H. 2005. Alternative furrow irrigation with different irrigation intervals for maize (*Zea mays* L.), Plant Production Science 8: 592–600.
32- Sharayei, P., Sobhani, A.R., and Rahimi, M.H. 2006. Effect of different levels of irrigation water and potassium on water productivity and quality of tomato (peto early CH). Journal of Agricultural Engineering Research 7(27): 75-86. (In Persian with English Summary)
33- Umebese, C.E, Olatimilehin, T.O., and Ogunsusi, T.A. 2009. Salicylic acid protects Nitrate reductase activity, growth and proline in amaranth and tomato plants during water deficit. American Journal of Agriculture and Biological Science 4(3): 224-229.
34- Wang, H., Zhang, L., Dawes, W.R. and Liu, C. 2001. Improving water use efficiency of irrigated crops in North China plain- measurements and modeling. Agricultural Water Management 48: 151-167.
35- Wien, H.C. 1999. The Physiology of Vegetable Crops. CABI Publication 670 pp.

36- Zegbe, J.A., behboudian, M.H., and Clothier, B.E. 2004. Partial rootzone drying is a feasible option for irrigating processing tomatoes, Agricultural Water Management 68(3): 195-206.
37- Zomorodi, S., Noorjo, A., and Alami, A. 2006. Investigation the effect of deficit irrigation on quantity and quality and preserving potential of tomato. Journal of Agricultural Engineering Research 7(27): 19-28. (In Persian with English Summary)

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۲، ص. ۱۹۷-۱۸۸

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 2, Summer 2013, p. 188-197

بررسی تأثیر روش کاشت بر ویژگی‌های زراعی، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام شیرین و فوق شیرین ذرت (*Zea mays* L.) در شرایط شور

فهیمه فریدی[۱*]، محمود رمرودی[۲]، محمد گلوی[۳]، براتعلی سیاه‌سر[۲] و سعید خاوری خراسانی[٤]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۳/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۸/۲۰

چکیده

به منظور بررسی تأثیر الگوی کشت بر خصوصیات فنولوژیک، مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام ذرت (*Zea mays* L.) شیرین و فوق شیرین در شرایط شور، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. کرتهای اصلی الگوی کشت در سه سطح شامل، کشت تک‌ردیفه و دو ردیفه روی پشته و کشت در کف جوی آبیاری و کرت‌های فرعی چهار رقم شامل دو رقم ذرت شیرین (Ksc403su, Merit) و دو رقم ذرت فوق شیرین (Basin و Obsession) بودند. نتایج نشان داد که الگوی کشت تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته، ارتفاع بلال، طول و عرض برگ، تعداد ردیف دانه، تعداد دانه در ردیف، عملکرد دانه، شاخص برداشت و وزن هزار دانه داشت؛ در حالی‌که بر تعداد کل برگ، تعداد برگ بالای بلال اصلی، طول تاسل، قطر ساقه، زمان گرده‌افشانی، کاکل‌دهی، فاصله بین ظهور دانه گرده تا ظهورکاکل و عملکرد بیولوژیک تأثیر معنی‌داری نداشت. تأثیر رقم بر کلیه ویژگی‌های مورد مطالعه بجز تعداد برگ بالای بلال اصلی و قطر ساقه معنی‌دار شد. بیشترین عملکرد دانه و شاخص برداشت در رقم Obsession (به ترتیب برابر با ۱۰ کیلوگرم و ۳۹ درصد) و کمترین آنها در رقم Basin (به ترتیب برابر با ۴ کیلوگرم و ۲۰ درصد) مشاهده شد. نتایج حاکی از آن است که استفاده از روش کشت کف فارو برای ذرت شیرین و فوق شیرین در شرایط شور می‌تواند منجر به بهبود عملکرد شود.

واژه‌های کلیدی: الگوی کاشت، عملکرد دانه، ویژگی‌های مورفولوژیک

مقدمه

ذرت شیرین (*Zea mays* L. var Saccharata) دارای دوره رشد کوتاه بوده و با توجه به ارزش غذایی بالای آن علاقمندی به مصرف آن در حال افزایش می‌باشد (Ti-da et al., 2006). ذرت شیرین عمدتاً به منظور استفاده از میوه آن (بلال) کشت می‌شود و در میان دسته‌ای از گیاهان زراعی که به عنوان سبزیجات طبقه‌بندی شده‌اند، از نظر ارزش زراعی برای صنایع تبدیلی (کنسروسازی و منجمدکردن) مقام دوم و برای مصارف تازه، مقام چهارم را دارا می‌باشد (Kalloo, 1993). ذرت شیرین با انجام جهش ژنتیکی در لوکوس Su از کروموزوم شماره چهار ذرت معمولی حاصل شده است، که این تغییر باعث تجمع قند و پلی ساکاریدهای محلول در آندوسپرم دانه می‌شود (Kaukis & Davis, 1998). کشف ژن SH-2 منجر به ایجاد ارقام بسیار شیرین[5] شده و در این ارقام میزان ساکارز دو تا سه برابر ارقام ذرت شیرین استاندارد است (Azizi, 2008). از سوی دیگر، ارزش غذایی ویژه و قابلیت مصرف مستقیم یا غیرمستقیم ذرت شیرین در صنایع غذایی کشور باعث شده که انتخاب ارقام هیبرید پرمحصول برای مناطق مختلف یکی از اولویت‌های تحقیقاتی به‌شمار آید. نتایج حاصل از تحقیق خاوری خراسانی و همکاران (Khavari Khorasani et al., 2008) در بررسی ویژگی‌های زراعی نه رقم ذرت شیرین (چهار رقم ذرت شیرین و چهار رقم خیلی شیرین به همراه رقم شاهد دانه طلایی) در مشهد نشان داد که بین ارقام تفاوت معنی‌داری وجود داشت؛ به‌طوری‌که رقم زودرس[6] با میانگین ۱۶/۶۵ تن دانه بالاترین عملکرد دانه قابل کنسرو شدن را به‌خود اختصاص

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل و استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
(*- نویسنده مسئول: E mail: fahimeh_faridi@yahoo.com)

5- Super Sweet
6- Chase

داد. اطرشی (Atrashi, 1998) بیان نمود که تعداد روز از کشت تا ۵۰ درصد گرده‌افشانی در ارقام زودرس کمتر و در ارقام دیررس بیشتر بود، به‌طوری‌که در بین هیبریدهای سینگل کراس (۶۰۴، ۳۰۱ و ۱۰۸)، هیبرید ۶۰۴ دارای بیشترین تعداد روز از کشت تا ۵۰ درصد گرده‌افشانی بود.

الگوی کشت نشان‌دهنده وضعیت هندسی بوته‌ها روی ردیف‌ها است که می‌توان آن را با تغییر عرض ردیف، فاصله بین بوته‌ها و چگونگی قرار گرفتن بوته‌ها روی ردیف‌های کشت تغییر داد (Mojtahedi & Shabestari, 1990). الگوی کشت مناسب از طریق توزیع مناسب نور در سطح کانوپی گیاه مقدار انرژی دریافتی را افزایش می‌دهد. برای مثال، عملکرد گیاه در یک تراکم ثابت وقتی‌که فاصله بین ردیف‌ها کاهش، فاصله بین بوته‌ها افزایش یابد، به‌واسطه دریافت نور بیشتر افزایش می‌یابد (Prine, 1969). یکی از الگوهای کشت پیشنهادی برای ذرت کشت به صورت دو ردیفه روی پشته‌های عریض و یا به عبارت بهتر، حذف یک در میان جویچه‌های آبیاری در روش کشت جوی و پشته است. در این الگوی کشت به دلیل کاهش تعداد جویچه‌های آبیاری و کاهش سطح تبخیری، راندمان مصرف آب بالا می‌رود (Mazaheri et al., 2002).

تنش شوری یکی از مهمترین تنش‌های محدودکننده تولید محصولات زراعی در سطح جهان است. بر اساس آمار، ایران پس از چین، هند و پاکستان بیشترین درصد اراضی شور را در سطح جهانی دارا می‌باشد. در اکثر مناطق ایران با توجه به غالبیت کشاورزی فاریاب، منابع آب و خاک مستعد شور شدن هستند. تخمین زده شده که در مناطق شور ایران، میانگین کاهش عملکرد بر اثر شور شدن ممکن است به بیشتر از ۵۰ درصد برسد (Kafi, 2009). از طرف دیگر، با افزایش جمعیت دنیا، کمبود غذا بشر را در تنگنا قرار داده است، به طوری‌که احتیاج به تولید غذای بیشتر، بشر را وادار می‌کند تا در آینده‌ای نه چندان دور از خاک و آب شور نیز برای کشاورزی و تولید غذای بیشتر استفاده کند (Zeia Tabar Ahmadi, & Babaeian Jelodar, 2002).

بنابراین، یکی از راهکارهای اساسی و صحیح در بهره‌برداری از خاک‌های مناطق شور، کاشت محصولات و ارقام مقاوم به شوری است، زیرا اصلاح این خاک‌ها به زمان زیادی نیاز داشته و مقرون به صرفه نیست (Hammatranjan, 1998). نتایج تحقیق (Hassan, 1999) روی ارقام ذرت تحت تنش شوری با الگوی کشت تک و دو ردیفه نشان داد که شوری باعث کاهش ارتفاع بوته و عملکرد دانه می‌شود، ولی در مقایسه بین کشت تک‌ردیفه و دو ردیفه بیشترین عملکرد مربوط به الگوی کشت دو ردیفه بود. وی این امر را به شوری کمتر خاک در محل شیب پشته، دسترسی بیشتر گیاه به آب و کاهش اثرات شوری نسبت داد. اسپراگ و دادلی (Sprague & Dudly, 1998) نیز نتایج مشابهی راگزارش نموده‌اند. نتایج تحقیق آبیاری با تیمارهای آب شور ملاحسینی و همکاران (Molla Hosseini et al., 2005) نشان دادند که در تیمارهای آب شور، کمترین شوری خاک در کف جوی و بیشترین مقدار شوری در مرکز پشته می‌باشد و در محل داغ آب، مقدار شوری حد واسط بود. تنویر و همکاران (Tanveer et al., 2003) مشاهده نمودند که در روش کشت کف فارو تعداد خوشه در متر مربع، طول خوشه و تعداد دانه در خوشه گندم به‌طور معنی‌داری بیشتر از روش کشت مسطح بوده است، آنها نتیجه گیری کردند که روش کشت کف فارو، روش مناسبی برای استفاده از منابع آب و خاک به خصوص برای خاک‌های با نفوذپذیری کم، خاک‌های اشباع و شور و نواحی با آب آبیاری کم می‌باشد. هدف از این تحقیق بررسی مناسب‌ترین الگوی کشت ارقام ذرت شیرین و فوق شیرین و ارزیابی واکنش ارقام در شرایط شور بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه پژوهشی ایستگاه تحقیقات کشاورزی عباس آباد در ۲۰ کیلومتری جنوب شرقی مشهد در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ انجام گرفت. خاک مزرعه دارای بافت شنی لومی، با هدایت الکتریکی ۱۶/۱ دسی‌زیمنس بر متر و هدایت الکتریکی آب ۶ دسی‌زیمنس بر متر و pH= ۷/۸ می‌باشد. آزمایش بصورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد که الگوی کشت در سه سطح (شامل کشت تک‌ردیفه، کشت دو ردیفه روی پشته و کشت در کف جوی آبیاری (کف فارو) به عنوان عامل اصلی و ارقام در چهار سطح (شامل دو رقم ذرت شیرین (Ksc403su, Merit) و دو رقم ذرت فوق شیرین (Basin و Obsession) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. آماده‌سازی بستر کاشت با شخم عمیق در اوایل بهار آغاز شد. پس از ایجاد جوی و پشته به فاصله ۷۵ سانتی‌متر، کشت بذور به صورت کپه‌ای (سه بذر در هر کپه) در ۲۱ خرداد ماه انجام شد. هر کرت آزمایشی دارای چهار ردیف کشت به طول پنج متر و فاصله بین بوته‌ها ۱۷/۵ سانتی‌متر بود، اما در الگوی کشت دو ردیفه فاصله بین دو ردیف روی پشته ۲۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۳۵ سانتی‌متر و تراکم ۷/۵ بوته در متر مربع ثابت بود. پس از استقرار بوته‌ها در مرحله ۶-۴ برگی تنک انجام شد و یک بوته در هر کپه باقی ماند. مدار آبیاری هر ۱۰ روز با استفاده از نشت آب و مدت زمان آبیاری برای همه تیمارها یکسان بود. مبارزه با علف‌های‌هرز پس از سبز شدن سه بار بصورت دستی در طول دوره رشد انجام گرفت.

خصوصیات فنولوژیک شامل تاریخ گرده‌افشانی و ظهور کاکل و فاصله بین ظهور دانه‌گرده تا رشته‌های ابریشمی (ASI)[1] ثبت گردید.

1- Anthesis Silking Interval

خصوصیات مورفولوژیک شامل ارتفاع بوته، ارتفاع بلال (فاصله اولین بلال تا سطح زمین)، تعداد برگ، تعداد برگ بالای بلال اصلی، طول تاسل و قطر ساقه (حد فاصل بین گره دوم و سوم) روی ۱۰ بوته رقابت‌کننده به طور تصادفی اندازه‌گیری و ثبت شد. برای تعیین عملکرد و اجزای عملکرد در مرحله برداشت اقتصادی (مرحله خمیری) ابتدا در هر کرت دو ردیف کناری و دو بوته ابتدا و انتهای هر کرت به عنوان اثرات حاشیه حذف و بقیه بوته‌ها شمارش شده و سپس بلال‌ها با دست برداشت و توزین گردید. سپس ۱۰ بلال به صورت تصادفی از هر کرت انتخاب و تعداد ردیف دانه، تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه و عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. پس از برداشت بلال‌های هر کرت، علوفه سبز کف‌بر و توزین شد. سپس عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت ثبت شدند. داده‌ها توسط نرم افزار Excel ثبت، سپس محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار SAS ver 9.1 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

الف) خصوصیات فنولوژیک: تعداد روز از کاشت تا ۵۰ درصد گرده‌افشانی تحت تأثیر الگوی کاشت قرار نگرفت، اما این ویژگی به‌طور معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) تحت تأثیر رقم بود (جدول ۱). به نظر می‌رسد در شرایط این آزمایش میزان شوری آب و خاک نتوانسته اثرات سوء خود را بر گیاه اعمال نماید و الگوی کشت تفاوتی را نشان نداده است. مقایسه میانگین ارقام نشان داد که رقم دانه طلایی بیشترین و رقم Basin کمترین تعداد روز از کاشت تا ۵۰ درصد گرده‌افشانی را داشتند (جدول ۲). نتایج این تحقیق با یافته‌های نصراله الحسینی (Nasrolah Alhosseini, 2009) مطابقت داشت. تأثیر رقم بر زمان ظهور کاکل معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) شد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین ارقام مختلف نشان داد که رقم دانه طلایی بیشترین تعداد روز از کاشت تا ۵۰ درصد ظهور کاکل را و سه رقم بعدی، Merit، Obsession و Basin رتبه‌های بعدی را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). در تحقیق نصراله الحسینی (Nasrolah Alhosseini, 2009) نیز رقم دانه طلایی بیشترین تاریخ ظهور کاکل را داشت. تأثیر رقم بر فاصله بین گرده‌افشانی تا ظهور کاکل معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) شد (جدول ۱). اهمیت این ویژگی در شرایط تنش‌های محیطی نظیر شوری و خشکی و تراکم بالا حائز اهمیت فراوان است، در صورت تاخیر در ظهور کاکل‌ها و فاصله بین گرده‌افشانی تا ظهور کاکل (ASI)[1] زیاد، ممکن است دانه‌های گرده از بین رفته و عدم پر شدن دانه‌ها و کچلی بلال‌ها حادث گردد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که رقم Basin بیشترین فاصله بین گرده‌افشانی تا ظهور کاکل را داشت و کمترین فاصله بین گرده‌افشانی تا ظهور کاکل مربوط به رقم دانه طلایی بود. نجفی و پوران (Najafi & Pouran, 2000) نیز گزارش دادند که افزایش غلظت نمک در آب آبیاری مراحل رشد زایشی گل نر و ماده را به فاصله زمانی ۵-۴ روز به تأخیر انداخت. عزیزی (Azizi, 2007) و نصراله الحسینی (Nasrolah Alhosseini, 2009) نیز گزارش نمودند که رقم دانه طلایی کمترین فاصله بین گرده‌افشانی تا ظهور کاکل را در شرایط شور داشت که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

ب) خصوصیات مرفولوژیک: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر الگوی کشت بر ارتفاع بوته و ارتفاع بلال معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) شد (جدول ۱). بیشترین ارتفاع بوته و بلال مربوط به الگوی کشت کف فارو و کمترین آن در روش کشت تک‌ردیفه مشاهده گردید (جدول ۲). نصراله الحسینی (Nasrolah Alhosseini, 2009) بیان کرد که اثر روش کشت بر ارتفاع بلال معنی‌دار بود. در این آزمایش نیز روش کف فارو نسبت به سایر روش‌های کشت بیشترین ارتفاع بلال را داشت، به نظر می‌رسد که تجمع املاح در روش کشت تک‌ردیف روی پشته و در محل استقرار ریشه شرایط مناسب برای رشد حداکثری بوته و بلال را فراهم نکرده است. تأثیر رقم بر ارتفاع بوته و بلال معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود (جدول ۱). مقایسه میانگین ارقام نشان می‌دهد که بیشترین ارتفاع بوته و ارتفاع بلال مربوط به رقم Merit و کمترین آن در رقم Obsession بود (جدول ۲)، که این اختلاف احتمالاً به دلیل ویژگی‌های ژنتیکی ارقام می‌باشد.

تأثیر الگوی کشت بر طول تاسل معنی‌دار نبود، در حالی‌که رقم تأثیر بسیار معنی‌داری بر طول تاسل داشت، بیشترین طول تاسل در رقم Basin و کمترین آن در رقم ksc403 (دانه طلایی) مشاهده شد (جدول‌های ۱ و ۲).

الگوی کشت تأثیر معنی‌داری بر تعداد کل برگ نداشت، ولی این صفت به طور معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) تحت تأثیر رقم قرار گرفت (جدول ۱)، به طوری‌که بیشترین تعداد برگ در رقم Merit و کمترین آن در رقم Basin مشاهده شد (جدول ۲). تأثیر الگوی کشت و رقم بر طول برگ معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) شد (جدول ۱)؛ به‌طوری‌که بیشترین طول برگ در تیمار کشت کف فارو و کمترین آن در الگوی کشت دو ردیفه به‌دست آمد (جدول ۲). تأثیر الگوی کاشت و رقم بر عرض برگ معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) شد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین روش‌های مختلف کشت نشان می‌دهد که بیشترین عرض برگ به روش کشت کف فارو و کمترین آن به کشت تک‌ردیفه تعلق داشت، ضمن اینکه بیشترین عرض برگ در رقم Merit و کمترین آن در رقم Obsession مشاهده شد (جدول ۲). به طور کلی، تنش شوری در بسیاری از گونه‌ها علاوه بر کاهش کل ماده خشک و ارتفاع گیاه، سبب کاهش مساحت سطح برگ گیاه نیز می‌شود (Munns & Termmat, 1986).

1- Anthesis Silking Interval (ASI)

جدول ۱- منابع تغییر، درجه آزادی ومیانگین مربعات ویژگی‌های فنولوژیکی و مورفولوژیکی در ارقام ذرت شیرین و فوق شیرین در شرایط شور

Table 1 The sources of variation, degrees of freedom mean square phonological and morphological characteristics of the varieties of sweet and super swee corn in saline conditions

عرض برگ Leaf width	طول برگ Leaf length	تعداد برگ بالای بلال No .leaf above ear	تعداد کل برگ No. leaf / plant	قطر ساقه Stem diameter	طول تاسل Tassel length	ارتفاع بلال Ear height	ارتفاع بوته Plant height	فاصله بین ظهور دانه گرده تا کاکل Anthesis Silking Interval	تاریخ ظهورکاکل Time of silking	تاریخ گرده افشانی Time of tasseling	درجه آزادی DF	منبع تغییرات S.O.V
0.42**	8.81 ns	0.23ns	0.31ns	3.82 ns	3.97ns	53.60*	198.35*	2.47ns	4.13ns	2.52ns	3	تکرار Replication
0.31*	61.12**	0.16 ns	0.44 ns	2.38 ns	0.55 ns	52.35*	326.97*	2.64 ns	5.25 ns	0.64 ns	2	الگوی کاشت Planting pattern(P)
0.09	12.03	0.02	0.53	1.88	8.23	19.28	178.92	1.28	6.36	3.64	6	خطا Error(a)
1.05**	86.95**	0.09 ns	1.43**	3.65 ns	36.74**	151.80**	204.66**	67.91**	17.68*	102.29**	3	رقم Variety(V)
0.08 ns	3.37 ns	0.03 ns	0.15 ns	0.53 ns	3.97 ns	13.36 ns	33.44 ns	3.97 ns	1.75 ns	1.92 ns	6	P×V
0.08	8.26	0.10	0.14	1.49	4.73	11.89	63.41	1.69	5.04	2.32	27	خطا Error(b)
4.45	4.82	5.61	2.81	6.02	7.33	11.23	9.23	17.47	3.74	2.90		ضریب تغییرات (٪) C.V%

ns, *, **به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد

ns,* and ** are non – significant, significant at 5% and 1% levels of probability, respectively

جدول ۲- مقایسه میانگین ویژگی‌های مورفولوژیکی و فنولوژیکی در الگوی کشت و ارقام ذرت شیرین و فوق شیرین در شرایط شور

Table 2- Means comparison for morphological and phonological triats on planting pattern and sweet and super sweet corn varieties in saline conditions

عرض برگ Leaf width (cm)	طول برگ Leaf length (cm)	تعداد برگ بالای بلال No.leaf above ear	تعداد کل برگ در گیاه No. leaf / plant	قطر ساقه Stem diameter (mm)	طول تاسل Tassel length (cm)	ارتفاع بلال Ear height (cm)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	فاصله بین ظهور دانه گرده تا کاکل(روز) Anthesis Silking Interva(day)	تاریخ ظهورکاکل Time of silking (day)	تاریخ گرده افشانی Time of tasseling (day)	تیمار treatment	
6.28b	58.43b	5.76a	13.46a	19.87a	29.45a	29.62b	82.62b	7.87a	60.42a	52.56a	کشت یک ردیفه one row in ridge	الگوی کشت planting pattern
6.26b	58.23b	5.83a	13.43a	20.43a	29.73a	29.67b	84.77b	7.43a	60.06a	52.62a	کشت دوردیفه two row in ridge	
6.55a	61.90a	5.63a	13.16a	20.62a	29.80a	32.74a	91.30a	7.06a	59.31a	52.25a	کشت کف فارو furrow planting	
6.41b	61.20a	5.70a	13.57a	20.92a	28.04b	32.83a	85.49ab	5.25c	61.5a	56.25a	Ksc403	رقم variety
6.74a	61.12a	5.8a	13.7a	20.45a	28.42b	34.38a	92.07a	6.75b	59.58ab	52.83b	Merit	
6.02c	55.54b	5.6a	13.19b	20.28a	30.42a	26.59b	82.37b	7.0b	58.58b	51.58b	Obsession	
6.43b	60.23a	5.7a	12.95b	19.58a	31.77a	28.97b	84.98b	10.83a	60.08ab	49.25c	Basin	

میانگین‌های مربوط به هر تیمار با حروف مشابه در هر ستون به روش دانکن اختلاف معنی داری ندارند

The means of each treatment with the same letters in each column are not significantly different, DMRT

در اثر تنش شوری، گسترش سطح برگ و ارتفاع گیاه کاهش می‌یابد، زیرا تجمع ماده خشک توسط گیاه، حاصل میزان فتوسنتز خالص و سطح فتوسنتزکننده است (Hammatranjan, 1998).

عملکرد و اجزای عملکرد: تعداد ردیف دانه، تعداد دانه در ردیف از اجزای مهم تشکیل دهنده عملکرد می‌باشد. تأثیر الگوی کشت و رقم بر تعداد ردیف دانه، تعداد دانه در ردیف معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) شد (جدول ۳)؛ به طوری‌که بیشترین تعداد دانه در ردیف درالگوی کشت کف فارو و کمترین آن در کشت تک‌ردیف روی پشته به‌دست‌آمد (جدول ۴). نصراله الحسینی (Nasrolah Alhosseini, 2009) در بررسی خود، بیشترین تعداد دانه در ردیف را در کشت کف فارو و کمترین آن را در کشت تک‌ردیف روی پشته گزارش نمود. در الگوی کشت کف فارو احتمالاً به دلیل تجمع کمتر نمک و کاهش خسارت به گیاه در مرحله رشد زایشی و لقاح میزان دانه گرده تولیدی به صورت نرمال و طبیعی بوده و از طرفی به نظر می‌رسد که عمر مفید دانه گرده نسبت به روش کشت یک ردیف روی پشته بیشتر می‌شود، در نتیجه منجر به افزایش تعداد دانه در ردیف شد. در این رابطه کازتندی و سلیمان (Kostandi & Soliman, 1993) بیان کردند که با افزایش میزان شوری از میزان عملکرد دانه و تعداد دانه در ردیف کاسته می‌شود. بیشترین تعداد دانه در ردیف و تعداد ردیف دانه در رقم Obsession بود و کمترین آنها در رقم Basin مشاهده شد (جدول‌های ۳ و ۴) که می‌تواند از ویژگی‌های ژنتیکی رقم باشد. با این تفاوت که قدری کاهش در شرایط تنش شور نیز مورد انتظار است. نجفی نژاد و همکاران (Najafi Nejad et al., 2009) بیان کردند که بین ارقام مختلف از لحاظ ژنتیکی تفاوت‌هایی وجود دارد که این تفاوت‌ها ضمن تأثیرپذیری از محیط در فنوتیپ ظاهر می‌شوند. بنابراین تفاوت فنوتیپی ارقام مختلف در برخی ویژگی‌ها به لحاظ تفاوت‌های ژنتیکی امری عادی بوده و ارقامی که بتوانند با شرایط منطقه سازگاری داشته و از پتانسیل عملکرد بالایی بر خوردار باشند قابل توصیه به زارعین می‌باشند.

اثر الگوی کشت بر عملکرد دانه معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) گردید (جدول ۳). عملکرد دانه در روش کشت کف فارو ۲۶ درصد از عملکرد دانه در روش کشت تک ردیف روی پشته بیشتر بود. افزایش عملکرد در کشت دو ردیفه روی پشته نسبت به کشت تک ردیفه نیز حدود ۱۴ درصد بود، احتمالاً علت این افزایش عملکرد دانه در روش کشت کف فارو و دو ردیف روی پشته، کاهش اثرات شوری در مقایسه با کشت تک‌ردیفه بوده است. این نتایج با یافته‌های نصراله حسینی (Nasrolah Alhosseini, 2009) و رمضانی مقدم و پاره کار (Ramezani Moghadam & Parehkar, 2002) مطابقت دارد. عملکرد دانه تحت تأثیر رقم معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که بیشترین عملکرد دانه در رقم Obsession و کمترین آن در رقم Basin بود (جدول ۴). به نظر می‌رسد که رقم Obsession پتانسیل مناسبی جهت تولید دانه در شرایط شور را دارد و لذا می‌تواند به عنوان یک هیبرید برتر برای شرایط شور مورد توجه قرار گیرد.

الگوی کشت بر عملکرد بیولوژیک تأثیر معنی‌دار نداشت (جدول ۳)، ولی مقایسه میانگین‌ها نشان داد که روش کشت کف فارو بیشترین و کشت تک‌ردیفه کمترین عملکرد بیولوژیک را داشتند (جدول ۴). احتمالاً افزایش تجمع املاح روی پشته ها منجر به کاهش رشد بوته‌ها نسبت به بوته‌های رشد یافته در کف فارو شده، بنابر این عملکرد بیولوژیک محصول در روش کشت روی پشته کاهش می‌یابد (Ramezani Moghadam & Parehkar, 2002). رقم اثر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) بر عملکرد بیولوژیک داشت (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن است که بالاترین عملکرد بیولوژیک به رقم Obsession و کمترین آن به رقم Basin تعلق داشت (جدول ۴). احتمالاً رقم Obsession در مقایسه با سایر ارقام از شرایط محیطی بهتر استفاده کرده و عملکرد ماده خشک بیشتری تولید نموده است.

شاخص برداشت نسبتی از زیست‌توده گیاه را که به دانه اختصاص می‌یابد نشان می‌دهد، بنابراین، شاخص برداشت از توانایی گیاه برای اختصاص منابع بین ساختار رویشی و زایشی گیاه حکایت دارد (Carruthers et al., 2000). تأثیر الگوی کشت بر شاخص برداشت معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها بیانگر آن است که روش کشت کف فارو بیشترین و روش کشت تک‌ردیفه کمترین شاخص برداشت را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). با توجه به این که شاخص برداشت در ارتباط مستقیم عملکرد اقتصادی به عملکرد بیولوژیک می‌باشد، با افزایش عملکرد اقتصادی و بیولوژیک در روش کشت کف فارو نسبت به روش کشت روی پشته بر میزان شاخص برداشت افزوده می‌شود (Ramezani Moghadam & Parehkar, 2002). شاخص برداشت تحت تأثیر رقم معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) شد (جدول ۳). نتایج نشان داد که بیشترین شاخص برداشت در رقم Obsession و کمترین آن در رقم Bain بود (جدول ۴).

تأثیر الگوی کشت و تأثیر رقم بر وزن هزار دانه معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) بود (جدول ۳). بیشترین وزن هزار دانه در الگوی کشت تک‌ردیفه و کمترین آن در الگوی کشت کف فارو بدست آمد (جدول ۴) که احتمالاً می‌تواند به دلیل عملکرد دانه کمتر در روش کشت تک‌ردیفه باشد.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ویژگی های عملکرد و اجزای عملکرد ارقام ذرت شیرین و فوق شیرین در شرایط شور

Table 3- Analysis variance (mean of squares) yield and yield components of sweet and super sweet corn varieties in saline condition

وزن هزار دانه 1000-kernel Weight	شاخص برداشت Harvest idex	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه grain yield	تعداد ردیف دانه No. rows per ear	تعداد دانه درردیف No. kernel perrows	درجه آزادی Df	منبع تغییرات S.O.V
4141.24ns	94.95ns	57.77ns	1.90ns	3.52ns	40.81*	3	تکرار Replication
18523.66*	108.99**	103.50ns	12.46**	12.21**	91.71**	2	الگوی کاشت Planting pattern(P)
6919.5	18.47	39.38	1.32	0.98	16.14	6	خطا Error(a)
52962.99**	716.36**	392.28**	85.35**	33**	417.27**	3	رقم variety
1964.31 ns	7.90ns	17.65ns	4.06ns	0.88 ns	75.33ns	6	الگوی کاشت ×رقم P×V
4263.16	9.66	39.28	1.07	1.33	11.18	27	خطا Error(b)
17.09	10.81	15.72	18.1	8	16.38		ضریب تغییرات C.V%

ns، * و **: به ترتیب غی معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns,* and **: are non – significant, significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

جدول ٤- مقایسه میانگین ویژگی های عملکرد و اجزای عملکرد در ارقام ذرت شیرین و فوق شیرین در شرایط شور

Table 4- Means comparison for traits, yield and yield components of sweet and super sweet corn varieties in saline condition

وزن هزار دانه (g) 1000-kernel weight (g)	شاخص برداشت (٪) Harvest idex (%)	عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار) Biological yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد دانه (تن در هکتار) grain yield ($t.ha^{-1}$)	تعداد ردیف دانه No. rows perear	تعداد دانه درردیف No. kernel per rows	تیمار Treatment	
418.92a	25.92b	37.38a	6.82b	13.13b	17.97b*	کاشت یک ردیفه One row in ridge	الگوی کاشت Planting pattern
375.10b	29.8ab	39.97a	7.78ab	13.70b	20.49ab	کاشت دوردیفه Two rowS in ridge	
351.92b	31.08a	42.46a	8.59a	14.85a	22.76a	کشت کف فارو Furrow planting	
387.91b	26.45b	43.0a	7.47b	15.28a	22.37b	Ksc403	رقم Variety
473.78a	28.41b	40.22a	8.64b	13.14b	19.33c	Merit	
334.22b	39.26a	44.68a	10.58a	15.58a	26.99a	Absession	
332b	20.8c	31.81b	4.22c	11.57c	12.93d	Basin	

* میانگین‌های مربوط به هر فاکتور با حروف مشابه در هر ستون به روش دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند (p≤۰/۰۵).

*The means of each factor with the same letters in each column are not significantly different, DMRT (p≤0.05).

جدول ۵- همبستگی بین صفات اندازه گیری شده در ارقام ذرت شیرین و فوق شیرین

Table 5- Correlation between investigated traits of sweet and super sweet corn varieties

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	تاریخ گرده افشانی Time of tasseling																
2	تاریخ ظهور کاکل Time of silking	0.53**															
3	فاصله بین ظهور گرده تا کاکل(ASI)	-0.70**	0.21ns														
4	ارتفاع بوته Plant height	-0.15ns	-0.38**	-0.14ns													
5	ارتفاع بلال Ear height	0.12ns	-0.21ns	-0.32*	0.83**												
6	طول تاسل Tassellength	-0.60**	-0.25ns	0.48**	0.17ns	-0.05ns											
7	قطر ساقه Stem diameter	0.16ns	-0.11ns	-0.29*	0.45**	0.42**	0.04ns										
8	تعداد برگ بالای بلال No. leaf / plan	0.30ns	-0.02ns	-0.36**	0.11ns	0.24ns	-0.41**	0.24ns									
9	تعداد برگ بالای بلال No.leaf above ear	-0.06ns	-0.05ns	0.03ns	0.10ns	0.21ns	0.10ns	0.34*	0.33**								
10	طول برگ Leaf length	-0.05ns	-0.18ns	-0.09ns	0.66**	0.69**	0.11ns	0.39**	0.17ns	0.24ns							
11	عرض برگ Leaf width	0.06ns	0.04ns	-0.03ns	0.63**	0.69**	0.00ns	0.29ns	0.04ns	0.18ns	0.64**						
12	تعداد دانه در ردیف No. kernel perrows	0.26ns	-0.35*	-0.59**	0.21ns	0.10ns	-0.09ns	0.39**	0.22ns	-0.17ns	-0.04ns	-0.09ns					
13	تعداد ردیف دانه ear No. rows per	0.46**	-0.07ns	-0.59**	0.18ns	0.12ns	-0.08ns	0.42**	0.12ns	-0.19ns	0.00ns	-0.02ns	0.84**				
14	عملکرد دانه grain yield	0.13ns	-0.44**	-0.52**	0.42**	0.32*	-0.09ns	0.50**	0.44**	0.02ns	0.08ns	0.08ns	0.84**	0.67**			
15	عملکرد بیولوژیک Biological yield	0.15ns	-0.31*	-0.44**	0.35*	0.43**	-0.05ns	0.67**	0.36*	0.41**	0.43**	0.27ns	0.35*	0.33*	0.48**		
16	شاخص برداشت Harvest idex	0.22ns	-0.29*	-0.50**	0.35*	0.28ns	-0.20ns	0.33*	0.49**	-0.06ns	0.03ns	0.09ns	0.77**	0.62**	0.92**	0.23ns	
17	وزن هزار دانه 1000-kernel Weight	0.10ns	-0.19ns	-0.28*	0.31*	0.47**	0.47**	0.26ns	0.63**	0.34*	0.33*	0.30*	0.09ns	-0.02ns	0.43**	0.37**	0.53**

ns, *, **به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد

ns, * and ** are non – significant, significant at 5% and 1% levels of probability, respectively

مقایسه میانگین به روش دانکن نشان داد که رقم Merit نسبت به سه رقم دیگر بیشترین وزن هزار دانه را داشت که می‌تواند به علت خصوصیات برتر مانند تعداد برگ و سطح برگ بیشتر، میزان فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای بیشتر این رقم باشد (جدول ۴).

بررسی همبستگی ساده بین صفات نشان داد که عملکرد دانه همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۱$) با ارتفاع بوته، قطر

ساقه، تعداد کل برگ، تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف دانه و شاخص برداشت داشت (جدول ۵) عملکرد دانه بالاترین همبستگی مثبت را با شاخص برداشت (۰/۹۲**) پس از آن با صفت تعداد دانه در ردیف(۰/۸۴**) داشت (جدول ۵). نتایج بررسی همبستگی بین سایر صفات در این آزمایش نشان می‌دهد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین صفات ارتفاع بوته با ارتفاع بلال (۰/۸۳**)، طول برگ (۰/۶۹**) و عرض برگ (۰/۶۹**) و صفت قطر ساقه با عملکرد دانه (۰/۵۰**) و عملکرد بیولوژیک (۰/۶۷**) وجود داشت (جدول ۵). همچنین صفت فاصله گرده‌افشانی تا ظهور کاکل با تعداد دانه در ردیف (-۰/۵۹**)، تعداد ردیف دانه (-۰/۵۹**)، عملکرد دانه (-۰/۵۲**) و شاخص برداشت (-۰/۵۰**) همبستگی منفی و معنی‌داری داشت (جدول ۵). بیشتر بودن فاصله گرده‌افشانی تا ظهور کاکل می‌تواند منجر به از بین رفتن دانه‌های گرده و کاهش عملکرد در شرایط تنش گردد.

نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت و تقاضای روز افزون ذرت شیرین در ایران و بر اساس نتایج بدست آمده در این بررسی، بیشترین عملکرد دانه قابل کنسرو و شاخص برداشت دانه در رقم ذرت خیلی شیرین Obsession مشاهده شد. کشت کف فارو به دلیل کاهش اثرات تنش شوری بر گیاه و نیاز به مصرف آب کمتر به خصوص در اوایل فصل رشد، می‌تواند به عنوان روشی مناسب جهت تولید و توسعه کشت ذرت شیرین و فوق شیرین در مناطق شور باشد و با توجه به فصل رشد کوتاه ذرت شیرین می‌تواند در الگوی کشت تابستانه (کشت دوم) بعد از قطع آب غلات زمستانه توصیه شود و عملکرد قابل توجهی را نیز تولید نماید.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از مسئولین و پرسنل محترم ایستگاه تحقیقات کشاورزی عباس آباد، جناب آقای مهندس جنتی و مهندس میرشاهی که امکانات انجام این پژوهش را فراهم نموده و همکاری و مساعدت لازم را مبذول داشته‌اند، نهایت تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

1- Azizi, F. 2007. Comparison and evaluation of exotic sweet corn and super sweet corn hybrids in different locations. Final report of research project. Advance Organization, Education and Agricultural Research. Ministry of Agricultural Jehad. (In Persian with English Summary)
2- Atrashi, M. 1998. Effects of sowing date and plant density on yield and seed physical and chemical propertie of different hybrids corn. Abstracts Proceedings of 5th Iranian Congress of Crop Production and Plant Breeding. 368 pp. (In Persian with English Summary)
3- Carruthers, K., Prithiviraj, B., Cloutier, Q.D., Martin, R.C., and Smith, D.L. 2000. Intercropping corn with soybean, lupin and forages: yield component responses. Journal of Agronomy 12: 103-115.
4- Hammatranjan, A. 1998. Advance in Plant Physiology. Pawan Kumar Scientific Publication, India.
5- Hassan, K.H. 1999. Respose of maize cultivars to plant distribution under salinity condition at Siwa Oasis. Annals of Agricultre Science (Cario) 44: 189-199.
6- Kafi, M. 2009. The Biosaltagriculture and its performing Essentiality in Iran. 10th Iranian Congress of Science of Agricultures and its Modification in Iran. Iran p 137-161. (In Persian)
7- Kalloo, G. 1993. Sweet Corn Breeding. In Breeding Vegetable Crops. Basset, M.J., (Ed). 777 pp.
8- Kaukis, K., and Davis, D.W. 1998. Sweet Corn Breeding. In: Breeding Vegetable Crops. p. 475-519.
9- Khavari Khorasani, S., Aziz, F., Yosofi, M., Bakhtiari, S., and Mohamadi, M. 2008. Effects of sowing date onmorphological triats, yield and yield components of sweet and super sweet corn varieties. The 10th Iranian Crop Sciences Congress, Iran 329 pp. (In Persian with English Summary)
10- Kostandi, S.F., and Soliman, M.F. 1993. Salt tolerance and smut disease resistance in corn cultivars at various growth stages. Agrochimica 37: 330-340.
11- Mazaheri, D., yousefpour, M., Ghanadha, M. R., and Bankehsaz, A. 2002. Effect of planting pattern and plant density in growth process, physiological indicators and yield of forage and grains two-hybrids of corn. Pajouhesh & Sazandegi 57: 71-77. (In Persian with English Summary)
12- Moadab Shabestari, M., and Mojtahedi M. 1990. Physiology of Agricultural Plants. Publication of Tehran University, Tehran, Iran 431 pp. (In Persian)
13- Molla Hosseini, H., Zand, E., and Silispour, M. 2005. Effect of Different level of water salinity and planting pattern on quantitative and qualitative characteristics of forage corn (SC 704). Journal of Agricultural Researches 1: 71- 79. (In Persian with English Summary)
14- Munns, R., and Termmat. A. 1986. Whole-plant response to salinity. Australian Journal of Plant Physioly 13: 60-140.
15- Najafi, A., and Pouran, M. 2000. Effects of four treatment of water saltiness on yield five qultivar of grainy corns

under irrigational conditions under compression (rainy) in Eshtehard areas of Karaj. Abstracts Proceedings of 8th Iranian Congress of Crop Production and Plant Breeding, Karaj, Tehran, Iran 263 pp. (In Persian with English Summary)

16- Najafi Nejad., H., Farzamnia, M., and Javaheri, M.A. 2009. Effect of planting pattern on yield, some agronomic traits and water use efficiency in grain corn. Horticulture Researches in Pajouhesh & Sazandegi 82: 46-53. (In Persian with English Summary)

17- Nasrolah Alhosseini, S.M. 2009. Effect of Planting Method and plants density on morphological treats, yield and yield components of sweet corns verieties in salty conditions thesis of M.Sc. Faculty of Agriculture Mashhad University, Mashhad, Iran 139 pp. (In Persian with English Summary)

18- Ramezani Moghadam, M.R., and Parehkar, M. 2002. Effect of planting pattern on yield of cotton in salty soil and water. Abstracts Proceedings of 7th Iranian Congress of Crop Production and Plant Breeding, Iran 155 pp. (In Persian with English Summary)

19- Prine, G.M. 1969. Grain yields of corn and grain sorghum under different plant populations and row spacing. Soil Crop Science 29: 181-189.

20- Sprague, C.F., and Dudly, J.W. 1998. Corn and Corn improvement. The American Society of Agronomy. 3rd Edition, Medison, Wisconsin. USA 774 pp.

21- Tanveer, S.K., Hussain, I., Sohail, M., Kissan, N.S., and Abbas, S.G. 2003. Effects of different planting methods on yield and yield components of wheat. Asian Journal of Plant Sciences 2: 811- 813.

22- Ti-da, G.E., Fang- Gong-Sui, S.O.I., Ping, B.A.I.L.I., Ying- yan, L.U., and Guang- Sheng, Z. 2006. Effect of water stress on the protective enzymes and lipid peroxidation in roots and leaves of summer maize. Agricaltural Science China 5: 228- 291.

23- Zeia Tabar Ahmadi, M., and Babaeian Jelodar, N. 2002. Plant growth in saline and desert soils. Mazandaran University Press, Mazandaran, Iran 407 pp. (In Persian)

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 2, Summer 2013, p. 198

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 5، شماره 2، تابستان 1392، ص. 198

Effects of biofertilizers and different water volume per irrigation on vegetative characteristics and seed yield of sesame (*Sesamum indicum* L.)

S. Khorramdel[1]*, P. Rezvani Moghaddam[2], A. Amin Ghafouri[3] and J. Shabahang[3]

Submitted: 03-09-2010
Accepted: 19-03-2011

Abstract

In order to study the effects of biofertilizers and different water volume per irrigation on vegetative characteristics and seed yield of sesame (*Sesamum indicum* L.), an experiment was conducted at the Research Greenhouse of Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, during 2009. This experiment was conducted as factorial based on randomized complete block design with three replications. The first and the second factors were biofertilizers (Nitragin, Nitroxin, bio-phosphorus and control) and water volume per irrigation (100, 200 and 300 ml), respectively. The results showed that the simple effects of biofertilizer and irrigation volume were significant ($p\leq0.05$) on plant height, the first internode length, number and dry weight of leaves, dry weight of stem, chlorophyll content and relative water content (RWC) of sesame. Also, interaction between biofertilizer and water volume per irrigation was significant ($p\leq0.05$) plant height and RWC. The maximum and the minimum sesame seed yield were observed in Nitragin and control with 204.4 and 100.0 $kg.m^{-2}$, respectively. The highest seed yield was observed in 100 ml (202.1 $kg.m^{-2}$) and the lowest was achieved with 300 ml (170.1 $kg.m^{-2}$) per irrigation water. Application of biofertilizers enhanced root development and hence availability of moisture and nutrients, particularly nitrogen and phosphorus. On the other hand, since these fertilizers are promote of growth regulator and hence in basement of growth and photosynthesis of sesame. With increasing irrigation volume from 100 to 300 ml, growth of sesame was decreased. Therefore, sesame application of biofertilizers could improve its vegetative characteristics in dry and semi-dry regions.

Keywords: Irrigation volume, Nutrients, Oil seed crop, Water requirement

1, 2 and 3- Assistant Professor, Professor, and PhD student in Agroecology, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: khorramdel@um.ac.ir)

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 2, Summer 2013, p. 199

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 5، شماره 2، تابستان 1392، ص. 199

The effect of organic and biofertilizers on some quantitative characteristics and essential oil content of summer savory (*Satureja hortensis* L.)

P. Rezvani Moghaddam[1]*, A. Aminghafori[2], S. Bakhshaie[2] and L. Jafari[3]

Submitted: 05-09-2010
Accepted: 19-03-2011

Abstract

Plant growth promoting bacteria with various mechanisms such as an increase in uptake and availability of nutrients can improve plant growth. In order to evaluate the effects of biofertilizers and Vermicompost on quantitative characteristics and essential oil content of vegetative parts of summer savory, a field experiment was conducted during growing season of 2008- 2009 at Agriculture Research Station, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. A randomized complete block design with three replications was used. Treatments included: Nitragin, Nitragin+Vermicompost, Nitragin+Nitroxin, Nitragin+Phosphate solublizing bacteria, Nitragin+Phosphate solublizing bacteria+Vermicompost, Nitragin+Phosphate solublizing bacteria+Nitroxin, Nitragin+Nitroxin+Vermicompost and control. Plants were harvested twice at 10% flowering stag. The result showed that biofertilizers and Vermicompost had significant effects ($p \leq 0.01$) on plant height, percentage of leaf and stem, biological yield and essential oil contents of leaves in both harvests. The combination of Nitragin + Nitroxin and Vermicompost and control treatments had the highest and the lowest plant height, percentage of stem and leaf, and biological yield. It seems that seed inoculation with biofertilizers enhanced root development and hence availability of moisture and nutrients, particularly nitrogen and phosphorus. Therefore, summer savory inoculation with biofertilizers could improve some quantitative and essential oil contents.

Keywords: Biological yield, Essential oil, Nitragin, Vermicompost

1, 2 and 3- Professor and PhD student in Agroecology, Center of Excellence for Special Crops, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, and Instructor, Department of Horticulture, University of Hormozgan, respectively.
(*- Corresponding Author Email: rezvani@ferdowsi.um.ac.ir)

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 2, Summer 2013, p. 200

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 5، شماره 2، تابستان 1392، ص. 200

Evaluating the water and energy productivity of irrigated agroecosystems in Kermanshah Province, Iran

M. Yousefi[1*] and A.M. Mahdavi Damghani[2]

Submitted: 23-05-2011
Accepted: 11-12-2011

Abstract

Efficient use of inputs and energy resources is one of the most important principals of sustainable agriculture. For this purpose, water and energy productivity of irrigated agroecosystems of major crops in Kermanshah province were evaluated. The Data was collected via questionnaire through face to face interview of 180 farmers of this province during summer 2010. Results showed that water productivity in alfalfa, corn and wheat agroecosystems were 2.06, 1.05 and 0.9 $kg.m^3$, respectively. Furthermore, energy use efficiency for these crops were 4.29, 2.08 and 3.78. Accordingly, water- energy productivity was 0.08, 0.06 and 0.13 $g.m^3$ kWh for wheat, maize, and alfalfa agroecosystems, respectively. In conclusion, results indicated that in these agroecosystems, energy management should be considered as an important task in terms of efficient and sustainable use of energy in order to reduce environmental footprint in agroecosystems.

Keywords: Energy resource, Environmental footprint, Sustainable development

1 and 2- MSc graduated and Assistant Professor in Agroecology, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, G.C., Tehran, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: m.y126@yahoo.com)

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 2, Summer 2013, p. 201

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 5، شماره 2، تابستان 1392، ص. 201

Evaluation of the environmental impacts of pesticides used in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) production systems in Khorasan provinces

A.B. Bazrgar[1*], A. Soltani [2], A. Koocheki [3], E. Zeinali[4] and A. Ghaemi [5]

Submitted: 31-05-2011
Accepted: 11-11-2011

Abstract

Environmental optimizing of pest management strategies and improving theirs trends towards minimum environmental risks programs is a matter of considerable concern of food scientists particularly in developing countries. This study evaluates the environmental impacts of pesticides consumption based on Environmental Impact Quotient (EIQ) model in different sugar beet (*Beta vulgaris* L.) production systems in Khorasan provinces as the largest producer of this strategic crop in Iran. For this purpose, information of pesticides used in 26 locations of 11 geographic regions in Khorasan provinces, (North, Razavi and South Khorasan provinces) in three types of production systems was gathered: mechanized, semi-mechanized and traditional. In all three production systems, based on EIQ index which uses three risk components: farm worker, consumer and leaching and environment to estimate the relative potential risk of pesticide, the most negative effect of pesticide consumption was on ecosystem organisms as ecological component. Results showed that there is no relationship between sugar beet yield and increasing both diversity of pesticides types and quantity of active ingredients consumption as well. Moreover, granted that increasing in mechanization in sugar beet production caused more environmental load in farm, considering sugar beet yield, mechanized systems resulted in 33% less environmental damage per 1 ton sugar beet produced. Thus, it is expected that there is a possibility to improve ecological function of Khorasan sugar beet production systems without economic loss by substitution or decreasing the use of pesticides. Also, employing more mechanized and more productive systems may reduce environmental hazards in national scale and decrease environmental load due to transportation of non local production in international scale.

Keywords: Ecotoxicity, Environmental impact quotient (EIQ), Environmental load, Human toxicity

1, 2, 3, 4 and 5- Assistant Professor, Department of Agronomy, Neyshabur Branch, Islamic Azad University, Neyshabur, Professor, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Professor, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Assistant Professor, Agronomy, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Assistant Professor in Agronomy, Sugar beet Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research Center, Mashhad, Iran, respectively.
(*Corresponding Author Email: abbarzgar@yahoo.com)

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 2, Summer 2013, p. 202

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 5، شماره 2، تابستان 1392، ص. 202

The effect of soil physiochemical characteristics and field age on agronomic traits of saffron (*Crocus sativus* L.)

E. Azizi[1], M. Jahani Kondori[2] and R. Divan[3]

Submitted: 10-06-2011
Accepted: 11-11-2011

Abstract

In order to Investigation some soil characteristics and filed age effects on flower and corm yield of saffron, an experiment was conducted as factorial based on complete randomized design with five replications in two regions of Neyshabur during growing season 2009-2010. Treatments were included different filed ages (2, 4 and 6 years) and two geographical regions (Eshagh abad and Soltan abad). Different characteristics such as fresh and dry weight of corm, corm number, number of corm sprout and flower and stigma yield of saffron were determined. Soil physical and chemical characteristics such as soil texture, pH and EC were measured. Results showed that effect of filed age on all characteristics was statistically significant. Flower and stigma yield were affected by region and filed age and region interaction significantly. Positive significant regression was shown between field age and parameters such as fresh and dry weight of corm, number of corm sprout and corm number. With increasing field age to 4 years, saffron yield increased and then decreased. Results showed that changes in stigma and flower yield was significantly related to physical and chemical soil criteria (soil texture, EC, pH) characteristics. Significant negative correlations were observed between clay percentage of soil with corm number, corm dry weight, flower and stigma in.

Keywords: Dry weight, EC, pH, stigma, yield

1, 2 and 3- Assistant Professor, Department of Agronomy, Payam Noor University, Expert in Horticulture and MSc Student in Agronomy of Islamic Azad University, Tehran, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: azizi40760@gmail.com)

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 2, Summer 2013, p. 203

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 5، شماره 2، تابستان 1392، ص. 203

Evaluation of land use and suitability for rainfed crops in Roin, North Khorasan

F. Maghami Moghim[1*], A. Karimi[2], G. Haghnia[3] and A. Dourandish[4]

Submitted: 17-03-2012
Accepted: 21-07-2012

Abstract

Classification and utilization of lands based on their capability are necessary for sustainable land use management. The purpose of this study was to identify and grade the effective qualities on the rainfed farming in the Roin area, North Khorasan province, during the year of 2011. Based on field observations and literature review the land qualities including climate, rooting conditions, moisture availability, field workability and land degradation hazard were distinguished and rated as the most effective factors on the rainfed land suitability. To evaluate the land degradation hazard, the variations of soil organic carbon content in north-, south-, west- and east-facing slopes as a result of land use change was measured. In seven sites, 84 soil samples were taken from 0-15 cm soil depth of Back Slope with aspect of north- south- west- and east-facing slopes of rangeland, wheat dry farming and alfalfa dry farming. In addition, 21 soil samples were taken from nearly flat areas (Toe slopes and back slopes) of studied land uses. The results indicated that all aspects except the south-face slopes the amount of soil organic carbon suitable for semiarid regions. In the study area, the climate and qualities related to soil, have no limitations for dry farming. Only field workability and land degradation hazard qualities which are affected by slope and slope aspect are main limitation factors. Based on results the slopes more than 20% and the southern slopes were identified non-suitable for dry farming but the southern slopes were partly suitable for alfalfa dry farming. Considering the mentioned limitations, the areas under dry farming cultivation will be decreased from 1186 to 942 ha. More investigation for new land utilization types is necessary to compensate the negative economic consequences of cultivation land reduction.

Keywords: Land degradation, Land qualities, Qualitative land suitability, Soil organic carbon

1, 2, 3 and 4- MSc Student, Assistant Professor, Professor in Soil Science Department and Assistant Professor in Agricultural Economics Department, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: baran_soil84@yahoo.com)

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 2, Summer 2013, p. 204

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 5، شماره 2، تابستان 1392، ص. 204

Intercropping of kochia (*Kochia scoparia* L.) with blue panic grass (*Panicum antidotale* Retz.) under irrigation with saline water

M.A. Farajian Mashhadi[1]*, M. Kafi[2] and A. Nezami[2]

Submitted: 12-03-2012
Accepted: 21-07-2012

Abstract

Salinity of soil and irrigation water creates major problems for forage production. This study was aimed to evaluate the quality and quantity of forage production in intercropping of kochia (*Kochia scoparia* L.) with blue panic grass (*Panicum antidotale* Retz.) under irrigation with saline water (4.9 $dS.m^{-1}$). The study was performed based on randomized complete block design with three replications during growing season 2010-2011 at Salinity Research Field, of Ferdowsi University of Mashhad. Treatments were five different levels including 100, 75, 50, 25 and 0 percentage of relative composition of the two species. Treatment of 50% blue panic grass and 50% kochia with an average of 1408 $g.m^{-2}$ produced the highest dry matter yield followed by 25% blue panic grass + 75% kochia and 75% blue panic grass + 25% kochia produced 1317 and 993 $g.m^{-2}$, respectively. Due to lower growth rate of blue panic grass in the first year, a large proportion of dry matter in the mixture was associated with kochia and land equivalent ratio was less than one in all intercropping treatments. In the first and the second clippings, there was no significant difference between intercropping treatments in terms of crude protein, ash, NDF and ADF.

Keywords: Acid detergent fiber, Ash, Crude protein, Land equivalent ratio, Neutral detergent fiber, Nutritive value

1 and 2- MSc Graduated, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Center of Excellence of Especial Crops and Professor in the Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*-Corresponding Author Email: m.ali.farajian@gmail.com)

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 2, Summer 2013, p. 205

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 5، شماره 2، تابستان 1392، ص. 205

A comparative assessment of Agrobiodiversity indices in farms, gardens and home gardens (Case study: of Jajrood basin)

A. Ghalegolab Behbahani[1]*, K. Khoshbakht[2], L. Tabrizi[3], A. Davari[4] and H. Vaisi[5]

Submitted: 18-03-2012
Accepted: 22-07-2011

Abstract

Biodiversity consists of wide range diversity such as genetic diversity, species diversity and ecosystem diversity. Nowadays, agrobiodiversity conservation is one the most important aspects of sustainable agriculture. In this research, agrobiodiversity in farmlands, gardens and home garden systems was assessed and compared. In addition the role of home gardens as an effective strategy in In-situ conservation was evaluated. Needed information was obtained by questionnaire method in eight villages in east of Tehran province (Jajrood basin). The questionnaires were completed by 30 percent of households in the area during 2009 and 2010. The result showed that, richness and Shannon indices which were indicators of spices diversity in home gardens were more in farmlands and horticulture ecosystems Results also revealed that in some villages like Siahsang which lots of farmland and garden ecosystems had been disappeared, home gardens were the only conservative systems of species, which indicate the important function of home gardens species conservation. In this study Maranak and Khosroabad villages with 7 and 12 species, respectively in farmland and gardens show had the highest species richness index in agricultural ecosystems.

Keywords: Species diversity, Ecosystem, In-situ conservation, Species richness index, Shannon index

1, 2 and 4- M.Sc. Graduate, Associated Professor and Assistant Professor Department of Agroecology, Environmental sciences research institute (ESRI), Shahid Beheshti University, G.C. Tehran, Iran, respectively.
3- Assistant Professor, Department of Horticulture, College of Agriculture and Environment, Tehran University, Tehran, Iran.
(*-Corresponding Author Email: arash_ghalegolab@gmail.com)

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 2, Summer 2013, p. 206

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 5، شماره 2، تابستان 1392، ص. 206

Effects of drought stress and arbuscular mycorrhizal fungi on some morphophysiological traits and yield of savory (*Satureja hortensis* L.)

B. Esmaielpour [1*], P. Jalilvand [2] and J. Hadian[3]

Submitted: 28-10-2012
Accepted: 10-06-2013

Abstract

Water deficit stress permanent or temporary limits the growth and distribution of natural vegetation and performance of plants more than other environmental factors. In order to investigate the effect of drought stress and mycorrhizal-arbuscular fungi inoculation on the growth and yield of savory (*Satureja hortensis* L.) a factorial experiment based on completely randomized design were conducted in Research Greenhouse of Horticulture Department of Mohaghegh Ardabili University during 2010. Experimental treatments include two species of mycorrhizal-arbuscular fungi, *Glomus etunicatum* and *G. versiformis* and three level of drought stress (100 percent of field capacity as control, 30 and 60 percent of field capacity humidity). Result revealed that 8 weeks after start of drought stress treatments growth parameters such as plant height, number and surface area of leaves, root length, of root, stem and leaves dry weight significantly reduced with increase in drought stress severity. Leaf relative water content reduced by drought significantly. Also, result showed that with increase drought stress, phosphorus content of leaves decreased and potassium content of leaves were raised. Proline content of leaves increased in responses to increases in drought stress. Mycorrhizal fungi inoculation significantly ($p \leq 0.01$) increased vegetative growth indices, relative water content of plants, phosphorus and potassium content of leaf under water deficit condition in comparison to control, but proline content of leaf was decreased. In general, mycorrhizal fungi application improved resistance to drought stress in savory plants.

Keywords: Available phosphorus, Field capacity, Medicinal plant, Potassium, Proline

1, 2 and 3- Assistant Professor and Graduated MSc student in Horticultural Department of Mohaghegh Ardabili University, Assistant Professor in Shahid Behshti University, Iran, respectively.
(*-Corresponding Author Email: behsmaiel@yahoo.com)

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 2, Summer 2013, p. 207

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 5، شماره 2، تابستان 1392، ص. 207

Evaluation the effect of deficit irrigation on growth properties, yield and post harvest quality of two tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars under Mindoab conditions

B. Esmaielpour[1*] and M. Akbari[2]

Submitted: 10-11-2012
Accepted: 10-06-2013

Abstract

Deficit irrigation is an essential optimization method for water consumption in irrigated lands. In order to investigate the effects of deficit irrigation on growth, yield and quality traits of two tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars a factorial layout based on randomized complete block design with three replications was conducted in Agricultural Research Station of Miandoab during growing season 2010-2011. Experimental treatments included two tomato cultivars such as Early urbana l11 and Rio-grand and four deficit irrigation such as 60, 80, 100, 120 mm evaporation from Pan. Results of analysis of variance revealed that the effect of different irrigation levels were significant ($p \leq 0.05$) on plant growth indices such as plant height, number of marketable fruits, fruit weight and length, total yield, soluble solid, chlorophyll, lycopene, Beta carotene and EC of fruits of tomato. The highest value for traits such as plant height (93.7 cm), fruit length (7.65 cm), number of marketable fruit (16.29) fruit weight (174 g) and total yield (8.3 kg) were obtained 60 mm evaporation from pan, while the highest value for postharvest properties such as brix (5.86%) and lycopene (17.10 %) were produced in 120 mm evaporation from pan enhanced post harvest quality of tomato fruits. In general, results of this investigation indicated deficit irrigation led to reduction in vegetative growth parameters and improvement in post harvest quality of assessed tomato cultivars.

Keywords: Beta carotene, Chlorophyll, Evaporation pan, Lycopene

1and 2- MSc student and Assistant Professor in Horticulture Department of Faculty of Agriculture, Mohaghegh Ardabili University of Ardebil, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: behsmaiel@yahoo.com)

Journal of Agroecology
Vol. 5, No. 2, Summer 2013, p. 211

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 5، شماره 2، تابستان 1392، ص. 211

Effects of planting method on agronomic characteristics, yield and yield components of sweet and super sweet corn (*Zea mays* L.) varieties under saline conditions

F. Faridi[1*], M. Ramroudi[2], M. Galavi[3], B.A. Siahsar[2] and S. Khavari Khorasani[4]

Submitted: 19-04-2011
Accepted: 14-10-2012

Abstract

In order to evaluate the effects of planting pattern on morphological, Phonological, yield and yield components of sweet and super sweet corn (*Zea mays* L.) varieties under saline conditions, a field experiment was conducted as split plots based on a randomized complete block design with four replications. Planting pattern in 3 levels included one row in ridge, two row in ridge and furrow planting, as a main plot and varieties in 4 levels sweet corn with 2 types (KSc 403 su, Merit) and super sweet with two types (Basin, obsession) as sub plots. The results showed that planting pattern had significant differences on plant height, ear height, leaf length, leaf width, number of kernel per row, number of rows per ear and 1000-kernel weight. but had no significant effects on the length of tassel, number of leaf/plant, number of leaf per plant above ear, stem diameter, time of anthesis, time of silking, anthesis silking interval (ASI), grain yield, biological yield and harvest index. Different varieties had significant effects on the total characteristics studied except number of leaf above ear and stem diameter. Most of the conservable grain yield and harvest index was in Obsession variety (10 kg and 39%, respectively) and the least was seen in Basin (4 kg and 20%, respectively). The result showed that use of furrow planting pattern for sweet and super sweet corn in saline conditions can effects result in higher yield.

Keywords: Grain yield, Morphological Traits, Planting pattern

1, 2, 3 and 4- MSc student, Assistant Professor, Associate Professor, Zabol University, Assistant Professor, Center of Agricultural Researches and Natural Resources of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: fahimeh_faridi@yahoo.com)