نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 4، زمستان 1398، ص 1496-1483

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.4, Winter 2020, p. 1483-1496

تعیین بهترین عرض نوار در کشت مخلوط ردیفی کنجد (*Sesamum indicum* L.) و کتان (*Linum usitatissimum* L.) و تأثیر آن بر عملکرد، اجزای عملکرد و جمعیت علف‌های هرز

علیرضا کوچکی[1*]، فرنوش فلاح‌پور[2] و افسانه امین غفوری[2]

تاریخ دریافت: 1392/09/24
تاریخ پذیرش: 1392/11/04

کوچکی، ع.، فلاح‌پور، ف. و امین غفوری، ا. 1398. تعیین بهترین عرض نوار در کشت مخلوط ردیفی کنجد (*Sesamum indicum* L.) و کتان (*Linum usitatissimum* L.) و تأثیر آن بر عملکرد، اجزای عملکرد و جمعیت علف‌های هرز. بوم‌شناسی کشاورزی، 11 (4): 1496-1483.

چکیده

به‌منظور تعیین بهترین عرض نوار در کشت مخلوط ردیفی کنجد (*Sesamum indicum* L.) و کتان (*Linum usitatissimum* L.) آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد در دو سال زراعی 89- 1388 و 90- 1389 اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل چهار الگوی مخلوط ردیفی (یک ردیف کنجد+ یک ردیف کتان (1:1)، دو ردیف کنجد+ دو ردیف کتان (2:2)، سه ردیف کنجد+ سه ردیف کتان (3:3) و چهار ردیف کنجد+ چهار ردیف کتان (4:4)) و کشت خالص کنجد و کتان بود. صفات مورد مطالعه شامل تراکم و وزن خشک علف‌های هرز و عملکرد و اجزای عملکرد دو گیاه بود. نتایج نشان دادند که اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط بر وزن خشک و تراکم علف‌های هرز معنی‌دار بود. بیش‌ترین و کم‌ترین وزن خشک علف‌های هرز به‌ترتیب در تیمار کشت خالص کتان (832/1 گرم در مترمربع) و کشت مخلوط دو ردیفی (41/66 گرم در مترمربع) مشاهده شد. بالاترین عملکرد بیولوژیکی کنجد در کشت خالص (با 9508/7 کیلوگرم در هکتار) و در کتان در کشت خالص و الگوی مخلوط دو ردیفی (به‌ترتیب با 3987/3 و 3521/7 کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد. حداکثر عملکرد دانه نیز در هر دو گیاه (به‌ترتیب در کنجد و کتان 4876/3 و 2122/12 کیلوگرم در هکتار) در کشت خالص حاصل شد. نسبت برابری زمین در الگوهای مختلف بین 1/34- 0/68 متغیر بود و بیش‌ترین مقدار در الگوی دو ردیفی مشاهده شد. به‌علاوه کشت مخلوط با افزایش تنوع، باعث کاهش تعداد و وزن خشک علف‌های هرز گردید و به‌طور کلی بهترین نتایج در الگوی دو ردیف کنجد+ دو ردیف کتان مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، فراوانی نسبی، نسبت برابری زمین

مقدمه

در ایران از مجموع 1700 گونه گیاه دارویی و صنعتی شناخته شده تنها حدود 300- 200 گونه مورد بررسی قرار گرفته‌اند و از این میان تنها تعداد محدودی گیاه دارویی در حال حاضر در مزارع کشت می‌شوند (Emad, 1999) که از جمله دلایل آن می‌توان عدم شناخت کافی از خصوصیات گیاهی آن‌ها و هم‌چنین عدم مطالعه چگونگی کشت‌وکار این گیاهان در بوم‌نظام‌های کشاورزی مدرن را نام برد. این عوامل باعث شده است که بسیاری از گیاهان دارویی که سرمایه‌های این کشور هستند و طی سالیان طولانی با شرایط اقلیمی ایران سازگاری یافته‌اند، به‌تدریج به‌دست فراموشی سپرده شده و از بوم‌نظام‌های کشاورزی حذف شوند و جای خود را به گیاهان صنعتی و وارداتی دهند. از جمله آن‌ها می‌توان به دو گیاه کنجد (*Sesamum indicum* L.) و کتان (*Linum usitatissimum* L.) اشاره کرد که علاوه بر کاربردهایی که در طب سنتی دارند، در حال حاضر می‌توان از آن‌ها در جهت تولید روغن‌های گیاهی ارزشمند بهره جست. کنجد یکی از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی و احتمالاً از جمله کهن‌ترین نباتات

1 و 2- به‌ترتیب استاد و دانش‌آموخته دکتری اگرواکولوژی، گروه اگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: akooch@um.ac.ir
Doi: 10.22067/jag.v11i4.29585

روغنی جهان است. دانه کنجد با توجه به نوع رقم و شرایط محیطی دارای حدود 45 تا 62 درصد روغن و 19 تا 25 درصد پروتئین است (Roebbelen, 1989). کتان روغنی نیز با روندی تدریجی و روبه‌رشد به‌عنوان یک ماده مغذی در حال ورود به چرخه غذایی جهان است. روغن دانه این گیاه دارای غنی‌ترین منبع اسیدهای چرب غیراشباع امگا 3 است (حدود 57 درصد) که بیش از دو برابر اسید چرب موجود در روغن ماهی می‌باشد (Ranjzad, 2008).

به‌علاوه در سال‌های اخیر به‌منظور دستیابی به عملکرد بالاتر گرایش به مصرف نهاده‌های شیمیایی در مزارع افزایش یافته است. این ترکیبات علاوه‌بر این‌که به‌صورت مستقیم اثرات منفی بر انسان و محیط زیست دارند می‌توانند اثرات منفی نیز بر کمّیت و کیفیت ترکیبات مؤثره گیاهان دارویی داشته باشند. لذا بهره‌گیری از اصول اکولوژیک در کشت این گیاهان از جمله استفاده از بوم‌نظام‌های مختلف کشت مخلوط به‌منظور کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی و افزایش کارایی مصرف این گیاهان از شرایط محیطی با ایجاد روابط تسهیل‌کنندگی بین گیاهان امری ضروری می‌باشد (Kiari Saidou et al., 2010).

کشت مخلوط یکی از مؤلفه‌های کشاورزی پایدار محسوب می‌شود. این نوع کشت ثبات و پایداری در عملکرد، استفادهٔ مؤثر از منابع موجود از قبیل آب و عناصر غذایی و کاهش استفاده از نهاده‌های خارجی را بهبود می‌بخشد (Carruthers et al., 2000). از سوی دیگر در کشت‌های مخلوط اعتقاد بر این است که از طریق افزایش جذب نور در نتیجه پوشش بیش‌تر سطح خاک سبب افزایش بهره‌وری سیستم‌های زراعی می‌شوند (Awal et al., 2006). در تحقیق هربرت و همکاران (Herbert et al., 1984)، در رابطه با مقایسه کشت مخلوط و کشت خالص ذرت (*Zea mays* L.) و سویا (*Glycine max* L.) نشان داده شد که گیاه ذرت در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص وزن خشک بیش‌تری تولید نمود، در حالی‌که سویا از این لحاظ در کشت خالص برتری داشت. نتایج برخی از تحقیقات (Liebman & Davis, 2000; Zimdahl, 2007) نشان داده است که در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص، گیاهان از منابع به‌طور مؤثرتری استفاده می‌کنند و مقدار منبع قابل دسترس برای علف‌های هرز کاهش می‌یابد. از طرف دیگر، کشت مخلوط با سایه‌اندازی، خفه کردن و خواص آللوپاتیک از رشد و گسترش گونه‌های مختلف علف‌های هرز جلوگیری می‌کند. محققین زیادی سیستم کشت مخلوط را به‌عنوان ابزار کاربردی جهت مدیریت علف‌های هرز و کاهش مصرف سموم در کشاورزی زیستی پیشنهاد کرده‌اند (Liebman & Davis, 2000). به‌علاوه تحقیقات متعدد نشان داده است که استفاده مناسب از بوم‌نظام‌های کشت مخلوط باعث افزایش عملکرد گیاهان نسبت به کشت خالص خواهد شد (Hauggaard-Nielsen, 2006).

از آن‌جا که تحقیقات چندانی در مورد کشت مخلوط ردیفی کنجد و کتان در کشور انجام نشده است، لذا این آزمایش با هدف بررسی اثر کشت مخلوط ردیفی کنجد و کتان بر عملکرد دو گیاه و تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز و تعیین بهترین عرض نوار در شرایط آب‌وهوایی مشهد اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تراکم، زیست‌توده و نوع علف‌های هرز در کشت مخلوط ردیفی کنجد و کتان، آزمایشی در دو سال زراعی 89- 1388 و 90- 1389 در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در 10 کیلومتری شرق مشهد (با طول جغرافیایی 59 درجه و 23 دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی 36 درجه و 15 دقیقه عرض شمالی و ارتفاع 985 متر از سطح دریا) اجرا شد. بافت خاک محل اجرای آزمایش سیلتی لومی بود. تیمارهای آزمایش شامل چهار الگوی مخلوط ردیفی (یک ردیف کنجد و یک ردیف کتان (1:1)، دو ردیف کنجد و دو ردیف کتان (2:2)، سه ردیف کنجد و سه ردیف کتان (3:3) و چهار ردیف کنجد و چهار ردیف کتان (4:4)) و کشت خالص کنجد و کتان بود.

عملیات کاشت کنجد و کتان به‌صورت هم‌زمان و در نیمه اردیبهشت ماه هر سال بر روی ردیف‌هایی با طول سه متر و فاصله بین ردیف 75 سانتی‌متر انجام شد. برای دستیابی به تراکم‌های مورد نظر، 20 بوته در مترمربع کنجد (Rahnama & Bakhshandeh, 2006) و 500 بوته در مترمربع کتان (Tadayon et al., 2013)، گیاهان در مرحله چهار الی شش برگی تنک شدند. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی به فاصله هر هفت روز یک‌بار انجام شد.

به‌منظور مقایسه الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی کنجد و کتان از نظر ترکیب، تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز، نمونه‌برداری

از جمعیت علف‌های هرز در چهار نوبت انجام گرفت. جهت فراهم شدن امکان رشد دو گیاه زراعی، به‌مدت یک ماه پس از کاشت، علف‌های هرز در تمام تیمارها در دو نوبت وجین شدند و پس از آن کنترلی در رابطه با علف‌های هرز صورت نگرفت و نمونه‌برداری علف‌های هرز هر دو هفته یک‌بار انجام شد. بدین منظور با استفاده از کوادراتی به ابعاد 0/5×0/5 مترمربع از سه محل تصادفی از هر کرت نمونه‌برداری انجام شد. تمام علف‌های هرز پس از شمارش به تفکیک گونه شناسایی شدند و پس از انتقال به آزمایشگاه جهت اندازه‌گیری زیست‌توده، نمونه‌ها به‌مدت 48 ساعت در آون با دمای 75 درجه سانتی‌گراد خشک و سپس با ترازوی با دقت 0/01 گرم وزن شدند.

پس از پایان دوره رشدی گیاهان هر کرت با حذف اثرات حاشیه‌ای برداشت شدند و پس از خشک شدن در دمای اتاق عملکرد و اجزای عملکرد آن‌ها برآورد گردید. برای ارزیابی کشت مخلوط کنجد و کتان در مقایسه با کشت خالص شاخص نسبت برابری زمین[1] (بر اساس عملکرد اقتصادی) طبق معادله زیر محاسبه شد (Gliessman, 1998).

معادله (2)
$$LER = \sum \frac{Ypi}{Ymi}$$

در این معادله، Ypi: عملکرد هر گیاه در کشت مخلوط و Ymi: عملکرد هر گیاه در کشت خالص می‌باشد.

تجزیه داده‌ها به‌صورت تجزیه مرکب و با استفاده از نرم‌افزار SAS ver. 9.1 انجام شد و مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد و بر اساس آزمون LSD صورت گرفت.

نتایج و بحث

تراکم نسبی علف‌های هرز

تراکم نسبی گونه‌های مختلف علف‌هرز مشاهده شده در الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی کنجد و کتان در چهار مرحله نمونه‌برداری در جدول 1 نشان داده شده است.

همان‌گونه که در جدول 1 ملاحظه می‌شود، در الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی کنجد و کتان مجموعاً 10 گونه علف هرز مشاهده شد که شامل تاج خروس ایستاده (*Amaranthus retroflexus* L.)، تاج خروس خوابیده (*Amaranthus blitoides* S. Watson)، تاجریزی (*Solanum nigrum* L.)، خرفه (*Portuluca oleracea* L.) و سلمه (*Chenopodium album* L.) از علف‌های هرز یک‌ساله پهن برگ، سوروف (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.) و علف خرچنگ (*Digitaria sangunalis* (L.) Scop.) از علف‌های هرز یک‌ساله باریک‌برگ، پیچک (*Convolvulus arvensis* L.) از علف‌های هرز چندساله پهن‌برگ و اویار سلام (*Cyperus rotundus* L.) از علف‌های هرز چندساله باریک‌برگ بودند. در مرحله اول و سوم نمونه‌برداری سلمه‌تره با دامنه تراکم نسبی به‌ترتیب 27/27- 16/67 و 31/25- 10/12 درصد بیش‌ترین فراوانی نسبی را در مقایسه با سایر گونه‌ها داشت. در مرحله چهارم نمونه‌برداری نیز خرفه با دامنه 21/08- 12/00 درصد فراوان‌ترین گونه مشاهده شده در مقایسه با سایر گونه‌های علف هرز بود (جدول 1).

از نظر تعداد گونه علف‌هرز مشاهده شده، الگوهای کشت کنجد خالص و کشت مخلوط دو ردیف کنجد+ دو ردیف کتان به‌ترتیب با میانگین نه و پنج گونه علف هرز در طول فصل رشد، بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد گونه را به خود اختصاص دادند (جدول 1). تعداد علف‌های هرز پهن‌برگ با هشت گونه بیش‌تر از باریک‌برگ‌ها با چهار گونه بود. از نظر چرخه زندگی نیز یک‌ساله‌ها با هشت گونه در مقایسه با چندساله‌ها با سه گونه از تنوع بالاتری برخوردار بودند. از آن‌جاکه علف‌های هرز یک‌ساله دارای توان بازیابی و قابلیت تکثیر سریع بعد از شخم و تخریب می‌باشند و هم‌چنین ویژگی‌های مشابهی با گیاهان زراعی یک‌ساله دارند، لذا قابل انتظار است که فراوانی و تراکم نسبی این گونه‌ها در بوم‌نظام‌های زراعی به مراتب بالاتر از گونه‌های چندساله باشد (Liebman & Davis, 2000).

هم‌چنین، به نظر می‌رسد که کشت مخلوط با افزایش تنوع، آشیان‌های کم‌تری را در اختیار علف‌های هرز قرار داده که این امر منجر به کاهش تعداد گونه علف هرز در واحد سطح شده است. نتایج بررسی‌های محققین زیادی نیز کاهش تعداد گونه علف‌هرز را در شرایط کشت مخلوط نسبت به خالص تأیید کرده است (Liebman & Davis, 2000; Rajsawara, 2002; Zimdahl, 2007; Fernandez-Aparicio et al., 2008). باومان (Baumann, 2000) کشت مخلوط تره‌فرنگی (*Allium fistulosum* L.) و کرفس (*Apium graveolens* L.) را برای رقابت با علف‌های هرز و توقف رشد و تولید بذر توسط آن‌ها پیشنهاد کرد. وی هم‌چنین در تحقیقی دیگر، این مخلوط را به‌عنوان یک استراتژی طولانی‌مدت جهت مدیریت علف‌هرز زلف پیر (*Senecio vulgaris*) معرفی کرد.

1- Land E1- Land Quivalent Ratio (LER)

جدول 1- تراکم نسبی گونه‌های علف‌هرز در مراحل مختلف نمونه‌برداری در الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی کنجد و کتان

Table 1- The effect of row intercropping patterns of sesame and flax on relative density of weed species in different sampling stages

گونه‌های علف هرز Weed species	خانواده Family	سیکل رویشی Life cycle	الگوهای کشت مخلوط Intercropping patterns				کشت خالص Monoculture	
			1:1	2:2	3:3	4:4	کنجد Sesame	کتان Flax
مرحله اول نمونه‌برداری First sampling stage								
تاج خروس خوابیده *Amaranthus blitoides* S. Watson	تاج خروس Amaranthaceae	AB*	16.67	18.18	18.75	25.00	10.26	4.88
تاج خروس ایستاده *A. retroflexus* L.	تاج خروس Amaranthaceae	AB	25.00	9.09	6.25	-	5.13	12.20
سلمه *Chenopodium album* L.	اسفناجیان Chenopodiaceae	AB	16.67	27.27	25.00	18.75	17.95	21.95
پیچک *Convolvulus arvensis* L.	پیچک Convolvulaceae	PB	-	-	-	6.25	7.69	21.95
اویار سلام *Cyperus rotundus* L.	جگنیان Cyperaceae	PG	12.50	18.18	18.75	12.50	-	-
علف خرچنگ *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.	گندمیان Poaceae	AG	-	-	-	-	20.51	9.76
سوروف *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.	گندمیان Poaceae	AG	8.33	-	18.75	18.75	12.82	9.76
خرفه *Portulaca oleracea* L.	خرفه Portulaceae	AB	16.67	18.18	12.50	18.75	17.95	19.51
تاجریزی *Solanum nigrum* L.	بادنجانیان Solanaceae	AB	-	-	-	-	7.69	-
مرحله دوم نمونه‌برداری Second sampling stage								
تاج خروس خوابیده *Amaranthus blitoides* S. Watson	تاج خروس Amaranthaceae	AB	23.02	16.18	11.79	20.69	15.36	15.00
تاج خروس ایستاده *A. retroflexus* L.	تاج خروس Amaranthaceae	AB	-	-	-	-	4.55	5.00
سلمه *Chenopodium album* L.	اسفناجیان Chenopodiaceae	AB	9.00	17.36	36.91	12.12	10.76	21.25
پیچک *Convolvulus arvensis* L.	پیچک Convolvulaceae	PB	6.17	20.56	-	6.06	-	9.38
اویار سلام *Cyperus rotundus* L.	جگن Cyperaceae	PG	17.05	17.18	10.79	20.34	-	7.50
علف خرچنگ *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.	گندمیان Poaceae	AG	10.79	-	-	-	6.82	-
خاکشیر *Descurainia Sophia* L.	شب‌بو Brassicaceae	PB	-	-	13.64	-	7.32	-
سوروف *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.	گندمیان Poaceae	AG	5.26	-	7.34	17.24	16.36	8.00
شاهتره *Fumaria* spp. L.	شاهتره Fumariaceae	AB	14.00	-	-	-	5.88	9.50
خرفه *Portuluca oleracea* L.	خرفه Portulaceae	AB	14.79	28.72	12.03	24.14	25.18	10.50

تاجریزی *Solanum nigrum* L.	بادنجانیان Solanaceae	AB	-	-	4.90	-	8.55	13.50
مرحله سوم نمونه‌برداری Third sampling stage								
تاج خروس خوابیده *Amaranthus blitoides* S. Watson	تاج خروس Amaranthaceae	AB	10.50	16.38	14.79	6.88	13.15	7.41
تاج خروس ایستاده *A. retroflexus* L.	تاج خروس Amaranthaceae	AB	12.50	-	9.26	-	15.18	15.11
سلمه *Chenopodium album* L.	اسفناجیان Chenopodiaceae	AB	31.25	17.69	21.05	16.65	10.12	16.52
پیچک *Convolvulus arvensis* L.	پیچک Convolvulaceae	PG	-	6.30	-	5.88	9.12	-
اویار سلام *Cyperus rotundus* L.	جگن Cyperaceae	PG	-	15.38	-	-	10.15	-
علف خرچنگ *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.	گندمیان Poaceae	AG	12.50	-	5.26	7.56	12.12	7.41
سوروف *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.	گندمیان Poaceae	AG	20.75	21.38	16.79	49.02	11.06	17.52
خرفه *Portulaca oleracea* L.	خرفه Portulaceae	AB	-	23.08	24.32	14.65	11.12	17.11
تاجریزی *Solanum nigrum* L.	بادنجانیان Solanaceae	AB	8.25	-	9.45	-	7.12	14.52
مرحله چهارم نمونه‌برداری Fourth sampling stage								
تاج خروس خوابیده *Amaranthus blitoides* S. Watson	تاج خروس Amaranthaceae	AB	20.00	14.38	7.63	10.00	22.00	10.29
تاج خروس ایستاده *A. retroflexus* L.	تاج خروس Amaranthaceae	AB	18.00	-	13.38	-	10.00	13.29
سلمه *Chenopodium album* L.	اسفناجیان Chenopodiaceae	AB	16.00	16.79	14.08	11.05	13.57	-
پیچک *Convolvulus arvensis* L.	پیچک Convolvulaceae	PG	-	13.79	7.69	8.76	7.14	20.92
اویار سلام *Cyperus rotundus* L.	جگن Cyperaceae	PG	-	-	-	-	-	7.14
علف خرچنگ *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.	گندمیان Poaceae	AG	-	9.69	15.38	10.00	10.00	16.29
سوروف *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.	گندمیان Poaceae	AG	25.00	24.32	18.08	23.33	16.14	-
خرفه *Portulaca oleracea* L.	خرفه Portulaceae	AB	-	21.08	12.38	18.00	12.00	18.43
تاجریزی *Solanum nigrum* L.	بادنجانیان Solanaceae	AB	20.00	-	11.38	17.00	10.00	15.29

* چندساله پهن‌برگ: PB، چندساله باریک‌برگ: PG، یک‌ساله باریک‌برگ: AG، یک‌ساله پهن‌برگ: AB

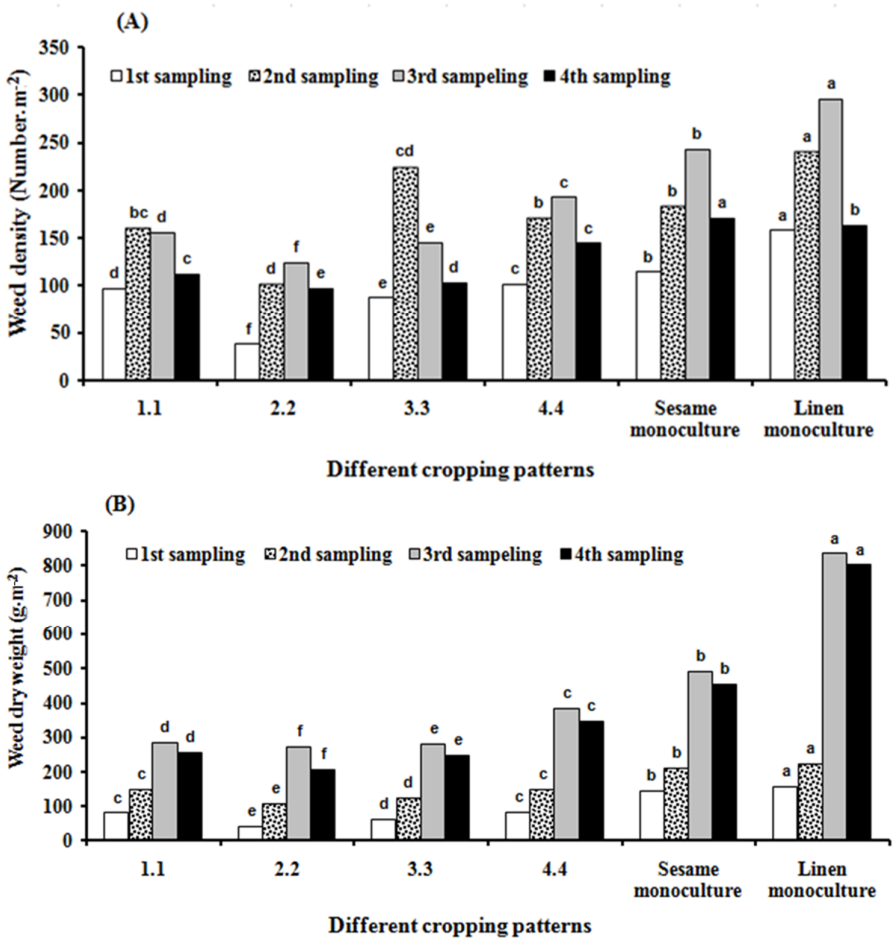
* PB: Perennial broad Leaves, PG: Perennial grasses, AG: Annual grasses and AB: Annual broad Leaves

در کشت مخلوط گونه‌های شبدر، تمام گونه‌های شبدر به‌جز شبدر زیرزمینی، علف‌های هرز را به‌طور قابل توجهی کنترل کردند (Hauggaard-Nielsen et al., 2006). سالومان (Salomon, 1990) نیز گزارش کرد که مخلوط ذرت و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) به‌خوبی با علف‌های هرز رقابت می‌نماید. در تحقیقاتی که طی سال‌های 1996 تا 1999 میلادی روی سیستم‌های کشت مخلوط در کنیا انجام شد ملاحظه گردید که کشت مخلوط در کنترل یکپارچه علف جادو (*Striga hermonthica* L.) مؤثر بود و باعث شد

تولید محصول بین 40 تا120 درصد بسته به شرایط اگرو اکولوژیک منطقه افزایش یابد (Oswald et al., 2002).

تراکم و وزن خشک علف‌های هرز

اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی بر تراکم علف‌های هرز در مراحل مختلف نمونه‌برداری در در دو سال اجرای آزمایش در شکل1 نشان داده شده است. الگوی کاشت ردیفی کنجد و کتان اثر معنی‌داری ($p\leq 0/01$) بر تراکم علف‌های هرز در مراحل مختلف نمونه‌برداری داشت (شکل 1). کم‌ترین و بیش‌ترین تراکم علف‌های هرز در مرحله اول، دوم، سوم و چهارم نمونه‌برداری به‌ترتیب در الگوی دو ردیف کنجد + دو ردیف کتان (37/44، 102/01، 123/77 و 97/3 بوته در مترمربع) و کشت خالص کتان (157/89، 240/67، 295/55 و 163/33 بوته در مترمربع) مشاهده شد (شکل 1- الف). همان‌گونه که بیان شد کشت مخلوط با افزایش تنوع باعث کاهش تراکم نسبی و تعداد گونه علف هرز شد (جدول 1) و به تبع آن تراکم آن‌ها در واحد سطح کاهش یافت. فرناندز آپاریکو و همکاران (Fernandez-Aparicio et al., 2008) نیز گزارش کردند که کشت مخلوط شنبلیله با بقولات باعث کاهش تعداد و تراکم علف‌های هرز در مقایسه با کشت خالص شد.



شکل 1- اثر الگوهای کشت مخلوط کنجد و کتان بر (A) تراکم و (B) وزن خشک علف‌های هرز در مراحل مختلف نمونه‌برداری

Fig. 1- The effect of intercropping patterns of sesame and flax on (A) weed density and (B) weed dry weight in different sampling stages

میانگین‌های دارای حروف مشترک برای هر مرحله در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means with the same letters in each figure are not significantly difference at the 5% probability level by using LSD test.

گومز و گورویچ (Gomez & Gurevitch, 1998) با بررسی اثر کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و سویا (*Glycine max* L.) بر کنترل علف‌های هرز دریافتند که کشت مخلوط این دو گیاه به‌دلیل پوشش بهتر و متراکم‌تر بر سطح زمین باعث افزایش قدرت رقابت گیاهان زراعی برای استفاده از نور، آب و سایر منابع محیطی در مقایسه با کشت خالص شده که در نهایت، باعث کاهش تنوع و تراکم علف‌های هرز در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص شد.

اثر الگوهای مختلف کشت بر وزن خشک علف‌های هرز در مراحل مختلف نمونه‌برداری معنی‌دار ($p\leq 0/01$) بود، به‌طوری‌که کشت مخلوط باعث کاهش وزن خشک علف‌های هرز در مقایسه با کشت خالص شد (شکل 1- ب).

بیش‌ترین وزن خشک علف‌های هرز در مرحله اول، دوم، سوم و چهارم نمونه‌برداری در کشت خالص کتان (به‌ترتیب 156/53، 221/83، 832/1 و 801/5 گرم در مترمربع) و کم‌ترین میزان آن در الگوی دو ردیفی (به‌ترتیب با 41/66، 106/56، 273/9 و 208/02 گرم در مترمربع) به‌دست آمد (شکل 1- ب). با توجه به کاهش تعداد (جدول 1) و تراکم گونه‌های مختلف علف‌هرز (شکل 1- الف) در شرایط مخلوط در مقایسه با کشت خالص، کاهش وزن خشک علف‌های هرز منطقی به نظر می‌رسد. هم‌چنین کم‌تر بودن تعداد (جدول 1) و تراکم گونه‌های علف هرز (شکل 1- الف) در مراحل مختلف نمونه‌برداری در کشت خالص کنجد در مقایسه با کشت خالص کتان باعث کاهش وزن خشک آن‌ها در مراحل مختلف نمونه‌برداری شد.

گزارش‌های متعددی تأثیر کشت مخلوط بر کنترل علف هرز را مثبت ارزیابی کرده‌اند. نتایج تحقیقات متعدد لیبمن و دیک (Libman & Dik, 1998) نشان دادند که کشت مخلوط گیاهان نسبت به خالص باعث کاهش معنی‌دار زیست‌توده علف‌های هرز در مقایسه با کشت خالص شد. نتایج بررسی‌های عزیزی (Azizi, 2009) نیز نشان داد که تغییر در ترکیب گونه‌های زراعی اثر معنی‌داری بر وزن خشک علف‌های هرز داشت و با افزایش تنوع گیاهی، وزن خشک علف‌های هرز کاهش یافت، به‌طوری‌که کم‌ترین وزن خشک علف‌های هرز در ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط مشاهده شد. مظاهری (Mazaheri, 1998) گزارش کرد کشت مخلوط تیمار 100٪ تراکم مطلوب ذرت همراه با 50٪ تراکم مطلوب لوبیا نسبت به تک‌کشتی ذرت بدون و جین، وزن خشک علف‌های هرز را 21/3٪ کاهش داده است.

فرناندز آپاریکو و همکاران (Fernandez-Aparicio et al., 2008) با مقایسه جمعیت گل جالیز در کشت مخلوط بقولات با شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) بیان نمودند که اثرات آللوپاتیکی ریشه شنبلیله روی جوانه‌زنی و در نتیجه رشد گل جالیز باعث کاهش جمعیت این علف هرز شد. رائو (Rao, 2002) گزارش کرد که کشت مخلوط شمعدانی (*Pelargonium* sp.) و نعناع (*Mentha arvensis* L.) منجر به کاهش رشد و زیست‌توده علف‌های هرز شد. در کشت مخلوط به‌علت افزایش سایه‌اندازی ناشی از اجزای مخلوط، وجود مواد آللوشیمیایی و اشغال آشیانه‌های اکولوژیکی توسط گیاهان زراعی، امکان رقابت علف‌های هرز با محصول زراعی کاهش می‌یابد (Mahdavi Damghani, 2006). در آزمایشی زمانی‌که لوبیا، نخود (*Cicer arietinum* L.) و تریتیکاله به‌صورت مخلوط کشت شدند، ریشه‌های لوبیا و نخود تمایل به رشد عمقی پیدا کردند و این اثر می‌تواند ناشی از اثر آللوپاتیک تریتیکاله و ممانعت از رشد ریشه‌های بالایی لوبیا باشد. آلودگی لوبیا و نخود به علف هرز گل جالیز به‌طور قابل توجهی در لایه بالای خاک کاهش یافت. ریشه‌های جو و تریتیکاله از جوانه‌زنی بذور گل جالیز جلوگیری کردند (Fernandez-Aparicio et al., 2008). مافی و موسیارلی (Mafi & Musiari, 2008) با بررسی کشت مخلوط سویا (*Glycine max* L.) و نعناع (*Mentha piperita* L.) بر عملکرد و کیفیت اسانس نعناع گزارش نمودند که عملکرد کمّی و کیفی نعناع در کشت مخلوط بالاتر از کشت خالص بود. راجساوارا (Rajsawara, 2002) با بررسی کشت مخلوط نعناع و گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) نیز گزارش نمودند که کشت مخلوط باعث بهبود عملکرد اقتصادی و در نتیجه نسبت برابری زمین در مقایسه با کشت خالص شد.

نتایج برخی از بررسی‌ها نشان داده است که اگر چه کشت مخلوط باعث کاهش قدرت رقابت علف‌های هرز می‌شود، ولی این کاهش رقابت به‌میزان زیادی به تراکم، الگوی کاشت و نوع گونه‌های همراه بستگی دارد (Poggio, 2005). نتایج بررسی انجام شده بر روی تأثیر کشت مخلوط ردیفی و نواری لوبیا و ریحان بذری (*Ocimum basilicum* L.) نشان داد که کشت مخلوط باعث کاهش تراکم زیست‌توده علف‌های هرز شد، به‌طوری‌که بالاترین نسبت برابری زمین (1/36) در کشت ردیفی به‌دست آمد (Alizadeh et al.,

2009).

عملکرد و اجزای عملکرد

نتایج تجزیه واریانس اثر کشت مخلوط ردیفی کنجد و کتان، نشان‌دهنده اثر معنی‌دار ($p\leq0/5$) تیمارهای مختلف بر عملکرد و اجزای عملکرد دو گیاه می‌باشد (جدول‌های 2 و 3).

مقایسه میانگین اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی کنجد و کتان بر عملکرد و اجزای عملکرد آن‌ها به‌ترتیب در جدول‌های 4 و 5 ارائه شده است. نتایج نشان‌دهنده اثر معنی‌دار ($p\leq0/05$) الگوهای مختلف کشت مخلوط بر عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه کنجد و کتان است (جدول‌های 2 و 3). بیش‌ترین عملکرد بیولوژیکی کنجد در کشت خالص (با 9508/7 کیلوگرم در هکتار) و در کتان در کشت خالص و الگوی مخلوط دو ردیفی بدون تفاوت معنی‌دار (به‌ترتیب با 3987/3 و 3521/7 کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد.

جدول 2- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد کنجد در الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی کنجد و کتان

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) of yield and yield components of sesame in different patterns of row intercropping of flax-sesame

منابع تغییر Sources of variation	درجه آزادی d.f	وزن هزار دانه 1000-seeds weight	وزن دانه در کپسول Seed weight per capsule	تعداد دانه در کپسول Number of seeds per capsule	تعداد کپسول در بوته Number of capsules per plant	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield
سال Year (Y)	1	0.0036 ns	0.0002587 ns	8.533333 ns	4.8 ns	21262.99 ns	46413.3 ns
بلوک (سال) Block (year)	4	0.0033 ns	0.0008274 ns	26.133333 ns	7.9 ns	87294.12 ns	295615.5 ns
تیمار Treatment (T)	4	3.8649**	0.0389812**	750.33333**	2777.8833**	8737927.89**	31870986.7**
T×Y	4	0.0144 ns	0.0000333 ns	4.033333 ns	10.55 ns	4081.21 ns	81286.7 ns
خطا Error	16	0.082871	0.00057205	9.883333	29.06667	245850.67	243858.5

** و *: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال 1٪ و 5٪ و ns: عدم وجود تفاوت معنی‌دار را نشان می‌دهد.

*, ** and ns: represent significant at 5% level, Significant at 1% level and non significant, respectively.

جدول 3- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد کتان در الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی کنجد و کتان

Table 3- Analysis of variance (mean of squares) of yield and yield components of flax in different patterns of row intercropping of sesame- flax

منابع تغییر Sources of variation	درجه آزادی d.f	وزن هزار دانه 1000 Seeds Weight	وزن دانه در کپسول Seed weight per capsule	تعداد دانه در کپسول Number of seeds per capsule	تعداد کپسول در بوته Number of capsules per plant	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield
سال Year (Y)	1	0.00379 ns	0.00067**	0.341 ns	67.5 **	17771.27 ns	11211.25 ns
بلوک (سال) Block (year)	4	0.0080 ns	0.000015 ns	1.768 ns	60.86**	163853.8ns	74199.32**
تیمار Treatment (T)	4	0.767**	0.0165**	389.61**	2930.86**	2058398.4**	3589939.5**
T×Y	4	0.023**	0.000037 ns	7.3212 ns	17.66 ns	15776.50 ns	169709.8 ns
خطا Error	16	0.0048	0.000139	13.35	10.99	27771.2	228681.26

** و *: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال 1٪ و 5٪ و ns: عدم وجود تفاوت معنی‌دار را نشان می‌دهد.

*, ** and ns: represent significant at 5% level, Significant at 1% level and non significant, respectively.

حداکثر عملکرد دانه نیز در هر دو گیاه (به‌ترتیب در کنجد و کتان 4876/3 و 2122/12 کیلوگرم در هکتار) در کشت خالص حاصل شد. کم‌ترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی نیز در هر دو گیاه در الگوی چهار ردیفی به‌دست آمد (در کنجد به‌ترتیب 1932/4 و 3682/7 کیلوگرم در هکتار و در کتان به‌ترتیب 608/21 و 2001/6 کیلوگرم در هکتار) (جدول‌های 4 و 5). نتایج سایر محققین نیز

نشان‌دهنده عملکرد بیش‌ترین سایر گیاهان در کشت خـالص اسـت به‌طوری‌که علیزاده و همکاران (Alizade et al., 2009) در مطالعه کشت مخلوط لوبیا و ریحان (*Ocimum basilicum* L.) نشان دادند که بالاترین عملکرد دانه در کشت خالص هر دو گیاه به‌دست آمـد. به‌علاوه مظاهری و همکاران (Mazaheri et al., 1998) در بررسی کشت مخلوط ذرت و لوبیا ذکر کردند که بیش‌ترین عملکرد دانه در کشت خالص لوبیا حاصل شد.

جدول 4- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد کنجد در الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی کنجد و کتان

Table 4- Mean comparisons of yield and yield components of sesame in different patterns of row intercropping of flax-sesame

تیمار Treatment	وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)	وزن دانه Seed weight ($g.capsule^{-1}$)	تعداد دانه در کپسول Number of seeds per capsule	تعداد کپسول در بوته Number of capsules per plant	عملکرد دانه Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک Biological yield ($kg.ha^{-1}$)
1:1	3.1567^{c}	0.15038^{b}	48.167^{c}	67.167^{c}	1981.3^{c}	4797.3^{d*}
2:2	4.0567^{a}	0.15038^{b}	63.5^{a}	91.667^{a}	3030.3^{b}	7621.3^{b}
3:3	3.7033^{b}	0.21147^{a}	54^{b}	82.333^{b}	2545.2^{bc}	6820^{c}
4:4	2.4867^{d}	0.08991^{c}	41.5^{c}	53.667^{d}	1932.4^{c}	3682.7^{e}
کشت خالص Monoculture	2.1417^{d}	0.0629^{c}	34.5^{d}	38.167^{e}	4876.3^{a}	9508.7^{a}

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد تفاوت معنی‌داری ندارند .

* Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different using LSD test ($p \leq 0.05$).

جدول 5- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد کتان در الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی کنجد و کتان

Table 5- Mean comparison of yield and yield components of flax in different patterns of row intercropping of sesame- flax

تیمار Treatment	وزن دانه Seed weight ($g.capsule^{-1}$)	تعداد دانه در کپسول Number of seeds per capsule	تعداد کپسول در بوته Number of capsules per plant	وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)	عملکرد دانه Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک Biological yield ($kg.ha^{-1}$)
1:1	0.09127^{c}	34.633^{c}	82.667^{c}	2.33575^{ab}	907.74^{d}	2610.8^{c*}
2:2	0.176561^{a}	48.5^{a}	107^{a}	2.73808^{a}	1533.07^{b}	3521.7^{ab}
3:3	0.120463^{b}	39.767^{b}	95.5^{b}	2.53692^{a}	1181.95^{c}	3075.3^{bc}
4:4	0.069171^{c}	32.167^{c}	78.333^{d}	2.06942^{b}	608.21^{e}	2001.6^{d}
کشت خالص Monoculture	0.03892^{d}	27.4^{d}	48.333^{e}	1.84275^{c}	2122.12^{a}	3987.3^{a}

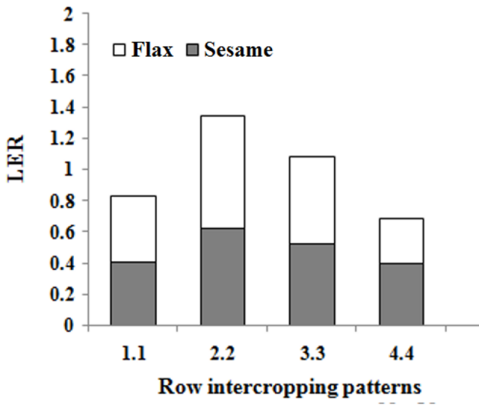
* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different using LSD test ($p \leq 0.05$).

در الگوهای مختلف مخلـوط در گیـاه کنجـد بـیش‌تـرین تعـداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه در الگـوی دو ردیفی به‌دست آمـد. بانیـک و همکـاران (Banik et al., 2006) در بررسی کشت کنجد و ماشک گل خوشـه‌ای (*Vica villosa* Roth.) بیان داشـتند کـه بـین تیمارهـای مختلـف کشـت مخلـوط تفـاوت معنی‌داری در مورد عملکرد دانه وجود داشت. در تحقیقـی دیگـر نیـز اشاره شده است که در کشت مخلوط ذرت و سویا بیش‌ترین عملکرد دانه در کشت مخلوطی به‌دست آمد که در آن تراکم ذرت متوسـط و تراکم سویا پایین بود (Gao et al, 2009).

نسبت برابری زمین (LER) با توجه به عملکرد دانه

اثر الگوهای مختلف مخلوط بر نسبت برابری زمـین در شـکل 2 نشان داده شده است. بیش‌ترین و کم‌ترین نسبت برابری زمین برای عملکرد در الگوهای مختلف مخلوط در تیمار دو ردیفی و چهار ردیفی به‌دست آمد. به‌علاوه در میان الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی کنجد و کتان، نسبت برابـری زمـین در الگوهـای سـه و دو ردیفـی بزرگ‌تر از یک بود که این امر نشان‌دهنده برتری نسبی کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی در این الگوها و اثر عرض نوار بر عملکرد دو گیاه می‌باشد. بیش‌ترین و کم‌ترین میزان LER بـه‌ترتیـب در الگـوی دو ردیفی (0/72) و چهار ردیفی (0/28) کتان به‌دست آمد (شکل 2).



شکل 2- اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی کنجد و کتان و کشت خالص بر نسبت برابری زمین (LER) بر اساس عملکرد دانه
Fig. 2- The effect of row intercropping patterns of sesame and flax on the land equivalent ratio (LER) based on their seed yield

کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2009) طی آزمایشی بر روی ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط زعفران (*Crocus sativus* L.) و مرزنجوش (*Origanum vulgare* L.) گزارش کردند که بیش‌ترین و کم‌ترین نسبت برابری زمین به‌ترتیب در ترکیب یک ردیف زعفران و یک ردیف مرزنجوش (1/21) و کم‌ترین میزان آن در ترکیب سه ردیف زعفران و یک ردیف مرزنجوش (0/87) به‌دست آمد. در مطالعه‌ای دیگر کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2010) با بررسی چهار نوع کشت مخلوط تأخیری گندم و ذرت (شامل سه ردیف گندم و یک ردیف ذرت) بیان داشتند که نسبت برابری زمین برای کارایی جذب نیتروژن در تمام کشت‌های مخلوط تأخیری بزرگ‌تر از یک بود و بین 2- 1/49 قرار داشت.

نتیجه‌گیری

در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که در کشت مخلوط آرایش‌های کاشتی که دو یا سه ردیف کتان در بین ردیف‌های کنجد قرار گرفتند بهترین ترکیب کاشت جهت حصول بیش‌ترین عملکرد دو گیاه را داشتند و نسبت برابری زمین در این الگوها بیش از یک به‌دست آمد. به‌علاوه آرایش‌های کاشت در کشت مخلوط، در کنترل علف‌های هرز نسبت به کشت خالص کنجد و کتان برتری نشان دادند و به‌طور کلی تعداد گونه، تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز کاهش یافت. در نتیجه انتخاب الگوی مناسب در کشت مخلوط نه تنها می‌تواند در بهبود عملکرد گیاهان مؤثر باشد بلکه با کاهش علف-های هرز و پیرو آن کاهش مصرف سموم شیمیایی می‌تواند تبعات زیست‌محیطی تولیدات کشاورزی را تقلیل دهد.

سپاسگزاری

بودجه این طرح از محل اعتبار پژوهه طرح 15179/2 مورخ 1389/1/31 معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدین‌وسیله سپاسگزاری می‌شود.

References

Awal, M.A., Koshi, H., and Ikeda, T., 2006. Radiation interception and use by maize/peanut intercrop canopy. Agricultural and Forest Meteorology 139: 74-83.

Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghose, S.S., 2006. Sesame and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: Advantages and weed smothering. European Journal of Agronomy 24: 325–33.

Baumann, D.T., Kropff, M.J., and Bastiaans, L., 2000. Intercropping leeks to suppress weeds. Weed Research 40: 359–374.

Carruthers, K., Prithiviraj, B., Fe, Q., Cloutier, D., Martin, R.C., and Smith, D.L., 2000. Intercropping corn with soybean, lupin and forages: yield component responses. European Journal of Agronomy 12: 103–115.

Emad, M., 1999. Identification of medicinal, industrial, rangeland and forest plants and their uses. Vol. I. Toseye-e-Roostayee. 322 pp. (In Persian)

Fernandez-Aparicio, M., Emeran, A.A., and Rubiales, D., 2008. Control of *Orobanche crenata* in legumes intercropped with fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*). Crop Protection 27: 653-659.

Gao, Y., Duan, A., Sun, J., Li, F., Liu, Z., Liu, H., and Liu, Z., 2009. Crop coefficient and water - use efficiency of winter wheat / spring maize strip intercropping. Field Crops Research 111: 65–73.

Gliessman, S.R., 1998. Agroecology: Ecological Process in Sustainable Agriculture. Ann Arbor Press Michigan 252 pp.

Gomez, P., and Gurevitch, J., 1998. Weed responses in a corn– soybean intercrop. Applied Vegetation Science 1(2): 281-288.

Herbert, S.J., Putman, D.H., Proos-Floyd, M.I., Vargard, A., and Creightan, J.F., 1984. Forage yield of intercropped corn and soybean in various planting pattern. Agronomy Journal 76: 507-510.

Hauggaard-Nielsen, H., Andersen, M.K., Jørnsgaard, B., and Jensen, E.S., 2006. Density and relative frequency effects on competitive interactions and resource use in pea–barley intercrops. Field Crops Research 95: 256–267.

Kiari Saido, A., Omae, H., and Tobita, S., 2010. Combination effect of intercropping, application of chemical fertilizer and transported manure on millet/ cowpea growth and nitrogen, phosphorus balances in the Sahel. American-Eurasian Journal of Agronomy 3(5): 30-35.

Koocheki, A., Jami-Al-Ahmadi, M., Kamkar, B., and Mahdavi-Damghani, A., 2001. Ecological Principles of Agriculture. Jahad Daneshgahi Mashhad Publication, Mashhad, Iran. 469 pp. (In Persian)

Koocheki, A., Shabahang, J., Khorramdel, S., and Azimi, R., 2009. The effect of irrigation intervals and intecropped marjoram (*Origanum vulgare*) with saffron (*Crocus sativus*) on possible cooling effect for climate change adaptation. Iranian Journal of Fields Crops Research 23(3): 300-315. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Nassiri, M., and Jahan, M., 2010. Radiation absorption and use efficiency in relay intercropping and double cropping of winter wheat and maize. Iranian Journal of Field Crops Research 6(1): 127-137. (In Persian with English Summary)

Mahdavi Damghani, A.M., Koocheki, A., and Zand, E., 2006. Ecosystem designing and management in sustainable agriculture. Key papers of 9th Iranian Crop Science and Breeding Congress. Aboureyhan Campus, Tehran University, Tehran, Iran. (In Persian)

Mazaheri, D., 1998. Intercropping. Tehran University Publication, Tehran, Iran 262 pp. (In Persian)

Liebman, M., and Davis, A.S., 2000. Integration of soil, crop and weed management in low-input farming systems. Weed Research 40: 27-47.

Oswald, A., Ransom, J.K., Kroschel, J., and Sauerborn, J., 2002. Intercropping controls *Striga* in maize based farming systems. Crop Protection 21: 367–374.

Poggio, S.L., 2005. Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley. Agriculture, Ecosystems and Environment 109: 48–58.

Rahnama, A., and Bakhshandeh, A., 2006. Determination of optimum row-spacing and plant density for uni-branched sesame in Khuzestan province. Journal of Agricultural Science and Technology 8: 25-33.

Rajsawara, B.R., 2002. Biomass yield, essential oil yield and essential oil composition of rose-scented geranium (*Pelargonium* species) as influenced by row spacing and intercropping with cornmint (*Mentha arvensis* L. f. piperasescens Malinaud ex Holmes). Crop Products 16: 133-144.

Ranjzad, M., Khayyami, M., and Asadi, A., 2008. Investigation of grain yield, factors of grain yield and oil quality of *Linum usitatissimum* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 24(3): 313-325. (In Persian with English Summary)

Rao, B.R.R., 2002. Biomass yield, essential oil composition of rose-scented geranium (*Pelargonium* species) as influenced by row spacing and intercropping with cornmint (*Mentha arvensis* L. f. Piperascens Malinv). Industrial Crops and Products 16: 133-144.

Roebbelen, G., Downey, R.K., and Ashri, A., 1989. Oil Crops of the World. Mc Graw-Hill Pub., New York.

Salomon, E., 1990. Maize-bean intercropping system in Nicaragua, effect of plant arrangements and population density on the land equivalent ratio (LER), relative yield total (RYT) and weed abundance. Working paper international rural development center. Swedish University of Agricultural Science No. 148, 35 pp.

Tadayon, A., Torabiyan, S., and Tadayon, M., 2013. The effect of plant density on yield and quality of four linen varieties. Journal of Crop Improvement 15(1): 15-26.

Zimdahl, R.H., 2007. Fundamentals of Weed Sciences. Academic Press, New York. 666 pp.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.4, Winter 2020, p. 1483-1496

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 4، زمستان 1398، ص 1496-1483

Determining the Best Width of Strip in Row Intercropping of Sesame (*Sesamum indicum* L.) and Flax (*Linum usitatissimum* L.) and Its Effect on Yield, Yield Components and Weed Density

A. Koocheki[1*], F. Fallahpour[2] and A. Aminghafouri[2]
Submitted: 15-12-2013
Accepted: 24-01-2014

Koocheki, A., Fallahpour, F. and Aminghafouri, A. 2020. Determining the best width of strip in row intercropping of sesame and flax and its effect on yield, yield components and weed density. Journal of Agroecology. 11 (4): 1483-1496.

Introduction
Providing food for the rising world population is one of the first human needs. In recent years, there has been increased interest in agricultural production systems in order to achieve high productivity and promote sustainability over time. Intercropping is one of the methods that simultaneously can increase the agricultural system productivity and also reduce their side effects on the environment. Intercropping can provide numerous benefits to cropping systems through increasing the total yield and land-use efficiency by enhancing the use of light, water, and nutrient, as well as improving soil conservation and declining the economic damage of agricultural pests, diseases, and weeds.
Several factors can influence the growth and yield of the species used in the intercropping, including the kind of selected crops, sowing ratio, and competition between the mixture components. Therefore, the present study, to compare the different intercropping patterns of sesame and flax and their effects on the yield and the weed density.

Materials and Methods
In order to determine the best width of strip in row intercropping of sesame (*Sesamum indicum* L.) and flax (*Linum usitatissimum* L.) a two-year field study based on a randomized complete block design with three replications was conducted during the growing seasons of 2009-2010 and 2010-2011 in the Agriculture Research Station of Ferdowsi University of Mashhad. Treatments were four patterns of sesame-flax row intercropping including one row of sesame + one row of flax (1:1), two rows of sesame + two rows of flax (2:2), three rows of sesame + three rows of flax (3:3), four rows of sesame + four rows of flax (4:4) and monoculture of sesame and monoculture of flax. The crops were sown simultaneously on 1 and 5 May in 2009 and 2010, respectively. The crops were irrigated after sowing and thinned out in the 4-6 leaf stage. In the first month after sowing, all plots were weeded by hand and after that, we did not use any method for controlling of weeds and the density and dry weight of weeds were evaluated in four sampling dates. At the end of the experiment, the yield and yield components of both crops were measured and the land equivalent ratio (LER) was calculated based on the yield of each crop in monoculture and in intercropping patterns.

Results and Discussion
The results showed a significant difference among different intercropping patterns based on the density and dry weight of weeds. The highest and lowest dry weight of weeds were observed in flax monoculture (832.1 $g.m^{-2}$) and 2:2 pattern (41.66 $g.m^{-2}$), respectively. On the other hand, improving diversity by using intercropping had a negative effect on the density and dry weight of weeds. The maximum amount of biological yield of sesame was recorded in monoculture (9508.7 $kg.ha^{-1}$) and for flax was recorded in monoculture and the pattern of 2:2 (3987.3 and 3521.7 $kg.ha^{-1}$, respectively). Besides, the highest seed yield of the two crops was gained in monoculture (4876.3 and 2122.12 $kg.ha^{-1}$ for sesame and flax, respectively). The land equivalent ratio (LER) for different patterns ranged from 0.68-1.34 and the maximum LER belonged to the pattern of 2:2. In general, the best result was obtained in the pattern of two rows of sesame+ two rows of flax (2:2).

1 and 2- Professor and PhD of Agroecology, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: akooch@um.ac.ir)
Doi: 10.22067/jag.v11i4.29585

Conclusion
Overall, our results indicated that in intercropping, planting pattern with two or three rows of flax among the sesame rows had the best planting composition to achieve the highest yields for the two crops. In addition, the land equivalent ratio in these patterns was calculated more than one. One of the other effects of intercropping in our study was reducing the density and biomass of weeds. As a result, choosing the right pattern in the intercropping not only can be effective on the crop yield, but also by reducing the density of weeds can decrease the environmental impact of agricultural production systems by diminishing the use of chemical herbicides.

Keywords: Biological yield, Land equivalent ration, Relative density, Seed yield