



ارزیابی کشت مخلوط سیر (*Allium sativum* L.) با برخی گیاهان دارویی در شرایط آب و هوایی اهواز

محمود بهادر^{1*}، علیرضا ابدالی مشهدی²، احمد کوچک زاده²، امین لطفی جلال آبادی³ و حبیب الله یوسفیان قهفرخی¹

تاریخ دریافت: 1392/02/03

تاریخ پذیرش: 1392/08/10

چکیده

به منظور ارزیابی قابلیت‌های گیاه دارویی سیر در زراعت مخلوط، آزمایشی در مزرعه گیاهان دارویی دانشگاه رامین خوزستان به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. تیمارها شامل کشت مخلوط سیر با گیاهان دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk.)، سیاهدانه (*Nigella sativa* L.)، زنیان (*Carum copticum* L.)، رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)، همیشه بهار (*Callendula officinalis* L.) و شوید (*Anethum graveolens* L.) به صورت کشت بینابینی به نسبت 50:50 و نیز کشت خالص گیاهان مذکور بود. نتایج نشان داد که بالاترین مزیت نسبی کشت مخلوط سیر با گیاهان دارویی از لحاظ شاخص مجموع ارزش نسبی در کشت مخلوط سیر و همیشه بهار بدست آمد. بیشترین مقدار افزایش عملکرد واقعی مربوط به کشت مخلوط سیر با اسفرزه به میزان 1/78 بود و ترکیب سیر و همیشه بهار با مقدار 1/64 در سطح معنی‌داری پایین‌تر قرار گرفت. کشت خالص سیر با مقدار 7330 کیلوگرم در هکتار و مخلوط آن با زنیان با میانگین 2300 کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین و کم‌ترین میزان عملکرد را دارا بودند، همچنین عملکرد کشت مخلوط سیر و اسفرزه با مقدار 5560 کیلوگرم در هکتار، با تیمارهای دیگر اختلاف معنی‌داری را نشان داد در حالی که در سطح آماری پایین‌تر از تیمار کشت خالص سیر بود. با افزایش تعداد دفعات آبیاری (آب مورد نیاز گیاه همراه) از میزان عملکرد سیر کاسته شد، در حالی که ارتباط مستقیمی بین مجموع ارزش نسبی و تعداد دفعات آبیاری دیده شد. در مجموع کشت مخلوط سیر با اسفرزه و همیشه بهار به دلیل وجود بالاترین مقدار افزایش عملکرد واقعی نسبت به کشت خالص سیر، در منطقه اهواز پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اسفرزه، کشت بینابینی، مجموع ارزش نسبی، نسبت برابری زمین، همیشه بهار

می‌باشد (Jafarnia et al., 2009).

مقدمه

سیر (*Allium sativum* L.) گیاهی حاوی ترکیبات بی‌نظیر گوگردی مانند آلیسین با آثار بسیار مفید بر روی سیستم گردش خون و قلب است. با استناد به گزارش‌های سازمان خوار و بار جهانی (FAO³) سطح زیر کشت جهانی سیر به صورت سالانه رو به افزایش است (FAO, 2008). این گیاه دارای تنوع زیادی در ایران است و خوشبختانه ارزش مواد دارویی سیر ایرانی بیش از مقادیر استاندارد داروشناسی جهانی است. اما میانگین عملکرد سیر در ایران به دلیل عدم مدیریت مناسب و عدم استفاده از روش‌های کشت نوین، کمتر از میانگین عملکرد جهانی آن است (Baghalian et al., 2004). اصلاح روش‌های کشت و اعمال مدیریت‌های جدید می‌تواند به

با افزایش تقاضای مصرف گیاهان دارویی در جهان و محدود بودن ظرفیت منابع طبیعی جهت تولید این گیاهان، پرورش گیاهان دارویی به صورت عمده و تجاری مورد توجه قرار گرفته است. مهم‌ترین فایده کشت و زراعت گیاهان دارویی، جلوگیری از انقراض و نابودی آن‌ها در عرصه طبیعی است. امکان استفاده از ارقام اصلاح شده و دارای عملکرد بالا و مواد مؤثر بیشتر، افزایش میزان برداشت در واحد سطح، کاهش هزینه‌های برداشت، کاهش هزینه‌های انبارداری و خشک کردن از دیگر مزایای پرورش گیاهان دارویی

1 و 2 - به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، استادیار و دانشجوی دکتری زراعت، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

(*) - نویسنده مسئول: (Email: mahmoudbahador@gmail.com)

طبیعی رامین خوزستان واقع در 36 کیلومتری شمال شرقی اهواز و در حاشیه شرقی رودخانه کارون با عرض جغرافیایی 31 درجه و 35 دقیقه و طول جغرافیایی 48 درجه و 53 دقیقه و ارتفاع 25 متر از سطح دریا در سال زراعی 91-1390 اجرا شد. خاک محل آزمایش بافتی رسی - لومی با اسیدیته 8/1 و هدایت الکتریکی 3/1 دسی‌زیمنس بر متر داشت. نتایج آزمون خاک نشان داد که خاک مورد نظر دارای 0/47 درصد مواد آلی، 6/3 میلی‌گرم بر کیلوگرم نیتروژن، هفت میلی‌گرم بر کیلوگرم فسفر و 128 میلی‌گرم بر کیلوگرم پتاسیم بود. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به اجرا درآمد. تیمارها شامل کشت خالص سیر (*Allium sativum* L.)، رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)، شوید (*Anethum graveolens* Dill.)، اسفزه (*Plantago ovata* Forsk.)، همیشه‌بهار (*Callendula officinalis* L.)، زنیان (*Carum copticum* L.) و سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) به همراه کشت مخلوط به نسبت 50:50 سیر با شوید، اسفزه، همیشه‌بهار، زنیان، سیاهدانه و رازیانه بود که به صورت ردیف‌های جابجین بینابینی قرار گرفتند.

هر کرت به طول سه و عرض دو متر و فاصله بین کرت‌ها و بلوک‌ها، یک متر در نظر گرفته شد. در هر کرت فاصله بین دو ردیف کشت سیر 30 سانتی‌متر و فاصله بین دو بوته روی ردیف سیر هفت سانتی‌متر بود. در کشت مخلوط، سیر و هر یک از گیاهان همراه به صورت ردیف‌های جداگانه کشت شدند. جهت مبارزه با علف‌های هرز، یک ماه قبل از کاشت، زمین آبیاری شده و پس از سبز شدن علف‌های هرز، با دیسک زیر خاک برده شدند. علاوه بر آن علف‌های هرز داخل کرت‌ها به صورت دستی وجین گردید، ولی علف‌های هرز بین کرت‌ها به صورت شیمیایی (با استفاده از علف‌کش گراماکسون) کنترل شدند. میزان کود مصرفی طبق آزمون خاک و توصیه بخش تحقیقات آب و خاک استفاده شد. برای کشت سیر از توده دزفول استفاده شد. بذور گیاهان دارویی به صورت همزمان با سیر در تاریخ 11 آبان‌ماه کشت شدند. آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاهان در منطقه انجام شد. به دلیل غیرهمزمان بودن رسیدگی گیاهان دارویی، برداشت در پایان فصل رشد به صورت غیرهمزمان انجام شد. جهت تعیین عملکرد دانه گیاهان همراه در زمان رسیدگی، کل کرت برداشت و عملکرد دانه آن‌ها اندازه‌گیری شد.

با استفاده از روابط زیر، شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط بدست آمد (Banik et al., 2006):

افزایش تولید سیر در کشور بیانجامد و امکان صادرات آن را فراهم آورد.

در کشت مخلوط استفاده ترکیبی از گیاهان مختلف به شکل هندسی پوشش گیاهی این گیاهان وابسته بوده و علاوه بر آن شرایط محیطی، مدیریت، طول دوره رشد گیاه، مسائل اقتصادی و ثبات و پایداری نیز مؤثر می‌باشد (Connolly et al., 2001).

کشت مخلوط عبارتست از تولید دو یا چند محصول به طور همزمان در یک قطعه زمین (Rahimi et al., 2002). بسیاری پژوهشگران، برتری کشت مخلوط را بر کشت خالص گزارش کرده‌اند (Ghanbari Bonjar, 2000). از جمله برتری‌های کشت مخلوط نسبت به کشت خالص می‌توان به افزایش عملکرد (Hashemi-Dezfuli et al., 2000; Mazaheri, 2008; Rahimi et al., 2002) کاهش آفات و بیماری‌ها (Mazaheri, 2008; Rahimi et al., 2002) کاهش رشد علف‌های هرز (Bulsun et al., 1997)، حفاظت خاک (Mazaheri, 2008; Ghanbari Bonjar, 2000)، بهبود راندمان استفاده از منابع (Haymes & Lee, 1999) و کاهش ریسک (Mazaheri, 2008) اشاره کرد. علت افزایش عملکرد در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص می‌تواند در نتیجه استفاده بیشتر از عناصر غذایی و نور (Ghanbari Bonjar, 2000)، کاهش رشد علف‌های هرز (Bulsun et al., 1997)، کاهش رقابت درون گونه‌ای، حمایت گیاهان از یکدیگر (Hashemi-Dezfuli et al., 2000) و یا افزایش راندمان به ازای مصرف هر واحد از منابع (Cabllero et al., 1995) باشد. اگر توانایی اجزای تشکیل‌دهنده کشت مخلوط در نحوه استفاده از منابع محیطی مانند نور و آب متفاوت باشند، از آن منابع به نحو مؤثرتری استفاده می‌کنند (Willey, 1990).

رویکرد جهانی در تولید گیاهان دارویی به سمت استفاده از نظام‌های کشاورزی پایدار و به کارگیری روش‌های مدیریتی آن‌ها نظیر کشت مخلوط به منظور ارتقا عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی می‌باشد. در این راستا، امکان‌پذیری کشت مخلوط سیر با دامنه‌ای از گیاهان دارویی، در شرایط اقلیمی اهواز مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه گیاهان دارویی دانشگاه کشاورزی و منابع

الف - نسبت برابری زمین (LER^1):

معادله (1)

نسبت برابری زمین

$$\frac{\text{عملکرد گیاه همراه در کشت خالص}}{\text{عملکرد گیاه همراه در کشت مخلوط}} + \frac{\text{عملکرد سیر در کشت مخلوط}}{\text{عملکرد سیر در کشت خالص}} =$$

ب - شاخص مجموع ارزش نسبی (RVT^2):

معادله (2)

مجموع ارزش نسبی

$$\frac{(\text{قیمت گیاه همراه} \times \text{عملکرد گیاه همراه}) + (\text{قیمت سیر} \times \text{عملکرد سیر})}{\text{قیمت سیر} \times \text{عملکرد سیر}}$$

پ - شاخص کاهش یا افزایش عملکرد واقعی (AYT):

معادله (3)

$$| \left[LER \times \left(\frac{100}{I_p} \right) - 1 \right] | + \left| \left[LER \times \left(\frac{100}{I_g} \right) - 1 \right] \right| = \text{کاهش یا افزایش عملکرد واقعی}$$

LER: نسبت برابری زمین، I_g : سهم سیر در کشت مخلوط، I_p :

سهم گیاه همراه در کشت مخلوط

ت: شاخص سودمندی کشت مخلوط (IA^3):

معادله (4)

$$\text{سودمندی کشت مخلوط} = \left(\frac{P_g}{P_g + P_p} \right) \times AYT + \left(\frac{P_p}{P_g + P_p} \right) \times AYT$$

 P_g : قیمت هر واحد محصول سیر، P_p : قیمت هر واحد محصولهمراه، AYT : شاخص کاهش یا افزایش عملکرد واقعی.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTATC صورت گرفت، مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد انجام شد. برای ترسیم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

مجموع ارزش نسبی (RVT) در تیمارهای مختلف در شکل 1 نشان داده شده است. همان‌طور که دیده می‌شود مزیت اقتصادی کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی آن فقط در کشت مخلوط سیر و همیشه‌بهار مشاهده شد (شکل 1). کم‌ترین مزیت اقتصادی مربوط

به کشت مخلوط سیر و اسفرزه بود که با بقیه تیمارها تفاوت معنی‌دار نشان داد. نتایج پژوهشی در بررسی کشت مخلوط زعفران با گیاهان دارویی نشان داد که بالاترین شاخص ارزش نسبی در کشت مخلوط زعفران و زنیان بدست آمد (Koocheki et al., 2009). با توجه به تناقض نتایج، می‌توان چنین استنباط کرد که تطابق گیاه زنیان با زعفران بیشتر از گیاه سیر بوده است که احتمالاً به سبب تفاوت در اقلیم، طول فصل رشد، مورفولوژی گیاه، اثرات دگرآسیبی احتمالی و نیز عملیات زراعی متفاوت بوده است.

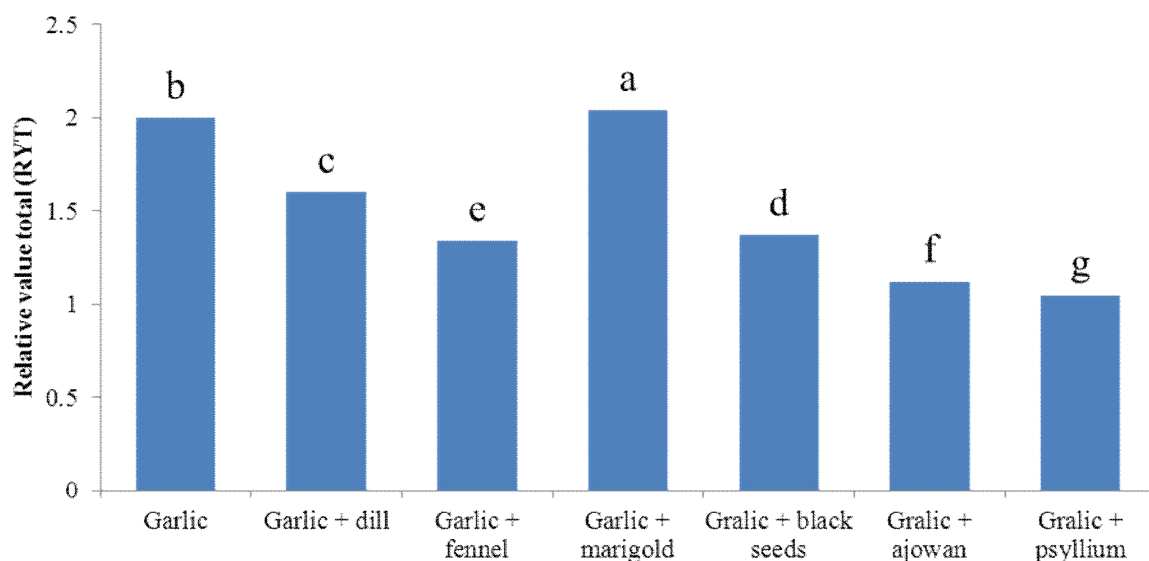
مقدار شاخص نسبت برابری زمین (LER) در همه تیمارهای کشت مخلوط به جز سیر و زنیان، بیشتر از یک بود. بیشترین مقدار این نسبت مربوط به مخلوط سیر با اسفرزه و سیر با همیشه‌بهار به ترتیب با مقادیر $1/39$ و $1/32$ و کم‌ترین آن مربوط به مخلوط سیر و زنیان با مقدار $0/95$ بود. احتمالاً کاهش شدید عملکرد سیر در کشت مخلوط با زنیان، دلیل پایین بودن مقدار شاخص مذکور بوده است (جدول 1).

عملکرد سیر در کشت مخلوط کمتر از کشت خالص آن بود (شکل 2-A). میانگین عملکرد سیر در کشت خالص برابر 7330 کیلوگرم در هکتار بود در حالی که در کشت مخلوط بیشترین عملکرد سیر مربوط به مخلوط سیر و اسفرزه با مقدار میانگین 5560 کیلوگرم در هکتار بود که با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان داد و کم‌ترین عملکرد مربوط به مخلوط سیر و زنیان با میانگین 2300 کیلوگرم در هکتار بود. از آنجا که قدرت رقابت سیر با دیگر گیاهان برای دستیابی به نور ضعیف است (Malek-Mohamadi, 2011)، احتمالاً پوشاندن پوشش گیاهی توسط زنیان در کرت‌های مربوط به مخلوط سیر و زنیان، موجب نرسیدن نور به گیاه سیر و کاهش عملکرد آن در نتیجه کاهش فتوسنتز گیاه شده است. الگوی تغییرات در صفت تعداد سیرچه در سیر که قبلاً به عنوان مهم‌ترین جزء عملکرد سیر از آن نامبرده شده است (Malek-mohamadi, 2011)، مشابه با الگوی تغییر در عملکرد سیر بود (شکل 2-B). به طوری که با افزایش تعداد سیرچه در سیر، عملکرد غده سیر به طور معنی‌داری افزایش یافت. همچنین محاسبه ضریب همبستگی بین صفات عملکرد و تعداد سیرچه در سیر نشان از وجود همبستگی معنی‌دار و مثبت بالا ($0/8$) بین تعداد سیرچه در سیر با عملکرد غده بود که بیان‌گر اهمیت صفت تعداد سیرچه در عملکرد نهایی گیاه سیر می‌باشد.

1- Land Equivalent Ratio

2- Relative Value Total

3- Intercropping Advantage



شکل 1- مجموع ارزش نسبی در تیمارهای کشت خالص و مخلوط سیر
Fig. 1- Relative Value Total in sole cropping and intercropping of garlic

جدول 1- شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط
Table 1- Analyze indices of intercropping

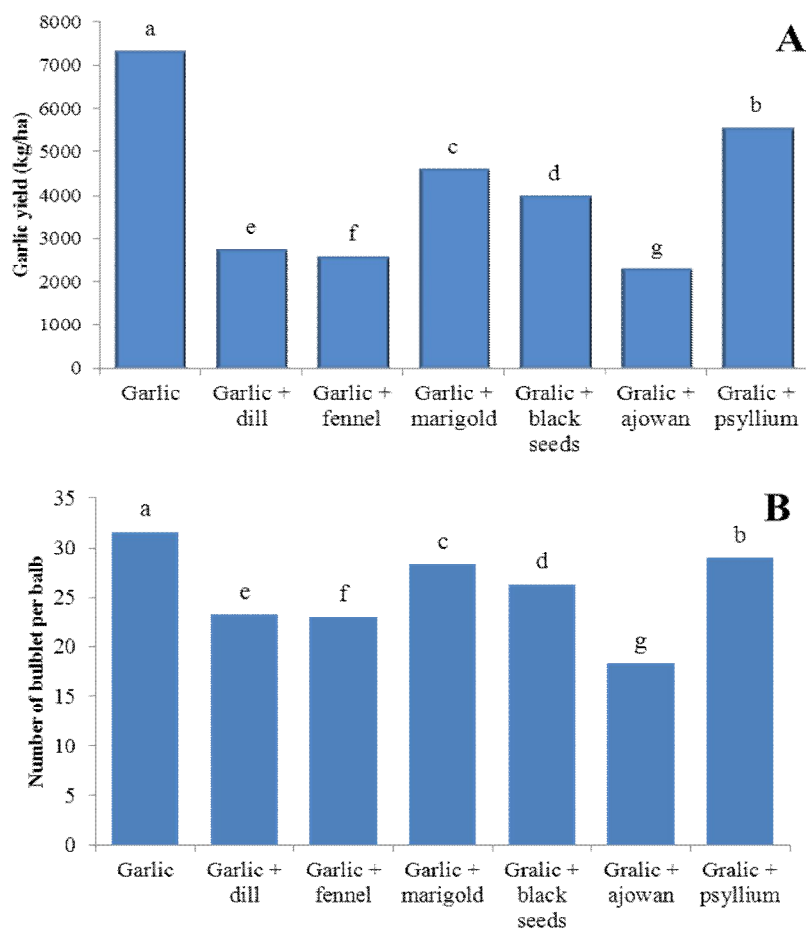
سودمندی کشت مخلوط (IA) Intercropping Advantage (IA)	کاهش یا افزایش عملکرد واقعی (AYL) Actual Yield Total (AYL)	نسبت برابری زمین (LER) Land Equivalent Ratio (LER)	ترکیب مخلوط Inrecropping combination
1.04 d	1.04 d	1.02 d**	سیر + شوید Garlic + dill
1.06 c	1.06 c	1.03 c	سیر + رازیانه Garlic + fennel
1.6 b	1.6 b	1.32 b	سیر + همیشه‌بهار Garlic + marigold
1.04 d	1.04 d	1.02 d	سیر + سیاهدانه Gralic + black seeds
0.9 e	0.9 e	0.9 e	سیر + زنیان Gralic + ajowan
1.7 a	1.7 a	1.39 a	سیر + اسفرزه Gralic + psyllium

** حروف مشابه در هر ستون، نشان‌دهنده عدم معنی‌داری در سطح احتمال 1% بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار هستند.
**Similar letter in each column, show the no significantly in 1% level in LSD test.

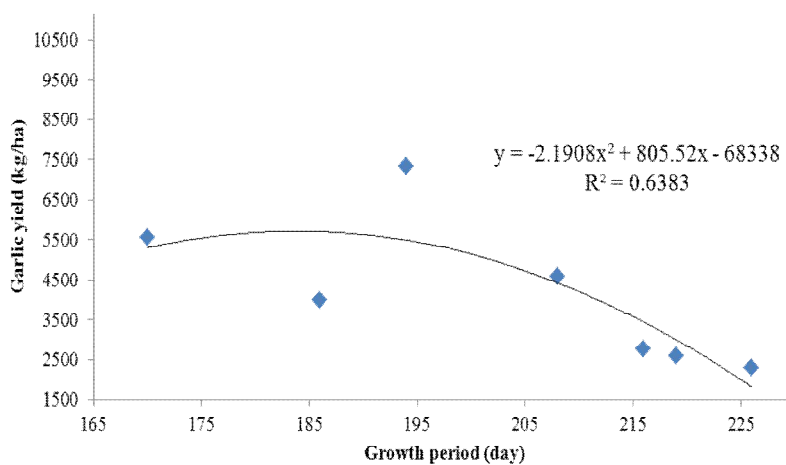
در کشت مخلوط، بر عملکرد سیر تأثیر منفی داشت، به طوری‌که با افزایش این دوره عملکرد سیر کاهش معنی‌داری در سطح اطمینان یک درصد پیدا نمود (شکل 3). از جمله عوامل مؤثر می‌توان به کاهش تراکم سیر در کشت مخلوط نسبت به خالص و نیز مقدار کم عملکرد سیر در کشت مخلوط سیر و زنیان اشاره کرد.

در مجموع بیشترین تعداد سیرچه در سیر در کشت خالص سیر (31/6 عدد) بود که با دیگر تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت و کم‌ترین آن در کشت مخلوط سیر و زنیان (18/3 عدد) حاصل شد (شکل 2-B).

این بررسی نشان داد که افزایش طول دوره رشد گیاه همراه سیر



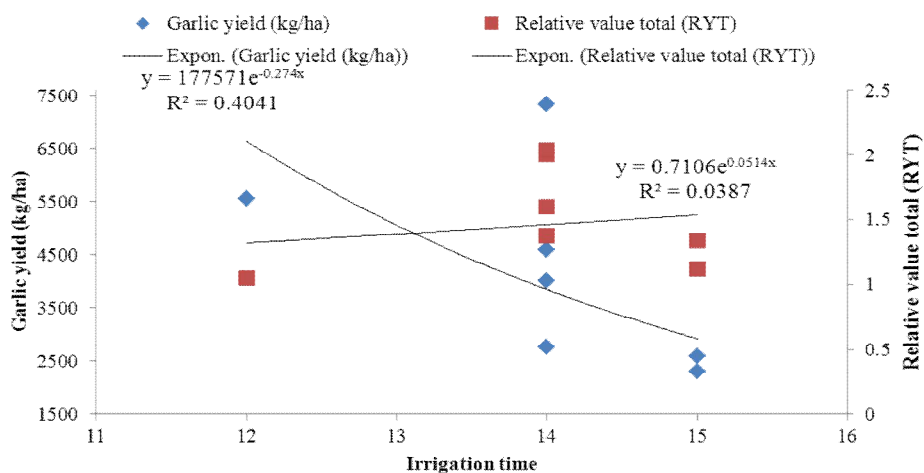
شکل 2- A: عملکرد سیر و B: تعداد سیرچه در سیر در تیمارهای کشت خالص و مخلوط سیر
Fig. 2- A: Garlic yield and B: No. of bulblet per bulb in sole cropping and intercropping of garlic



شکل 3- ارتباط بین عملکرد سیر و دوره رشد گیاه همراه در تیمارهای کشت خالص و مخلوط سیر
Fig. 3- Relationship between garlic yield and growth period

این گیاهان به آب و جلوگیری از رسیدن منابع محیطی به گیاه سیر، موجبات کاهش بیشتر عملکرد سیر را فراهم نموده است (Koocheki et al., 2009) و در نتیجه آن رابطه بین عملکرد و تعداد دفعات آبیاری به صورت منفی مشاهده می‌گردد.

ارتباط بین عملکرد و دفعات آبیاری در سال، در شکل 4 نشان داده شده است. با افزایش تعداد دفعات آبیاری در سال، عملکرد سیر کاهش یافت (شکل 4). با توجه به شکل 2، کاهش عملکرد در کشت مخلوط سیر با زنیان، رازیانه و شوید چشمگیرتر بود. احتمالاً نیاز بیشتر



شکل 4- ارتباط بین عملکرد سیر و مجموع ارزش نسبی (RVT) با دفعات آبیاری در سال در تیمارهای کشت خالص و مخلوط سیر
Fig. 4- Relationship between garlic yield and RVT with irrigation time in year

نتایج این پژوهش نشان داد که گیاهانی مانند زنیان و رازیانه که دارای نیاز آبی بالایی بودند، عملکرد سیر را به شدت کاهش داد، اما به دلیل این که سهم عملکرد بالاتری در کشت مخلوط داشتند، از شاخص ارزش نسبی بیشتری برخوردار بودند. به طور کلی سیر را می‌توان با گیاهانی به صورت مخلوط کشت نمود که دوره رشد کوتاهتری داشته و لذا به تعداد دفعات آبیاری کمتری نیاز دارند. این امر موجب افزایش عملکرد سیر می‌شود، اگرچه شاخص ارزش نسبی (RVT) ممکن است روند متفاوتی را نشان دهد.

همچنین رابطه بین شاخص مجموع ارزش نسبی (RVT) و تعداد دفعات آبیاری در سال نیز در شکل 4 نشان داده شده که در آن با افزایش تعداد دفعات آبیاری، مجموع ارزش نسبی به طور معنی‌دار افزایش یافت (شکل 4). پژوهشگران دلیل آن را افزایش عملکرد گیاه همراه در کشت مخلوط بیان کردند (Koocheki et al., 2009). در این مورد اگرچه عملکرد سیر در کشت مخلوط این گیاه با زنیان (2300 کیلوگرم در هکتار) کم‌ترین مقدار بود ولی از مقدار شاخص ارزش نسبی بالایی (1/12) برخوردار بود.

منابع

- Baghalian, K., Fayazi, S.S., Naghavi, M., and Naghdi-Badi, H. 2004. Evaluation of pre-planting of Iranian garlic ecotypes in Alicine content and morphology. *Journal of Medicinal Plants* 4 (13): 50-59. (In Persian with English Summary)
- Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghose, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in additive series experiment: Advantages and weed smothering. *European. Journal of Agronomy* 24(4): 325-332.
- Bulsun, H.J., Snaydon, R.W., and Stopes, C.W. 1997. Effect of plant density on intercropped wheat and field bean in an organic farming system. *Journal of Agricultural Science* 128: 58-71.
- Cabllero, R., Goiccochea, E.L., and Hernaize, P.J. 1995. Forage yield and quality of common vetch and oat sown at

- varying seeding ratios and seeding rates of vetch. *Field Crop Research* 41(19): 135-140.
- Ceotto, E., and Castelli, F. 2002. Radiation use efficiency in flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum* L.): Response to nitrogen supply, climate variability and sink limitations. *Field Crop Research* 74: 117-130.
- Connolly, J., Goma, H.C., and Rahim, K. 2001. The information content of indicators in intercropping research. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 87: 191-207.
- FAOSTAT.2008. Available at [Http://faostat.fao.org](http://faostat.fao.org).
- Ghanbari Bonjar, A. 2000. Intercropped wheat (*Triticum aestivom*) and bean (*Vicia faba*) as a low-in put forage. PhD Dissertation. Wye College. University of London.
- Hashemi-Dezfuli, S.A., Abdali-Mashhadi, A.R., and Siadat, S.A. 2000. Effect of mix proportion and sowing date on quantity and quality of forage and grain yield in intercropping of corn and sunflower on Ahvaz climatic conditions. *Iranian Journal of Agronomy Science* 2 (2): 1-12. (In Persian with English Summary)
- Haymes, R., and Lee, H.C. 1999. Competition between autumn and spring planted grain intercrops of wheat (*Triticum aestivom*) and field bean (*Vicia faba*). *Field Crop Research* 62: 167-176.
- Jafarnia, S., Khosroshahi, S., Safaei-Khoram, M., Zahmatkeshan-Torghabe, A., and Madah-Yazdi, W. 2009. Culture of medicinal and aromatic plants. Mashhad of Nashr-e-Sokhan Publication, Mashhad, Iran. 168 pp. (In Persian)
- Koocheki, A., Najibnia, S., and Lalegani, B. 2009. Evaluation of saffron yield (*Crocus sativus* L.) in intercropping with cereals, pulses and medicinal plants. *Iranian Agronomy Researches Journal* 7(1): 173-182. (In Persian with English Summary)
- Malek-mohamadi, M. 2011. Evaluation effect of different mulch on quantity and quality yield of garlic populations. MSc Dissertation, Faculty of Agriculture, Ramin Agriculture and Natural Resources University, Ahwaz, Iran. (In Persian with English Summary)
- Mazaheri, D. 2008. Intercropping (Second Ed.). Tehran University Publication, Tehran, Iran 160 pp. (In Persian)
- Rahimi, M.M., Mazaheri, D., Khodabande, N., and Heidari-Sharifabad, M. 2002. Evaluation of yield and yield components in intercropping of maize and soybean. *Journal of Pajouhesh and Sazandegi* 55: 45-51. (In Persian with English Summary)
- Willey, R.W. 1990. Response use in intercropping systems. *Agriculture and Water Management* 17: 215-231.