

دانشگاه گیلان  
دانشکده علوم کشاورزی

تحقیقات غلات

دوره پنجم / شماره سوم / پاییز ۱۳۹۴ (۲۴۷-۲۵۹)

## بررسی عملکرد دانه و برخی ویژگی‌های گندم و علف‌های هرز در کشت مخلوط گندم- نخود تحت مدیریت نیتروژن در کشت دیم

عبدالوهاب عبدالمهی<sup>۱\*</sup>، عادل دباغ محمدی نسب<sup>۲</sup> و صفر نصراله‌زاده<sup>۲</sup>

۱- استادیار موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کرمانشاه، ۲- دانشیار گروه اکوفیزیولوژی گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

(تاریخ دریافت: ۹۳/۸/۲۸ - تاریخ پذیرش: ۹۴/۶/۲۳)

### چکیده

کشت مخلوط به عنوان یک روش موثر استفاده از منابع، موجب افزایش عملکرد و پایداری محصول در مقایسه با کشت خالص می‌شود. به منظور ارزیابی الگوهای مختلف کشت مخلوط گندم و نخود تحت مدیریت کود نیتروژن، آزمایشی در قالب فاکتوریل- کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در معاونت موسسه تحقیقات کشاورزی دیم سرارود-کرمانشاه به مدت دو سال زراعی (۸۹-۱۳۸۷) اجرا شد. مدیریت نیتروژن در سه سطح (۱- بدون کود نیتروژن، ۲- ۶۰ کیلوگرم در هکتار اوره برای گندم و ۲۰ کیلوگرم در هکتار اوره برای نخود و ۳- کود زیستی نیتراژین + ۳۰ کیلوگرم در هکتار اوره برای گندم و بدون اوره برای نخود) و کنترل علف‌های هرز در دو سطح (۱- بدون وجین و ۲- وجین علف‌های هرز) به صورت فاکتوریل در کرت‌های اصلی و ده ترکیب کشت مخلوط شامل ۱- کشت خالص گندم، ۲- کشت خالص نخود، ۳- کشت درهم-ردیفی با نسبت ۱:۱ گندم: نخود، ۴- کشت درهم-ردیفی با نسبت ۱:۲ گندم: نخود، ۵- کشت مخلوط ردیفی با نسبت ۱:۱ گندم: نخود، ۶- کشت مخلوط نواری با الگوی ۵:۱:۵:۲: نخود: گندم: نخود: گندم، ۷- کشت مخلوط نواری با الگوی ۷:۲: نخود: گندم، ۸- کشت مخلوط نواری با الگوی ۲:۷: نخود: گندم، ۹- کشت مخلوط نواری با الگوی ۹:۴: نخود: گندم و ۱۰- کشت مخلوط نواری با الگوی ۴:۹: گندم: نخود در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در متر مربع، عملکرد دانه، ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت گندم تحت تاثیر رقابت بین گونه‌ای (الگوهای کاشت)، سال و برهم‌کنش آنها قرار گرفت. در رقابت بین گونه‌ای، گندم در جذب و استفاده از منابع توانایی بیشتری داشت. الگوهای کاشت نواری با عرض کمتر نوار گندم و عرض بیشتر نوار نخود (الگوهای ۸ و ۱۰) و الگوی ردیفی (الگوی ۵) در بیشتر صفات مورد بررسی از جمله ارتفاع بوته در سال اول، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در سطح اشغالی، شاخص برداشت و دریافت نور بهتر از کشت خالص گندم بودند. الگوی کاشت ردیفی در سال دوم باعث کاهش بیوماس علف‌های هرز در نخود شد که علاوه بر برتری نسبت به کشت خالص، با بررسی بیشتر می‌تواند به عنوان رهیافتی جهت کنترل علف‌های هرز نخود مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: رقابت، کشت مخلوط ردیفی، کشت مخلوط نواری، PAR

## مقدمه

کشت مخلوط در بسیاری از مناطق جهان رواج دارد و زارعین به دلایل مختلفی از جمله کاهش خطرات احتمالی، حداکثر استفاده از منابع، کسب حداکثر سود، حفاظت خاک، حاصلخیزی خاک، استفاده موثر از آب، بقایای گیاهی بیشتر در مزرعه، کاهش آفات و بیماری‌های گیاهی، حفاظت از باد و سرما، حفاظت فیزیکی و کنترل علف‌های هرز به انجام این نوع کشت اشتیاق دارند (Mazaheri, 1995). واندرمیر (Vandermeer, 1989) برتری کشت مخلوط را در دو اصل اکولوژیک موسوم به اصل تولید رقابتی (Competitive production principle) و اصل تولید مساعدتی (Facilitative production principle) عنوان کرد که تقریباً تمامی جنبه‌های برتری و سودمندی انواع کشت مخلوط نسبت به تک کشتی را در بر می‌گیرند. در ساده‌ترین حالت، عقیده بر این است که به احتمال زیاد، مخلوط‌های حاوی دو گونه مختلف از نظر فیزیولوژیکی و یا مورفولوژیکی، بر اساس اصل تولید رقابتی از کاهش رضایت‌بخش رقابتی برخوردار می‌شوند. بسیاری از موارد مربوط به رقابت نوری و تقسیم منابع خاک شامل آب و مواد معدنی و برهمکنش آنها با هم در قالب این اصل گنجانده می‌شود (Vandermeer, 1989). در اصل تولید مساعدتی، یک گونه تسهیلاتی را برای گونه دیگر فراهم می‌آورد. این اصل ضمن همراهی با اصل تولید رقابتی (کاهش رقابت)، وقتی مطرح است که گیاهان زراعی محیط‌های یکدیگر را در جهت مثبت تغییر می‌دهند که این حالت را اصل تولید مساعدتی یا تسهیل شده می‌نامند (Vandermeer, 1989).

محققین زیادی سیستم کشت مخلوط را از نظر استفاده موثر از منابع و تولید محصول مورد ارزیابی قرار داده و آن را با سیستم تک‌کشتی مقایسه کرده‌اند. به عنوان نمونه، می‌توان به مطالعات زو و همکاران (Zou et al., 2000)، ژانگ و لی (Zhang and Li, 2003)، لی و همکاران (Li et al., 2003) و ژانگ و همکاران (Zhang et al., 2008) اشاره کرد. مشاهدات مزرعه‌ای نشان دادند که علایم کلروز ناشی از کمبود آهن در تک کشتی بادام زمینی، شدیدتر و گسترده‌تر از کشت مخلوط آن با ذرت است (Zou et al., 2000). ژانگ و لی (Zhang and Li, 2003) مساعدت بین گونه‌ای را در مورد بهبود تغذیه آهن در بادام زمینی از طریق ذرت، افزایش جذب فسفر و نیتروژن در ذرت توسط باقلا و تسهیل جذب فسفر در

گندم را از طریق نخود گزارش کردند. لی و همکاران (Li et al., 2003) گزارش کردند که ریشه نخود، مصرف فسفر آلی را برای گندم تسهیل می‌کند و غلظت فسفر ساقه با بیوماس گندم در تیمارهای مختلف کشت مخلوط همبستگی داشت. ژانگ و همکاران (Zhang et al., 2008) نیز با بررسی نور دریافت شده و مصرف شده در کشت مخلوط تأخیری گندم و پنبه، عنوان کردند که تولید بیشتر در الگوهای کشت مخلوط در مقایسه با کشت‌های خالص به طور کامل توسط افزایش جذب نور در واحد سطح کشت قابل تفسیر است و اجزای مخلوط، مکمل همدیگر برای جذب نور در فضا و زمان هستند.

با توجه به سطح زیر کشت بالای دو محصول زراعی گندم (۸۰ درصد سطح زیر کشت غلات استان) و نخود (۹۹ درصد سطح زیر کشت حبوبات استان) در دیم‌زارهای استان کرمانشاه (Jehad-E-Agriculture, 2010)، امکان کشت مخلوط این دو گونه زراعی در این پژوهش با هدف افزایش عملکرد و کارایی استفاده از زمین از طریق استفاده بهینه از منابع، ایجاد پایداری تولید، کاهش مصرف کود نیتروژن و کاهش خسارت علف‌های هرز در نخود از طریق کشت مخلوط بررسی شد. در این پژوهش، برخی از صفات زراعی و عملکرد دانه گندم و علف‌های هرز در کشت مخلوط با نخود ارزیابی شد.

## مواد و روش‌ها

آزمایش در مزرعه تحقیقاتی معاونت موسسه تحقیقات کشاورزی دیم- سرارود واقع در ۱۷ کیلومتری جاده همدان اجرا شد. طول و عرض جغرافیایی محل آزمایش به ترتیب  $47^{\circ}19' E$  و  $34^{\circ}20' N$  و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۵۱ متر است. نتایج آزمون خاک نشان داد که خاک محل آزمایش دارای ۰/۹۵ درصد کربن آلی، ۰/۱ درصد نیتروژن و ۹/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم فسفر قابل جذب بوده و بافت خاک هم از نوع سیلت رسی لوم و pH آن ۷/۴ بود. نمودارهای امپروترمیک مربوط به سال‌های آزمایش و بلند مدت ۲۰ ساله در شکل ۱ ارائه شده است. آزمایش در قالب فاکتوریل اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و به مدت دو سال زراعی (۸۹-۱۳۸۷) اجرا شد. مدیریت نیتروژن در سه سطح (۱- بدون کود نیتروژن، ۲- ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره برای گندم و ۳- ۳۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره برای نخود و ۳- نیتراژین+۳۰ کیلوگرم در هکتار اوره برای

متر طول ردیف‌های شامل گندم که به کیلوگرم در هکتار سطح مخلوط تعمیم داده شد) بودند. تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) نیز در بالا و زیر کانوپی در بخش‌های گندم و نخود به طور جداگانه با استفاده از دستگاه PAR Ceptometer LP-80 DECAGON DEVICES, در زمان گلدهی گیاهان اندازه‌گیری شد. تعداد علف‌های هرز و وزن خشک آن‌ها نیز در الگوهای مختلف کشت مخلوط در سطح اشغالی گندم و نخود به طور جداگانه در سال دوم اجرای آزمایش اندازه‌گیری شد. تجزیه واریانس مرکب داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزارهای IRRISTAT و MSTATC و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

### نتایج و بحث

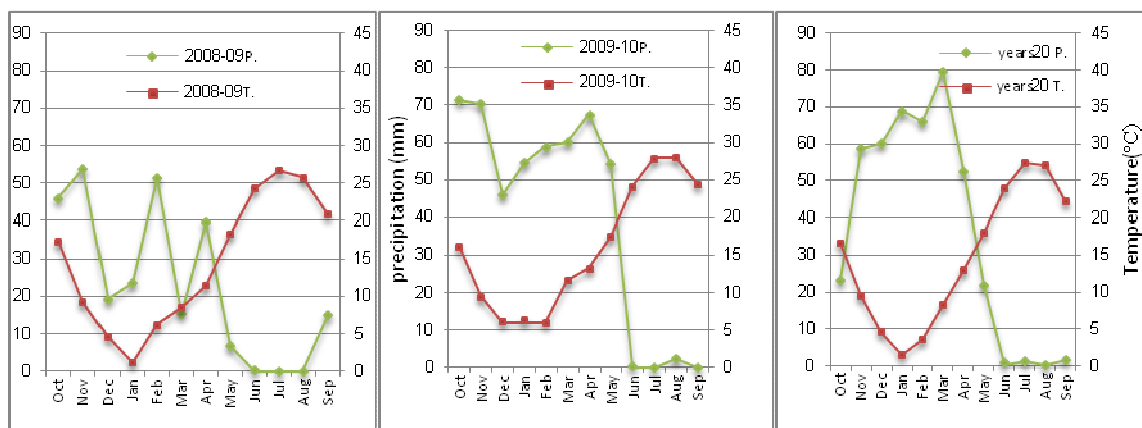
#### وزن هزار دانه

نتایج نشان داد که اثر اصلی سال و برهمکنش سال × علف هرز، سال × نیتروژن و سال × الگوی کاشت بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول ۱). وزن هزار دانه گندم در سال دوم به طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از سال اول بود (جدول ۲)، که به شرایط مناسب‌تر آب و هوایی در سال دوم نسبت به سال اول ارتباط داشت (شکل ۱). با توجه به تفاوت قابل ملاحظه وضعیت آب و هوایی دو سال، عکس‌العمل وزن هزار دانه گندم در سطوح مختلف فاکتورهای اعمال شده در سال‌های آزمایش متفاوت بود. بررسی اثر متقابل سال × علف هرز نشان داد که تفاوت بین وزن هزار دانه در سطوح کنترل علف هرز در سال دوم که بارندگی مطلوبی داشت، بیشتر از سال اول بود (جدول ۳). بررسی اثر متقابل نیتروژن × سال نیز نشان داد که تفاوت وزن هزار دانه در سطوح مختلف نیتروژن در سال دوم (با بارندگی مناسب) بیشتر از سال خشک بود، به طوری که وزن هزار دانه گندم در سطوح دوم و سوم نیتروژن در رتبه اول و سطح اول نیتروژن در رتبه بعدی قرار گرفت، اما وزن هزار دانه سطوح مختلف نیتروژن در سال اول همگی در یک رتبه و پایین‌تر از بقیه قرار گرفتند (جدول ۳). بررسی اثر متقابل الگوهای کاشت × سال نیز نشان داد که تفاوت وزن هزار دانه در الگوهای کاشت در سال دوم بیشتر از سال اول بود و الگوهای کاشت ۵، ۸ و ۱۰ در سال دوم دارای بالاترین و کشت خالص گندم در سال اول دارای کمترین وزن هزار دانه بود (جدول ۲).

گندم و بدون اوره برای نخود و کنترل علف‌های هرز در دو سطح (۱- بدون وجین و ۲- وجین علف‌های هرز) به صورت فاکتوریل در کرت‌های اصلی قرار داده شدند. در کرت‌های فرعی نیز الگوهای کشت مخلوط گندم و نخود در ده سطح قرار گرفتند که شامل ۱- کشت خالص گندم، ۲- کشت خالص نخود، ۳- کشت درهم-ردیفی با نسبت ۱:۱ گندم:نخود، ۴- کشت درهم-ردیفی با نسبت ۱:۲ گندم:نخود، ۵- کشت مخلوط ردیفی با نسبت ۱:۱ گندم:نخود، ۶- کشت مخلوط نواری با الگوی ۵:۱:۵:۲ نخود:گندم:نخود:گندم، ۷- کشت مخلوط نواری با الگوی ۲:۷ نخود:گندم، ۸- کشت مخلوط نواری با الگوی ۲:۷ نخود:گندم، ۹- کشت مخلوط نواری با الگوی ۹:۴ نخود:گندم و ۱۰- کشت مخلوط نواری با الگوی ۴:۹ نخود:گندم بود. الگوهای کاشت ۱، ۶، ۹ و ۱۰ با فاصله ردیف ۱۷ سانتی‌متر و سایر الگوهای کاشت با فاصله ردیف ۲۵ (سانتی‌متر) کشت شدند.

مزرعه آزمایشی در سال قبل آیش بود که در بهار شخم و در پاییز درست قبل از کاشت دیسک زده شد. مقدار ۳۰ کیلوگرم در هکتار فسفر ( $P_2O_5$ ) از منبع سوپر فسفات تربیل قبل از کاشت به خاک اضافه شد. علاوه بر آلودگی طبیعی مزرعه آزمایشی، جهت اطمینان از وجود علف‌های هرز کافی، قبل از دیسک زدن به اندازه کافی از بذر مخلوط علف‌های هرز موجود در ایستگاه تحقیقاتی استفاده و به طور یکنواخت در سطح زمین پخش شد. هر کرت آزمایشی دارای ۵/۵ متر طول و ۲ تا ۳/۲۵ متر عرض (با توجه به الگوی کاشت) بود. رقم گندم مورد استفاده رقم آذر-۲ و برای نخود رقم آرمان بود. کاشت هر دو گیاه زراعی همزمان و به صورت دستی انجام شد. تیمارهای کود اوره در زمان کاشت اعمال شدند و برای اعمال سطح سوم تیمار کودی (نیتراژین+اوره)، بذرهای گندم و نخود قبل از کاشت با کود بیولوژیک نیتراژین آغشته شدند. همچنین بذرهای نخود با سویه مناسب ریزوبیوم تهیه شده از موسسه تحقیقات خاک و آب آغشته شدند.

صفات اندازه‌گیری شده شامل ارتفاع بوته (۱۰ نمونه تصادفی)، تعداد دانه در سنبله (۱۰ نمونه تصادفی)، تعداد سنبله در متر مربع (سطح مخلوط ۰/۵ متر در طول ردیف‌های شامل گندم که به متر مربع سطح مخلوط تعمیم داده شد)، وزن هزار دانه گندم، عملکرد بیولوژیک (۰/۵ متر طول ردیف‌های شامل گندم که به کیلوگرم در هکتار سطح مخلوط تعمیم داده شد) و عملکرد دانه (۲/۵



شکل ۱- نمودار امبروترمیک سال‌های ۱۳۸۷-۸۸ (نمودار چپ)، ۸۹-۱۳۸۸ (نمودار وسط) و میانگین بیست ساله (نمودار راست) ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم سرارود

Figure 1. Ombrothermic diagram in 2008-09 and 2009-10 and the average 20 years old at Dryland Agricultural Research Station, Sararood, Kermanshah, Iran

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مطالعه شده در الگوهای کشت مخلوط گندم- نخود تحت مدیریت کود نیتروژن

Table 1. Analysis of variance of the studied traits in intercropping wheat-chickpea under nitrogen fertilizer management

Source of variation	منابع تغییرات	درجه آزادی	Mean squares میانگین مربعات			
			عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	وزن هزار دانه 1000-grain weight	تعداد دانه در سنبله Grain number per spike
Year (Y)	سال	1	159555000**	2641320000**	19929.1**	1104.9**
Replication/Y	تکرار درون سال	4	199856	2686650	3.4	5.4
Weed (W)	علف هرز	1	1123750 <sup>ns</sup>	13102200 <sup>ns</sup>	40.8 <sup>ns</sup>	9.4 <sup>ns</sup>
W×Y	علف هرز×سال	1	668626 <sup>ns</sup>	7550230 <sup>ns</sup>	20.2*	3.3 <sup>ns</sup>
Nitrogen (N)	نیتروژن	2	460481 <sup>ns</sup>	2596410 <sup>ns</sup>	21.9 <sup>ns</sup>	6.2**
N×Y	نیتروژن×سال	2	89260 <sup>ns</sup>	1895390 <sup>ns</sup>	24.6**	0.1 <sup>ns</sup>
N×W	نیتروژن×علف هرز	2	162794 <sup>ns</sup>	1922620 <sup>ns</sup>	2.4 <sup>ns</sup>	5.3 <sup>ns</sup>
N×W×Y	نیتروژن×علف هرز×سال	2	465336 <sup>ns</sup>	4435800 <sup>ns</sup>	8.2 <sup>ns</sup>	3.9 <sup>ns</sup>
Main error	خطای اصلی	20	569830	3297640	4.6 <sup>ns</sup>	5.4
Cropping pattern (C)	الگوی کشت	8	13214000**	172951000*	57.1 <sup>ns</sup>	140.3**
C×Y	الگوی کشت×سال	8	2163250**	38134700**	19.9**	11.4**
C×W	الگوی کشت×علف هرز	8	305873 <sup>ns</sup>	1440830 <sup>ns</sup>	1.1 <sup>ns</sup>	1.8 <sup>ns</sup>
C×W×Y	الگوی کشت×علف هرز×سال	8	269537 <sup>ns</sup>	1112460 <sup>ns</sup>	0.5 <sup>ns</sup>	2.6 <sup>ns</sup>
C×N	الگوی کشت×نیتروژن	16	90668 <sup>ns</sup>	480936 <sup>ns</sup>	3.3 <sup>ns</sup>	4.1 <sup>ns</sup>
C×N×Y	الگوی کشت×نیتروژن×سال	16	82442 <sup>ns</sup>	561150 <sup>ns</sup>	1.5 <sup>ns</sup>	4.3 <sup>ns</sup>
C×N×W	الگوی کشت×نیتروژن×علف هرز	16	108093 <sup>ns</sup>	646508 <sup>ns</sup>	2.1 <sup>ns</sup>	3.4 <sup>ns</sup>
C×N×W×Y	الگوی کشت×نیتروژن×علف هرز×سال	16	94769 <sup>ns</sup>	578574 <sup>ns</sup>	2.5 <sup>ns</sup>	4.3 <sup>ns</sup>
Sub error	خطای فرعی	192	125018	639616	2.2	3.2
CV (%)	ضریب تغییرات (درصد)	-	16.7	12.4	9.5	16.5

<sup>ns</sup>، \* و \*\*: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

<sup>ns</sup>، \* and \*\*: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

Table 1. Continued

جدول ۱- ادامه

Source of variation	منابع تغییرات	درجه آزادی	Mean squares میانگین مربعات			
			تعداد سنبله در m <sup>2</sup> Spike number per m <sup>2</sup>	ارتفاع بوته Plant height	شاخص برداشت Harvest index	PAR دریافت شده PAR Interception
Year (Y)	سال	1	254371 <sup>ns</sup>	64713 <sup>**</sup>	6761.3 <sup>**</sup>	15750200 <sup>**</sup>
Replication/Y	تکرار درون سال	4	41699	689.8	4.99	36470
Weed (W)	علف هرز	1	5475 <sup>ns</sup>	28.2 <sup>ns</sup>	8.64 <sup>ns</sup>	238548 <sup>ns</sup>
W×Y	علف هرز×سال	1	565 <sup>ns</sup>	471.9 <sup>ns</sup>	4.10 <sup>ns</sup>	84185 <sup>ns</sup>
Nitrogen (N)	نیترژن	2	6619 <sup>ns</sup>	78.2 <sup>ns</sup>	19.30 <sup>ns</sup>	83994 <sup>ns</sup>
N×Y	نیترژن×سال	2	1190 <sup>ns</sup>	9.5 <sup>ns</sup>	4.41 <sup>ns</sup>	13683 <sup>ns</sup>
N×W	نیترژن×علف هرز	2	7536 <sup>ns</sup>	357.4 <sup>ns</sup>	49.43 <sup>ns</sup>	60414 <sup>ns</sup>
N×W×Y	نیترژن×علف هرز×سال	2	5287 <sup>ns</sup>	226.4 <sup>ns</sup>	18.28 <sup>ns</sup>	13344 <sup>ns</sup>
Main error	خطای اصلی	20	9383	237.6	39.33	36886
Cropping pattern (C)	الگوی کشت	8	572660 <sup>**</sup>	37.1 <sup>**</sup>	361.8 <sup>**</sup>	184586 <sup>ns</sup>
C×Y	الگوی کشت×سال	8	14347 <sup>**</sup>	310.1 <sup>ns</sup>	45.63 <sup>**</sup>	116640 <sup>**</sup>
C×W	الگوی کشت×علف هرز	8	5337 <sup>ns</sup>	24.0 <sup>ns</sup>	15.66 <sup>ns</sup>	11530 <sup>ns</sup>
C×W×Y	الگوی کشت×علف هرز×سال	8	2773 <sup>ns</sup>	45.1 <sup>ns</sup>	26.21 <sup>ns</sup>	45569 <sup>**</sup>
C×N	الگوی کشت×نیترژن	16	2236 <sup>ns</sup>	36.1 <sup>ns</sup>	13.34 <sup>ns</sup>	27617 <sup>ns</sup>
C×N×Y	الگوی کشت×نیترژن×سال	16	2953 <sup>ns</sup>	26.8 <sup>ns</sup>	14.46 <sup>ns</sup>	24483 <sup>ns</sup>
C×N×W	الگوی کشت×نیترژن×علف هرز	16	3985 <sup>ns</sup>	21.0 <sup>ns</sup>	13.93 <sup>ns</sup>	64921 <sup>ns</sup>
C×N×W×Y	الگوی کشت×نیترژن×علف هرز×سال	16	3963 <sup>ns</sup>	42.9 <sup>ns</sup>	13.83 <sup>ns</sup>	40842 <sup>**</sup>
Sub error	خطای فرعی	192	3053	41.4	14.47	17108
CV (%)	ضریب تغییرات (درصد)	-	16.3	8.2	10.7	10.7

ns, \*, \*\* : به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns, \* and \*\*: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

## تعداد دانه در سنبله

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سال، نیترژن، الگوی کاشت و برهمکنش الگوی کاشت×سال بر تعداد دانه در سنبله گندم معنی‌دار بودند (جدول ۱). سال دوم با ۲۱/۵ دانه در سنبله به طور معنی‌داری تعداد دانه بیشتری از سال اول داشت (جدول ۲). تعداد دانه در سنبله در سطوح مختلف نیترژن با افزایش مصرف نیترژن کاهش یافت، به طوری که سطح اول با ۱۹/۸ دانه در سنبله بالاتر از سطح سوم و سطح دوم به ترتیب با ۱۹/۴ و ۱۹/۶ دانه در سنبله قرار گرفت. بررسی برهمکنش الگوی کاشت×سال نشان داد که عکس‌العمل الگوهای کاشت در سال‌های مختلف متفاوت بود. هر چند که در تمام الگوهای کاشت تعداد دانه در سنبله در سال دوم نسبت به سال اول بیشتر بود، ولی این افزایش در الگوهای کشت مخلوط مختلف، متفاوت بود، به طوری که الگوی کاشت پنجم در سال دوم بیشترین و الگوهای اول و نهم در سال اول کمترین تعداد دانه در سنبله را داشتند (جدول ۲).

جهانی و همکاران (Jahani *et al.*, 2009) در کشت مخلوط زیره سبز و عدس اظهار داشتند که با تغییر الگوی کشت از کشت مخلوط ردیفی و نواری به سمت کشت خالص از وزن هزار دانه زیره کاسته شد. کالاوناند و ویل (Calavanand Weil, 1988) در بررسی کشت مخلوط ذرت و بادام زمینی و عباسی علی‌کمر (Abbasi Ali, 2006) در بررسی کشت مخلوط زیره سبز و نخود نیز بیان کردند که میزان نفوذ نور به درون کانوپی در تراکم‌های کم بیشتر بود و باعث افزایش وزن صد دانه در بادام زمینی و وزن هزار دانه در زیره سبز شد. ظفریان (Zafarian, 2010) نیز در بررسی کشت مخلوط ذرت و سویا در شرایط مختلف علف‌های هرز عنوان کرد که نسبت‌های اختلاط و علف‌های هرز اثر معنی‌داری بر وزن هزار دانه ذرت داشتند و بیشترین وزن هزار دانه در نسبت ۲۵ درصد ذرت و بدون علف هرز و کمترین وزن هزار دانه در کشت خالص ذرت و وجود علف‌های هرز به دست آمد.

برهمکنش آنها قرار گرفت (جدول ۱). مقایسه میانگین الگوهای کاشت نشان داد که الگوهای اول و چهارم بالاترین و الگوهای هشتم و دهم کمترین عملکرد دانه در واحد سطح مخلوط را تولید کردند. دلیل این مطلب می‌تواند مربوط به سهم نسبی کمتر گندم در این الگوها باشد (جدول ۲)، زیرا این الگوها به همراه الگوی پنجم دارای بیشترین عملکرد دانه در واحد سطح اشغالی گندم بودند. این الگوها همان طور که قبل‌تر نیز بیان شد، دارای وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله بیشتری بودند. برهمکنش الگوی کاشت «سال نیز نشان داد که الگوی اول (کشت خالص گندم) در سال دوم با اختلاف معنی‌دار از سایر الگوهای کاشت، بیشترین عملکرد دانه را داشت، ولی در سال اول، الگوهای کاشت اول، سوم و پنجم دارای بیشترین عملکرد دانه بودند (جدول ۲).

خان و همکاران (Khan *et al.*, 2005) نیز در کشت مخلوط گندم با نخود، عدس و کلزا در نسبت‌های مختلف، گزارش کردند که عملکرد دانه گندم در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص گندم به ترتیب افزایش (مخلوط با نخود)، بدون تغییر (مخلوط با عدس) و کاهش (مخلوط با کلزا) یافت. بیشتر مطالعات نشان دادند که عملکرد ذرت و یولاف در نوارهای ذرت-سویا-یولاف (با ذرت-سویا) نسبت به کشت خالص آنها افزایش داشت و عملکرد دانه سویا نیز یا تغییر نکرد و یا کاهش داشت. دلیل اثرپذیری عملکرد گیاه زراعی در سیستم کشت مخلوط نوری، تغییر شرایط محیطی به وسیله گیاهان زراعی مجاور است. برای مثال، افزایش عملکرد ذرت بیشتر به دلیل افزایش قابلیت دسترسی نور است، در حالی که کاهش عملکرد سویا اغلب به دلیل سایه‌اندازی توسط ذرت است که به طور کامل از طریق افزایش نور در ردیف‌های سویای نزدیک نوار یولاف جبران نمی‌شود (Thomas and Kyujung, 2004).

#### تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR)

نتایج نشان داد که اثر سال و برهمکنش سال × الگوی کاشت «علف هرز و سال × الگوی کاشت «علف هرز × نیتروژن بر میزان PAR دریافت شده توسط کانوپی گندم معنی‌دار بود (جدول ۱). به طور کلی در سال دوم میزان PAR دریافت شده توسط کانوپی گندم بیشتر از سال اول بود (جدول ۲) که دلیل آن شرایط بهتر آب و هوایی از نظر میزان بارندگی و دمای مناسب (شکل ۱) جهت رشد و تشکیل پوشش مناسب گیاهی در سال دوم بود. معنی‌دار

خان و همکاران (Khan *et al.*, 2005) عنوان کردند که در کشت مخلوط گندم و نخود در نسبت‌های مختلف اختلاط آنها، تعداد دانه در سنبله افزایش یافت، ولی در مخلوط با کلزا تعداد دانه در سنبله کاهش یافت. ظفریان (Zafarian, 2010) در بررسی کشت مخلوط ذرت و سویا در شرایط مختلف علف هرز اظهار داشت که تعداد ردیف دانه در بلال و تعداد دانه در ردیف با افزایش سهم ذرت در سیستم کشت مخلوط کاهش یافتند و این نتیجه در تمام تیمارهای آلودگی علف‌هرز مشهود بود. با افزایش نسبت ذرت، سطح برگ در بوته کاهش یافت و به این ترتیب میزان آسیمیلیات نیز کاهش پیدا کرد. در این وضعیت رقابت درون گونه‌ای بین بوته‌های ذرت و رقابت بین گونه‌ای ذرت و علف‌های هرز افزایش می‌یابد، در نتیجه مخلوط ۲۵ درصد ذرت بیشترین و تک کشتی ذرت کمترین تعداد ردیف و تعداد دانه در ردیف را داشتند.

#### تعداد سنبله در متر مربع

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر الگوی کاشت و برهمکنش الگوی کاشت × سال بر تعداد سنبله در متر مربع معنی‌دار شد (جدول ۱). میانگین تعداد سنبله در متر مربع سطح مخلوط در سال دوم بیشتر از سال اول بود، اگرچه این اختلاف از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین الگوهای کاشت نشان داد که الگوی کاشت خالص گندم (الگوی اول) دارای بیشترین تعداد سنبله در متر مربع بود و الگوهای هشتم و دهم نیز دارای کمترین تعداد سنبله بودند که به نسبت کم گندم در آنها مربوط می‌شود (جدول ۲). بررسی برهمکنش الگوی کاشت × سال نشان داد که تفاوت تعداد سنبله در دو سال در بعضی الگوهای کاشت مانند الگوهای سوم، چهارم و ششم ناچیز بود، ولی در الگوهای دیگر مانند الگوهای اول، پنجم و نهم قابل ملاحظه بود که نشان می‌دهد شرایط مطلوب بارندگی در سال دوم آزمایش موجب افزایش تعداد سنبله در برخی از الگوهای کاشت شده است (جدول ۲). به عبارت دیگر، برخی از الگوهای کاشت به کاهش بارندگی در سال اول حساسیت نشان دادند و تعداد سنبله در آنها به طور چشمگیری کاهش داشت.

#### عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که عملکرد دانه در واحد سطح مخلوط تحت تأثیر سال، الگوی کاشت و

بودن برهمکنش سال×الگوی کاشت×علف‌هرز×نیتروژن بر میزان PAR دریافت شده توسط کانوپی گندم نشان داد که واکنش این صفت با تغییر سطوح این فاکتورها متفاوت بود. طبق نتایج به دست آمده، میانگین دو ساله دریافت نور در الگوی کاشت هشتم (۷:۲ گندم:نخود) با ۱۳۷۴/۵  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  بیشتر از بقیه الگوهای کاشت بود که نشان می‌دهد این الگو در جذب تشعشعات فعال فتوسنتزی موثر عمل کرده و از اتلاف نور جلوگیری کرده است. این الگوی کاشت از نظر وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله نیز در رتبه اول قرار داشت (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه میانگین الگوهای کاشت، سال‌ها و برهمکنش الگوی کاشت×سال در کشت مخلوط گندم و نخود

Table 2. Mean comparison of cropping patterns, years and its interaction in intercropping of wheat and chickpea

الگوی کاشت* Cropping pattern	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg.ha <sup>-1</sup> )			وزن هزار دانه (گرم) 1000 grain weight (g)			تعداد دانه در سنبله Grain number per spike			تعداد سنبله در مترمربع Spike number per m <sup>2</sup>		
	Y1	Y2	میانگین	Y1	Y2	میانگین	Y1	Y2	میانگین	Y1	Y2	میانگین
	P1	1824.3e	3998.7a	2911.5a	22.8i	36.3f	29.6a	15.5i	18.2fg	16.8d	466.5b	599.5a
P3	1701.4ef	3013.3bd	2357.3b	23.8hi	40.5b	32.1ac	18.5f	22.8b	20.7ab	349.3ef	382.7de	366.0b
P4	1729.7ef	3338.9b	2534.3ab	23.1hi	39.5c	31.3ac	17.2gh	21.2cd	19.2bc	408.5cd	423.9c	416.2b
P5	1370.8h	3140.1bc	2255.5bc	23.8hi	41.7a	32.7ab	20.4cd	24.8a	22.6a	240.8h	323.6fg	282.2c
P6	1609.1fg	3147.9bc	2378.5b	23.1hi	37.2ef	30.2bc	16.3hi	21.2cd	18.7cd	417.0cd	429.6c	423.3b
P7	1510.1g	2985.2cd	2247.6bc	23.4hi	37.8de	30.6ac	16.0hi	20.8cd	18.4cd	336.4fg	395.1cd	365.7b
P8	721.5j	1304.7h	1013.1e	25.2g	40.9ab	33.0a	20.2ce	23.5b	21.9a	104.0k	139.1jk	121.6d
P9	1328.6h	2763.1d	2045.8c	23.2hi	38.6cd	30.9ac	15.7i	19.1ef	17.4cd	307.0g	399.9cd	353.5b
P10	886.1i	1621.2fg	1253.7d	24.2h	41.3ab	32.8ab	20.1de	21.5c	20.8ab	162.6j	203.0i	182.8d
Y	1409.1b	2812.6a		23.6b	39.3a		17.8b	21.5a		310.2a	366.3a	
	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biologic yield (kg.ha <sup>-1</sup> )			ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)			شاخص برداشت Harvest index			PAR دریافت شده Interception PAR ( $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ )		
	Y1	Y2	میانگین	Y1	Y2	میانگین	Y1	Y2	میانگین	Y1	Y2	میانگین
P1	5225.6g	13848.8a	9537.2a	60.3h	96.5a	78.4a	34.8ef	28.9g	31.9b	902.5g	1479.7ab	1191.1ab
P3	4184.3ik	10837.2c	7510.7a	64.8fh	91.6bd	78.2a	41.0bc	28.0g	34.5b	921.9g	1358.4cd	1140.2b
P4	4382.6hj	11585.8b	7984.2a	64.0fh	93.4ad	78.7a	39.6cd	28.8g	34.2b	914.4g	1407.0bc	1160.7b
P5	3149.7l	8753.5f	5951.6ac	66.0fg	91.3bd	78.6a	43.5ab	35.8ef	39.7a	931.9fg	1422.2ac	1177.1ab
P6	4478.9hi	10620.8cd	7549.8a	60.8h	94.2ac	77.5a	36.3e	29.6g	33.0b	1022.4ef	1514.5a	1268.4ab
P7	3840.3jk	10183.7d	7012.0ab	63.4fh	95.0ab	79.2a	39.7cd	29.6g	34.6b	940.0fg	1454.7ac	1197.4ab
P8	1580.2m	3660.6kl	2620.4c	72.1e	89.9cd	81.0a	45.7a	35.5ef	40.6a	1283.3d	1465.6ab	1374.5a
P9	3619.1kl	9563.5e	6591.3ab	61.9gh	94.0ac	78.0a	37.1de	28.9g	33.0b	1023.9ef	1423.8ac	1223.9ab
P10	2055.2m	4855.9gh	3455.5bc	67.0f	89.1d	78.0a	43.1ab	33.5f	38.3a	1070.3e	1453.3ac	1261.8ab
Y	5225.6b	13848.8a		60.3b	96.5a		40.1a	30.9b		1001.2b	1442.2a	

میانگین‌های دارای حروف مشابه، اختلاف آماری معنی‌داری با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

P1 کشت خالص گندم، P3 کشت درهم- ردیفی با نسبت ۱:۱ گندم:نخود، P4 کشت درهم- ردیفی با نسبت ۱:۲ نخود:گندم، P5 کشت مخلوط ردیفی با نسبت ۱:۱ نخود:گندم، P6 کشت مخلوط نوری با الگوی ۵:۱:۵:۲ نخود:گندم:نخود:گندم، P7 کشت مخلوط نوری با الگوی ۷:۲ نخود:گندم، P8 کشت مخلوط نوری با الگوی ۲:۷ نخود:گندم، P9 کشت مخلوط نوری با الگوی ۹:۴ نخود:گندم، P10 کشت مخلوط نوری با الگوی ۴:۹ گندم:نخود، Y سال.

Means followed by the same letters are not significantly different by Duncan's method at 5% probability level.

P1, wheat monoculture; P3, mixed intercropping with 1:1 ratio of wheat:chickpea; P4, mixed intercropping with 2:1 ratio of wheat:chickpea; P5, row intercropping with 1:1 ratio of wheat:chickpea; P6, strip intercropping with 5:1:5:2 ratio of wheat:chickpea:wheat:chickpea; P7, strip intercropping with 7:2 ratio of wheat:chickpea; P8, strip intercropping with 2:7 ratio of wheat:chickpea; P9, strip intercropping with 4:9 ratio of chickpea:wheat; P10: strip intercropping with 9:4 ratio of wheat:chickpea; Y, year.

قابل توصیه برای کشت مخلوط کنجد و نخود را تیمار ۰/۷۵ نخود و ۰/۲۵ کنجد عنوان کردند که در آن میزان کارایی مصرف نور نخود در بالاترین حد ممکن و کارایی مصرف نور کنجد نیز بیشتر از تک‌کشتی بود. آنها همچنین عنوان کردند که کارایی مصرف نور در کشت مخلوط درهم کمتر از کشت مخلوط ردیفی بود که دلیل این امر را آرایش بهتر گیاهان در الگوی ردیفی و استفاده بهتر از منابع به ویژه آب دانستند.

تسوبو و واکر (Tsubo and Walker, 2002) در کشت مخلوط ذرت و لوبیا، شریفی و همکاران (Sharifi et al., 2003) در کشت مخلوط دو رقم پاکوتاه و پابلند گندم، ژانگ و همکاران (Zhanget al., 2008) در کشت مخلوط گندم و پنبه و محسن‌آبادی و همکاران (Mohsen et al., 2008) در کشت مخلوط جو و ماشک نیز افزایش جذب و کارایی مصرف نور را در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص گزارش کردند. حسین پناهی و همکاران (Hosseinpanahi et al., 2011) بهترین تیمار

جدول ۳- مقایسه میانگین وزن هزار دانه گندم در سطوح نیتروژن و علف هرز در سال‌های مورد مطالعه

Table 3. Mean comparison of wheat 1000 grain weight at nitrogen and weed levels in the studied years

	N1	N2	N3	W1	W2
Y1	23.7c	23.8c	23.4c	23.5c	23.7c
Y2	38.3b	39.9a	39.8a	38.7b	39.9a

Y سال، W1 بدون وجین علف هرز، W2 وجین علف هرز، N1 بدون کود، N2 ۶۰ و ۲۰ کیلو گرم در هکتار کود اوره به ترتیب برای گندم و نخود، N3 نیتراژین + ۳۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره برای گندم و بدون اوره برای نخود.

Y, year; W1, without weeding; W2, weeding; N1, no urea fertilizer; N2, 60 kg.ha<sup>-1</sup> urea for wheat and 20 kg.ha<sup>-1</sup> urea for chickpea; N3, nitrogen + 30 kg.ha<sup>-1</sup> urea for wheat and no urea for chickpea.

ژنوتیپ‌های جو گزارش و اظهار کردند که تنش خشکی ارتفاع بوته و در نتیجه عملکرد دانه را در جو کاهش داد.

#### ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر سال بر ارتفاع گندم بوته معنی‌دار (جدول ۱) و ارتفاع گندم در سال دوم به طور معنی‌دار بیشتر از سال اول بود. برهمکنش سال×الگوی کاشت نیز معنی‌دار بود (جدول ۱)، به این معنی که واکنش ارتفاع بوته گندم بین الگوهای کاشت در سال‌های مختلف متفاوت بود، به طوری که در سال اول الگوی هشتم و در سال دوم الگوی اول (کشت خالص گندم) دارای بالاترین ارتفاع بوته بود (جدول ۲). به نظر می‌رسد طولانی‌تر شدن فصل رشد و بارندگی بیشتر در سال دوم (شکل ۱)، باعث رشد بیشتر گیاهان شد. جمشیدی (Jamshidi, 2009) در کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی مشاهده کرد که تک‌کشتی ذرت و الگوهای مخلوط دارای بیش از ۵۰ درصد ذرت، بیشترین ارتفاع بوته را داشتند. ظفریان (Zafarian, 2010) نیز در کشت مخلوط ذرت و سویا عنوان کرد که با افزایش سهم ذرت در کشت مخلوط و افزایش علف‌های هرز، ارتفاع ذرت افزایش یافت. آرمینیان و همکاران (Arminian et al., 2010) نیز نتایج مشابهی را در گندم گزارش کردند. افضل‌فر و همکاران (Afzalifar et al., 2011) همبستگی مثبت ارتفاع بوته و عملکرد دانه را در

#### عملکرد بیولوژیک

نتایج نشان داد که تأثیر سال، الگوی کشت و برهمکنش آنها بر عملکرد بیولوژیک در واحد سطح مخلوط معنی‌دار بود (جدول ۱). عملکرد بیولوژیک در سال دوم حدود ۲/۸ برابر سال اول بود که به دلیل شرایط بهتر محیطی در سال دوم (شکل ۱) بود. مقایسه میانگین الگوهای کاشت نشان داد که الگوهای کشت اول، چهارم، ششم، سوم، هفتم، نهم و پنجم به ترتیب با تولید بالاترین عملکرد بیولوژیک در یک رتبه آماری قرار گرفتند و الگوهای دهم و هشتم کمترین میزان عملکرد بیولوژیک را تولید کردند (جدول ۲). دلیل این نتیجه، نسبت کم گندم در این الگوها بود، زیرا این الگوها دارای بیشترین عملکرد بیولوژیک در واحد سطح اشغالی بودند و چنان‌که قبلاً نیز اشاره شد، از نظر اجزای عملکرد نیز برتر بودند. نصیری محلاتی و همکاران (Nasiri Mahallati et al., 2011) در کشت مخلوط گندم و ذرت اظهار کردند که میزان کل ماده خشک تولید شده در کشت خالص هر دو گونه به طور معنی‌داری بیشتر از مخلوط نواری بود و تفاوت میزان



رقابتی سوق می‌دهد و در نتیجه میزان انرژی کمتری به تولید اقتصادی اختصاص می‌یابد (Abbasi Ali Kamar, 2006). از آنجایی که گندم در رقابت با نخود غالب است و از طرف دیگر، رقابت درون گونه‌ای در کشت خالص بیشتر است، بنابراین شاخص برداشت در الگوهای مخلوط بیشتر از کشت خالص به دست آمد. جهانی و همکاران (Jahani et al., 2009) و نصیری محلاتی و همکاران (Nasiri et al., 2011) به ترتیب در بررسی کشت مخلوط زیره سبز-عدس و گندم-ذرت، شاخص برداشت بیشتر در کشت‌های خالص را در مقایسه با کشت‌های مخلوط گزارش کردند. با اینحال، ظفریان (Zafarian, 2010) شاخص برداشت کمتر را در تک کشتی ذرت در مقایسه با نسبت ۷۵ درصد ذرت و ۲۵ درصد سویا گزارش کرد و دلیل آن را رقابت درون گونه‌ای دانست که در نتیجه آن بیشتر منابع به رشد رویشی تعلق می‌گیرد و بوته‌ها منابع کمتری را به رشد زایشی و عملکرد دانه اختصاص می‌دهند. سنجانی (Sanjani et al., 2010) در کشت مخلوط افزایشی سورگوم و لوبیا چشم بلبلی گزارش داد که بیشترین شاخص برداشت مربوط به تیمار سورگوم خالص در وجین کامل و کمترین آن مربوط به سورگوم خالص در حالت بدون وجین بود که این نتیجه هم همانند تحقیق حاضر نشان داد که هر چه رقابت (درون یا برون گونه‌ای) بیشتر باشد، شاخص برداشت کاهش می‌یابد.

#### علف‌های هرز در سطح اشغالی گندم

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که فقط اثر الگوی کاشت بر تراکم علف‌های هرز در واحد سطح اشغالی گندم معنی‌دار بود، اما هیچ‌یک از آثار اصلی و متقابل فاکتورها بر وزن خشک علف‌های هرز معنی‌دار نبودند (جدول ۴). مقایسه میانگین تراکم علف‌های هرز در الگوهای مختلف کاشت نشان داد که الگوی کاشت مخلوط ردیفی با نسبت ۱:۱ نخود:گندم دارای کمترین تراکم و الگوهای نهم، دهم و چهارم به ترتیب دارای بیشترین تراکم علف‌های هرز بودند (جدول ۵). کشت خالص گندم دارای کمترین وزن خشک علف‌های هرز بود، هر چند که با سایر الگوها اختلاف معنی‌داری نداشت، ولی تراکم علف هرز در کشت خالص گندم جزء بیشترین‌ها بود که نشان می‌دهد رقابت گندم با وجود تعداد بیشتر علف‌های هرز اجازه رشد بیشتر به آنها نداده است و در نتیجه همه الگوهای کاشت از نظر وزن خشک علف‌های هرز گندم در یک سطح آماری قرار

کل ماده خشک تولیدی گندم در بین مخلوط‌ها نیز مشهود بود، به طوری که در کشت مخلوط با نسبت ۳:۱ (ذرت:گندم) کمترین و در مخلوط ۳:۲ (ذرت:گندم) بیشترین میزان ماده خشک به دست آمد، اما تفاوتی بین مخلوط‌ها از نظر تولید ماده خشک ذرت مشاهده نشد.

بررسی برهمکنش الگوی کاشت×سال نیز نشان داد که عکس‌العمل الگوهای کاشت در سال‌های مختلف متفاوت بود، به طوری که الگوهای هشتم، ششم و دهم کمترین و الگوی پنجم بیشترین اختلاف عملکرد بیولوژیک را در هر دو سال آزمایش نشان دادند، به این معنی که الگوهای هشتم، ششم و دهم بیشترین و الگوی پنجم کمترین پایداری عملکرد بیولوژیک را طی دو سال داشتند (جدول ۲). با توجه به نمودار امبروترمیک دو سال آزمایش (شکل ۱)، اختلاف بین سال‌ها از نظر دما و بارندگی کاملاً مشهود بود و از این‌رو تفاوت معنی‌دار صفات مورد مطالعه طی دو سال، نشان دهنده واکنش این محصول زراعی و الگوهای مختلف کاشت به شرایط متفاوت محیطی است.

#### شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سال، الگوی کاشت و برهمکنش آنها بر شاخص برداشت گندم معنی‌دار و سایر آثار اصلی و متقابل غیر معنی‌دار بودند (جدول ۱). شاخص برداشت در سال اول به طور معنی‌داری بیشتر از سال دوم بود (جدول ۲). کاهش شاخص برداشت در سال دوم (که سال مطلوبی از لحاظ شرایط آب و هوایی بود)، این مفهوم را داشت که شرایط محیطی بهتر در سال دوم موجب افزایش عملکرد بیولوژیک بیشتری نسبت به عملکرد دانه شد. مقایسه میانگین الگوهای کاشت نشان داد که شاخص برداشت در الگوهای کاشت هشتم (کشت مخلوط نواری با الگوی ۲:۷ نخود:گندم)، پنجم (کشت مخلوط ردیفی با نسبت ۱:۱ نخود:گندم) و دهم (کشت مخلوط نواری با الگوی ۴:۹ نخود:گندم) به طور معنی‌دار بیشتر از سایر الگوهای کاشت بود (جدول ۲).

بررسی برهمکنش الگوی کاشت×سال نشان داد که شاخص برداشت در بین الگوهای کاشت طی دو سال متفاوت بود، به طوری که تفاوت شاخص برداشت طی دو سال در الگوهای کاشت اول، پنجم و ششم کمتر از سایر الگوها بود (جدول ۲). وقتی رقابت (درون یا بین گونه‌ای) برای جذب منابع بیشتر باشد، شاخص برداشت کاهش می‌یابد، زیرا گیاه انرژی کسب شده را به سمت حذف آثار

کشت خالص نخود و الگوهای کشت هشتم، نهم و دهم دارای بیشترین وزن خشک علف هرز بودند و سایر الگوهای کاشت وزن خشک کمتری داشتند (جدول ۵). بنابراین، کشت مخلوط در بعضی الگوها باعث کاهش بیوماس علف‌های هرز شد که این الگوها شامل الگوهای کشت مخلوط درهم (الگوهای ۳ و ۴)، الگوی کشت مخلوط ردیفی (الگوی ۵) و الگوهای نواری با عرض کم نوار نخود (الگوهای ۶ و ۷) بودند (جدول ۵). گومز و گورویچ (Gomez and Gurevitch, 1998) دریافتند که وزن خشک علف‌های هرز به ترتیب از کشت خالص سویا به سوی کشت مخلوط جایگزینی ذرت و سویا، کشت خالص ذرت و کشت مخلوط افزایشی ذرت و سویا کاهش یافت. پوگیو (Poggio, 2005) عنوان کرد که کشت خالص و مخلوط جو بر علف‌های هرز همراه اثر بازدارندگی مشابهی داشتند، در حالی که اثر بازدارندگی نخود فرنگی بر علف‌های هرز خیلی کمتر و متغیرتر بود. جندقی (Jandaghi, 2006) نیز در بررسی کشت مخلوط نخود سیاه و جو، بیشترین بیوماس علف هرز را از کشت خالص نخود و کمترین آن را به ترتیب از کشت خالص جو و کشت مخلوط ۱نخود+۲جو و ۱نخود+۱جو گزارش داد.

گرفتند (جدول ۵). پوگیو (Poggio, 2005) در کشت مخلوط جو-نخود فرنگی عنوان کرد که جو به شدت به جلوگیری از رشد علف‌های هرز تمایل دارد. دریایی (Daryae, 2006) نیز در بررسی کشت مخلوط جو و نخود سیاه به منظور تولید علوفه اظهار داشت که کشت خالص جو عاری از هر گونه علف هرز بود و به نظر می‌رسد که جو به عنوان یک رقیب نیرومند علف‌های هرز است. به اعتقاد آنها رشد سریع، استقرار بهتر و در نتیجه پوشش سریع‌تر و بیشتر جو پس از جوانه‌زنی و احتمالاً بر خورداری از مواد شیمیایی اللوپاتیک از دلایل کنترل خوب علف‌های هرز در تیمارهای مخلوط جو-نخود فرنگی بود.

### علف‌های هرز در سطح اشغالی نخود

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که فقط اثر الگوی کاشت بر وزن خشک علف‌های هرز در واحد سطح اشغالی نخود معنی‌دار بود و هیچ کدام از فاکتورها بر تراکم علف‌های هرز اثر معنی‌دار نداشتند (جدول ۴). گومز و گورویچ (Gomez and Gurevitch, 1998) نیز در کشت مخلوط ذرت و سویا عنوان کردند که نیتروژن و برهمکنش آن با الگوهای کاشت مخلوط بر وزن خشک علف‌های معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که

جدول ۴- تجزیه واریانس تراکم و وزن خشک علف‌های هرز در سال دوم آزمایش

Table 4. Analysis of variance for weeds density and dry matter in second year

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات			
		Mean squares		میانگین مربعات	
		نخود Chickpea		گندم Wheat	
		وزن خشک علف هرز Weed dry matter (g.m <sup>-2</sup> )	تراکم علف هرز در m <sup>2</sup> Weeds density per m <sup>2</sup>	وزن خشک علف هرز Weed dry matter (g.m <sup>-2</sup> )	تراکم علف هرز در m <sup>2</sup> Weed density per m <sup>2</sup>
تکرار Replication	2	1162.1 <sup>ns</sup>	874.7 <sup>ns</sup>	886.3 <sup>ns</sup>	466.5 <sup>ns</sup>
نیتروژن Nitrogen	2	2155.7 <sup>ns</sup>	1396.1 <sup>ns</sup>	1646.1 <sup>ns</sup>	1275.6 <sup>ns</sup>
خطای اصلی Main error	4	2285.2	436.6	448.7	301.5
الگوی کاشت Pattern	8	5802.9 <sup>**</sup>	135.2 <sup>ns</sup>	82.7 <sup>ns</sup>	183.2 <sup>**</sup>
الگوی کاشت×نیتروژن Nitrogen×Pattern	16	404.3 <sup>ns</sup>	132.0 <sup>ns</sup>	91.7 <sup>ns</sup>	71.9 <sup>ns</sup>
خطای فرعی Sub error	48	462.4	109.2	80.2	44.9
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	49	52	57	40

<sup>ns</sup>، \* و \*\*: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

<sup>ns</sup>، \* and \*\*: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۵- مقایسه میانگین الگوهای کاشت برای تراکم و وزن خشک علف‌های هرز در سال دوم

Table 5. Mean comparisons of the cropping pattern for density and dry matter of weeds in second year

الگوی کشت Cropping pattern	سطح اشغالی توسط گندم Occupied area of wheat		سطح اشغالی توسط نخود Occupied area of chickpea	
	تراکم علف هرز در $m^2$ Weeds density per $m^2$	وزن خشک علف هرز Weed dry matter ( $g.m^{-2}$ )	تراکم علف هرز در $m^2$ Weeds density per $m^2$	وزن خشک علف هرز Weed dry matter ( $g.m^{-2}$ )
P1	15.7 bc	10.4	-	-
P2	-	-	21.2 a	75.0 a
P3	16.6 ac	18.4 a	16.6 a	18.4 c
P4	18.1 ac	15.3 a	18.1 a	15.3 c
P5	7.7 c	11.2 a	13.2 a	19.9 c
P6	17.0 ac	18.0 a	23.0 a	25.9 c
P7	16.8 ac	15.3 a	25.7 a	36.3 bc
P8	12.0 cd	18.0 a	20.7 a	78.0 a
P9	23.1 a	18.2 a	23.6 a	56.2 ab
P10	20.7 ab	14.5 a	18.2 a	65.2 a

میانگین‌های دارای حروف مشابه، اختلاف آماری معنی‌داری با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ ندارند. P1 کشت خالص گندم، P2 کشت خالص نخود، P3 کشت درهم-ردیفی با نسبت ۱:۱ گندم:نخود، P4 کشت درهم - ردیفی با نسبت ۲:۱ نخود:گندم، P5 کشت مخلوط ردیفی با نسبت ۱:۱ نخود:گندم، P6 کشت مخلوط نواری با الگوی ۵:۱:۵:۲ نخود:گندم:نخود:گندم، P7 کشت مخلوط نواری با الگوی ۷:۲ نخود:گندم، P8 کشت مخلوط نواری با الگوی ۲:۷ نخود:گندم، P9 کشت مخلوط نواری با الگوی ۹:۴ نخود:گندم، P10 کشت مخلوط نواری با الگوی ۴:۹ نخود:گندم.

Means followed by the same letters are not significantly different by Duncan's method at 5% probability level. P1, wheat monoculture; P2, chickpea monoculture; P3, mixed intercropping with 1:1 ratio of wheat:chickpea; P4, mixed intercropping with 2:1 ratio of wheat:chickpea; P5, row intercropping with 1:1 ratio of wheat: chickpea; P6, strip intercropping with 5:1:5:2 ratio of wheat:chickpea:wheat:chickpea; P7, strip intercropping with 7:2 ratio of wheat:chickpea; P8, strip intercropping with 2:7 ratio of wheat:chickpea; P9, strip intercropping with 4:9 ratio of chickpea:wheat; P10: strip intercropping with 9:4 ratio of wheat:chickpea.

رقابت بین گونه‌ای، گندم در جذب و استفاده از منابع رشد توانایی بیشتری داشت. الگوهای کاشت نواری با عرض کمتر نوار گندم و عرض بیشتر نوار نخود و کشت مخلوط ردیفی در سال دوم در بیشتر صفات مورد بررسی بهتر از کشت خالص گندم بودند. الگوی کاشت ردیفی در سال دوم موجب کاهش بیوماس علف‌های هرز در نخود نیز شد که با بررسی بیشتر می‌تواند به عنوان رهیافتی جهت کنترل علف‌های هرز در نخود مورد استفاده قرار گیرد.

به طور کلی مهم‌ترین مزایای کشت‌های مخلوط، افزایش کارایی جذب و مصرف منابع و بازدارندگی از علف‌های هرز است که در مطالعات مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. استفاده از این مزایا نیز مستلزم طراحی صحیح مخلوط و انتخاب مناسب گونه‌های همراه است. نتایج این تحقیق نشان داد که صفات مورد بررسی در گندم در بیشتر موارد فقط به رقابت بین گونه‌ای (الگوهای کاشت)، سال و برهمکنش آنها واکنش نشان دادند. در

## References

- Abbasi Ali Kamar, R. 2006. Study on different densities in chickpea and cumin emphasized on weed control in Mashhad. M. Sc. Dissertation, Tehran University, Iran. (In Persian).
- Afzalifar, A., Zahravi, M. and Bihanta, M. R. 2011. Evaluation of tolerant genotypes to drought stress in Karaj region. *Journal of Agronomy and Plant Breeding* 7: 25-44. (In Persian).
- Jehad-E-Agriculture. 2010. Agricultural statistic book. Ministry of Jihad-E-Agriculture. <http://www.maj.ir/portal/Home/Default.aspx>
- Arminian, A., Houshmand, S. and Shiran, B. 2010. Evaluation the relationships between grain yield and some of its related traits in a doubled-haploid bread wheat population. *Electronic Journal of Crop Production* 3: 21-38. (In Persian).

- Calavan, K. M. and Weil, R. 1988.** Peanut-corn intercrop performance as affected by within-row corn spacing at contrast row spacing. **Agronomy Journal** 80: 635-642.
- Daryaei, F. 2006.** Intercropping of barley-chickpea to high production in dryland conditions. M. Sc. Dissertation, Tarbiat Modarres University, Iran. (In Persian).
- Gomez, P. and Gurevitch, J. 1998.** Weed community responses in a corn-soybean intercrop. **Applied Vegetation Science** 1: 281-288.
- Hosseinpanahi, F., Pouramir, F., Koocheki, A., Nassiri, Mahallati, M. and Ghorbani, R. 2011.** Evaluation of light interception and utilization efficiency in replacement series intercropping of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and sesame (*Sesamum indicum* L.). **Journal of Agroecology** 3: 106-120. (In Persian).
- Jahani, M., Koocheki, A. and Nassiri Mahallati, M. 2009.** Comparison of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum*) and lentil (*Lens culinaris*). **Iranian Agronomic Research Journal** 6: 67-78. (In Persian).
- Jamshidi, Kh. 2009.** Study on some ecophysiological traits of corn and mung bean in intercropping. Ph. D. Dissertation, Tehran University, Iran. (In Persian).
- Jandaghi, R. 2006.** Study of water stress on grain yield in chickpea-barley intercropping. M. Sc. Dissertation, Islamic Azad University, Saveh Branch, Iran. (In Persian).
- Khan, M. A. 2002.** Production efficiency of chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by inoculation, phosphorus levels and intercropping. Ph. D. Dissertation, Faisalabad University of Agriculture, Pakistan.
- Khan, M., Rahmat Ullah Khan, A. W. and Rashid, A. 2005.** Yield and yield components of wheat as influenced by intercropping of chickpea, lentil and rapeseed in different proportions. **Pakistan Journal of Agricultural Sciences** 42: 1-3.
- Li, L., Tang, C., Rengel, Z. and Zhang, F. 2003.** Chickpea facilitates phosphorus uptake intercropped wheat from an organic phosphorus source. **Plant and Soil** 248: 297-303.
- Mazaheri, D. 1995.** Intercropping. Tehran University Press. (In Persian).
- Mohsen Abadi, Gh. R., Jahansooz, M. R., Chaeichi, M. R., Rahimian Mashhadi, H., Liaghat, A. M. and Savaghebi, Gh. R. 2008.** Evaluation of barley-vetch intercrop at different nitrogen rates. **Journal of Agricultural Science and Technology** 10: 23-31.
- Nasiri Mahallati, M., Koocheki, A. and Jahan, M. 2011.** Light interception and utilization efficiency in relay intercropping of winter wheat and corn. **Iranian Journal of Field Crops Research** 8 (6): 878-890. (In Persian).
- Poggio, S. L. 2005.** Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley. **Agriculture, Ecosystems and Environment** 109 (1-2): 48-58.
- Sanjani, S., Hossaini, S. M. B., Chaiechi, M. R. and Rezvan Bidokhti, Sh. 2010.** Effect of intercropping sorghum-mung bean on weeds biomass and population in low irrigation condition. **Iranian Journal of Field Crops Research** 7: 85-95. (In Persian).
- Sharifi, R., Javanshir, A., Asghari, J. and Hasanpanah, D. 2003.** Study on two wheat varieties in intercropping. **Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources** 4: 43-53. (In Persian).
- Thomas, W. and Kyujung, V. J. 2004.** Microenvironment of a corn-soybean-oat strip intercrop system. **Field Crops Research** 90: 335-349.
- Tsubo, M. and Walker, S. 2002.** A model of radiation interception and use by a maize-bean intercrop canopy. **Agriculture and Forest Meteorology** 110 (3): 203-215.
- Vandermeer, J. 1989.** The ecology of intercropping. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Zafarian, F. 2010.** Ecophysiological response of corn-soybean intercropping to competition with datura and amaranthus weeds. Ph. D. Dissertation, Tehran University, Iran. (In Persian).
- Zhang, F. and Li, L. 2003.** Using competitive and facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrient use efficiency. **Plant and Soil** 248: 305-312.
- Zhang, L., Vander Werf, W., Bastiaans, L., Zhang, S., Li, B. and Spiertz, J. H. J. 2008.** Light interception and utilization in relay intercrops of wheat and cotton. **Field Crops Research** 107: 29-42.
- Zuo, Y., Zhang, F., Li, X. and Cao, Y. 2000.** Studies on the improvement in iron nutrition of peanut by intercropping with maize on a calcareous soil. **Plant and Soil** 220: 13-25.

## Investigation of yield and some traits of wheat and weeds in intercropping with chickpea under nitrogen management in rainfed condition

Abdolvahab Abdulahi<sup>1\*</sup>, Adel Dabbagh Mohammadasab<sup>2</sup> and Safar Nasrolahzadeh<sup>2</sup>

1. Assist. Prof., Dryland Agricultural Research Institute, Kermanshah, Iran, 2. Assoc. Prof., Dept. of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Iran

(Received: November 19, 2014- Accepted: September 14, 2015)

### Abstract

Intercropping is known to improve the utilizing resources and increasing yield and yield stability as compare with monoculture. To evaluate wheat-chickpea intercropping, an experiment in factorial split plot based on randomized complete block design with three replications was carried out in Dryland Agricultural Research Institute, Sararoud, Kermanshah, Iran, during two years (2008-10). Two factors, N fertilizer in three levels (1. No fertilizer; 2. 60 kg.ha<sup>-1</sup> urea for wheat and 20 kg.ha<sup>-1</sup> for chickpea and 3. Nitragin as a biofertilizer + 30 kg.ha<sup>-1</sup> urea for wheat and no urea for chickpea) and weed control in two levels (no weeding and weeding) were placed as factorial in main plots. In the sub-plots were also placed ten intercropping patterns including: 1. Wheat monoculture, 2. Chickpea monoculture, 3. Mixed-row intercropping with 1:1 ratio of wheat:chickpea, 4. Mixed-row intercropping with 2:1 ratio of wheat:chickpea, 5. Row intercropping with 1:1 ratio of wheat:chickpea, 6. Strip intercropping with 2:5:1:5 ratio of chickpea:wheat:chickpea:wheat, 7. Strip intercropping with 2:7 ratio of chickpea:wheat, 8. Strip intercropping with 7:2 ratio of chickpea:wheat, 9. Strip intercropping with 4:9 ratio of chickpea:wheat and 10. Strip intercropping with 9:4 ratio of chickpea:wheat. Results showed that number of grain per spike, number of spike per m<sup>2</sup>, grain yield, plant height, biological yield and harvest index of wheat were affected by inter-specific competition (cropping pattern), year and their interaction effect. Wheat had higher competition ability to uptake and use the resource than chickpea. Strip intercropping patterns with lower width of the wheat strip and more width of chickpea strip (patterns 8 and 10) and row intercropping (pattern 5) were better than the wheat monoculture in most studied traits like plant height in first year, biological and grain yield, harvest index and light absorption. The row intercropping in second year reduced weed biomass in chickpea which not only was superior to monoculture, but it can be used as an approach to weed control in chickpea.

**Keywords:** Competition, PAR, Row intercropping, Strip intercropping

\*Corresponding author: [avabdulahi51@yahoo.com](mailto:avabdulahi51@yahoo.com)