

## تأثیر رقابت خَلَر (*Lathyrus sativus* L.) و تاج‌خروس وحشی (*Amaranthus retroflexus* L.) تحت شرایط تنش کم‌آبی

محمدجواد بابائی زارچ<sup>۱</sup>، مجید جامی الاحمدی<sup>۲\*</sup>، غلامرضا زمانی<sup>۲</sup>، فرزانه گلستانی فر<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند؛

۲. اعضای هیئت‌علمی گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند؛

۳. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد شناسایی و مبارزه با علف‌های هرز، دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند.

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۷/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۵/۲۴

### چکیده

آب یکی از مهم‌ترین عوامل موردنیاز برای رشد و نمو گیاهان است و هر دو گونه گیاه زراعی و علف‌هرز برای کسب آن با یکدیگر در حال رقابت هستند. به‌منظور بررسی تأثیر تنش خشکی بر چگونگی رقابت خَلَر و تاج‌خروس وحشی، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و بر اساس آزمایش‌های سری‌های جانشینی در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند در سال ۱۳۹۱ صورت گرفت. تیمارهای آزمایش شامل نسبت‌های مختلف کشت خَلَر- تاج‌خروس وحشی (۱۰۰-۷۵، ۷۵-۵۰، ۵۰-۲۵، ۲۵-۰ درصد) و ۴ سطح رطوبتی (۱۰۰، ۷۵، ۵۰، ۲۵ درصد ظرفیت نگهداری آب گلدان) بودند. نتایج نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی از ۱۰۰ به ۲۵ درصد ظرفیت نگهداری آب گلدان، ماده خشک تولیدی کشت خالص هر دو گیاه خَلَر و تاج‌خروس وحشی با بیش از ۹۵ درصد کاهش همراه بود ( $P < 0.01$ ). بررسی شاخص عملکرد نسبی هر دو گیاه، شاخص تهاجم نسبی و همچنین شاخص غالبیت نشان داد که در شرایط وجود رقابت بین دو گیاه، در سطوح بالای رطوبتی خاک (۱۰۰ تا ۵۰ درصد ظرفیت نگهداری آب گلدان) تاج‌خروس وحشی نسبت به خَلَر از قدرت رقابتی بیشتری برخوردار است. اگرچه خَلَر با کاهش بیشتر آب خاک به ۲۵ درصد ظرفیت نگهداری آب گلدان بر تاج‌خروس وحشی برتری نشان داد، اما به نظر می‌رسد تحت این شرایط کشت خَلَر از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر نخواهد بود.

واژه‌های کلیدی: شاخص تهاجم، عملکرد نسبی، حبوبات، قدرت رقابتی.

### مقدمه

رقابتی گیاه زراعی در برابر با علف‌های هرز می‌شود. نتایج کارسون و همکاران (Carson et al., 1999) نشان داد که گندم با حفظ سطح برگ خود تحت تنش خشکی برتری رقابتی بیشتری نسبت به چچم ایتالیایی داشته است. در گزارش دیگری نیز در خصوص رقابت گندم و چچم بیان شد که تنش کمبود آب سبب ۴۶ و ۱۸ درصد کاهش عملکرد گندم به ترتیب تحت شرایط تک‌کشتی و مخلوط شد و بیومس چچم توسط رقابت بیش از گندم تأثیر پذیرفت. تحت هر دو شرایط خشک و مرطوب، بیومس چچم زمانی که در مخلوط با گندم کشت شده بود تا ۸۱٪ نسبت به

عملکرد گیاهان زراعی تحت تأثیر عوامل محیطی و رقابت علف‌های هرز، به‌عنوان یک جزء جدانشدنی کشاورزی، قرار دارد. در مناطق خشک و نیمه‌خشک، کشت‌وکار گیاهان زراعی همواره با تهدید کمبود آب مواجه است. در این شرایط، رقابت بین علف‌های هرز و گیاهان زراعی بر سر آب سبب کاهش بیشتر رطوبت موجود در خاک شده که می‌تواند باعث بروز تنش کم‌آبی و درنهایت کاهش رشد علف‌های هرز و عملکرد گیاهان زراعی شود (Zand et al., 2005). پاترسون (Patterson, 1995) عقیده دارد که کمبود رطوبت موجود در خاک منجر به افزایش قدرت

تک‌کشتی کاهش یافت. در این شرایط، شاخص سطح برگ گندم از تنش آب بیشتر از رقابت تأثیر پذیرفته بود، در حالی که در خصوص چچم، این رقابت گندم بود که بیشتر تأثیرگذار بود (Deen et al., 2003). گزارش‌هایی نیز وجود دارد که تنش آب منجر به افزایش قدرت رقابتی علف‌هرز در برابر گیاه زراعی شده است. در مورد رقابت سویا با علف‌هرز *Desmodium tortuosum* (Griffen et al., 1989) و علف‌هرز *Senna obtusifolia* (Patterson, 1986) گزارش شده است که در شرایط وجود تنش خشکی، سویا از قدرت رقابتی کمتری نسبت به دو علف‌هرز مذکور برخوردار است. علاوه بر شرایط نامساعد محیطی همانند تنش کمبود آب، خود رقابت علف‌های هرز نیز به‌تنهایی کاهش عملکرد گیاه زراعی را به همراه دارد، اما این کاهش در گیاهانی با قدرت رقابتی بالا کمتر دیده می‌شود. حبوبات که دارای ارتفاع کم و بنیه ضعیف هستند را می‌توان از جمله گیاهان با قدرت رقابتی ضعیف نام برد (Upadhyaya and Blackshaw, 2007). گزارش‌های برخی محققین تأییدکننده این موضوع است که حبوبات نسبت به غلات و دانه‌های روغنی از قدرت رقابتی کمتری برخوردار هستند که این موضوع کاهش بیشتر عملکرد این‌گونه از گیاهان زراعی در رقابت با علف‌های هرز را سبب می‌شود (Lutman et al., 1993; Melander, 1993; Lemerle, 1995).

خلر (*Lathyrus sativus* L.) گیاهی یک‌ساله، پاییزه و از خانواده بقولات است که در شرایط نامناسب به‌خوبی رشدونمو می‌کند. این گیاه دارای ساقه‌های خوابیده یا پیچنده و ضعیف بوده و برگ‌های نسبتاً بزرگی تولید می‌کند و ارتفاع ساقه آن از ۵۰ تا ۲۰۰ سانتی‌متر متغیر است. خلر نقش بسیار مهمی به‌عنوان یک لگوم در تناوب زراعی داشته و کشت آن در یک‌فصل زراعی به‌طور تقریبی معادل اضافه کردن حدود ۶۷ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به خاک است (Wang et al., 2000). اگرچه خلر تحمل بسیار زیادی به تنش خشکی دارد (Cocks et al., 2000)، اما کوتاه بودن دوره رشدی آن (Tyagi et al., 1999) منجر به افزایش خسارت‌پذیری این گیاه نسبت به علف‌های هرز می‌شود (Majnoon Hossaini, 2009).

### مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی اثر سطوح مختلف آبیاری (تنش آب) و رقابت نسبت‌های کشت خلر- تاج‌خروس وحشی، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار به‌صورت گلدانی در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند در سال ۱۳۹۱ انجام گرفت. جدول ۱ خصوصیات خاک مورد استفاده را نشان می‌دهد.

فاکتورهای آزمایش شامل ۴ سطح مختلف تنش آب (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت نگهداری آب گلدان) و نسبت‌های مختلف کشت خلر - تاج‌خروس وحشی (۱۰۰-۰، ۷۵-۲۵، ۵۰-۵۰ و ۲۵-۷۵ و ۱۰۰-۰ درصد) بود. تراکم کل داخل هر گلدان ثابت و برابر با ۴ بوته در گلدان در نظر گرفته شد. واحدهای آزمایشی شامل گلدان‌هایی با قطر و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر بودند. قبل از کاشت ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار (معادل ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم و فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل و ۵۰ کیلوگرم در هکتار (معادل ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم

تک‌کشتی کاهش یافت. در این شرایط، شاخص سطح برگ گندم از تنش آب بیشتر از رقابت تأثیر پذیرفته بود، در حالی که در خصوص چچم، این رقابت گندم بود که بیشتر تأثیرگذار بود (Deen et al., 2003). گزارش‌هایی نیز وجود دارد که تنش آب منجر به افزایش قدرت رقابتی علف‌هرز در برابر گیاه زراعی شده است. در مورد رقابت سویا با علف‌هرز *Desmodium tortuosum* (Griffen et al., 1989) و علف‌هرز *Senna obtusifolia* (Patterson, 1986) گزارش شده است که در شرایط وجود تنش خشکی، سویا از قدرت رقابتی کمتری نسبت به دو علف‌هرز مذکور برخوردار است. علاوه بر شرایط نامساعد محیطی همانند تنش کمبود آب، خود رقابت علف‌های هرز نیز به‌تنهایی کاهش عملکرد گیاه زراعی را به همراه دارد، اما این کاهش در گیاهانی با قدرت رقابتی بالا کمتر دیده می‌شود. حبوبات که دارای ارتفاع کم و بنیه ضعیف هستند را می‌توان از جمله گیاهان با قدرت رقابتی ضعیف نام برد (Upadhyaya and Blackshaw, 2007). گزارش‌های برخی محققین تأییدکننده این موضوع است که حبوبات نسبت به غلات و دانه‌های روغنی از قدرت رقابتی کمتری برخوردار هستند که این موضوع کاهش بیشتر عملکرد این‌گونه از گیاهان زراعی در رقابت با علف‌های هرز را سبب می‌شود (Lutman et al., 1993; Melander, 1993; Lemerle, 1995).

خلر (*Lathyrus sativus* L.) گیاهی یک‌ساله، پاییزه و از خانواده بقولات است که در شرایط نامناسب به‌خوبی رشدونمو می‌کند. این گیاه دارای ساقه‌های خوابیده یا پیچنده و ضعیف بوده و برگ‌های نسبتاً بزرگی تولید می‌کند و ارتفاع ساقه آن از ۵۰ تا ۲۰۰ سانتی‌متر متغیر است. خلر نقش بسیار مهمی به‌عنوان یک لگوم در تناوب زراعی داشته و کشت آن در یک‌فصل زراعی به‌طور تقریبی معادل اضافه کردن حدود ۶۷ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به خاک است (Wang et al., 2000). اگرچه خلر تحمل بسیار زیادی به تنش خشکی دارد (Cocks et al., 2000)، اما کوتاه بودن دوره رشدی آن (Tyagi et al., 1999) منجر به افزایش خسارت‌پذیری این گیاه نسبت به علف‌های هرز می‌شود (Majnoon Hossaini, 2009).

تاج‌خروس وحشی یا ریشه قرمز (*Amaranthus retroflexus* L.) یکی از مهم‌ترین علف‌های هرز اصلی دنیای جدید به‌شمار می‌آید که می‌تواند عملکرد گیاهان زراعی را از طریق رقابت شدیداً کاهش دهد (Mitich, 2009).

تاج‌خروس وحشی یا ریشه قرمز (*Amaranthus retroflexus* L.) یکی از مهم‌ترین علف‌های هرز اصلی دنیای جدید به‌شمار می‌آید که می‌تواند عملکرد گیاهان زراعی را از طریق رقابت شدیداً کاهش دهد (Mitich, 2009).

۹۰/۲±۰/۷۳ گرم بود. بذور هر دو گیاه با دو برابر تراکم موردنظر کشت گردید. بعد از استقرار گیاهچه‌ها در مرحله چهار برگی تراکم‌های موردنظر در هر گلدان ایجاد شد. برای تعیین رطوبت آب خاک از وزن کردن گلدان‌ها استفاده شد و معیار آبیاری خروج ۲۰ درصد آب خاک بود. برای آبیاری گلدان‌ها نیز تا مرحله استقرار بوته از آب مقطر و بعد از آن نیز با آب با شوری ۰/۶ دسی‌زیمنس برمتر استفاده شد.

خاک) نیتروژن از منبع اوره به خاک گلدان‌ها اضافه گردید. آب موردنیاز برای هر تیمار همراه با کودهای شیمیایی با کل خاک هر گلدان مخلوط گردید ( Sayyari-zahan et al., 2009). بذور تاج‌خروس ریشه قرمز از مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند در شهریورماه سال ۱۳۹۰ با وزن هزار دانه ۰/۳۵±۱/۴ گرم جمع‌آوری شدند. بذور خلر نیز از توده بیرجند و دارای وزن هزار دانه

جدول ۱. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه انتخاب‌شده برای آزمایش‌های گلدانی

Table 1. Some physical and chemical properties of field's soil used for pot experiments

هدایت الکتریکی	اسیدیته سدیم	کلر	کلسیم	منگنز	آهک	کربن آلی	مواد آلی	ظرفیت زراعی	رس سیلت شن	بافت خاک
EC	pH	Na	Ca	Ma	Total limestones	Organic carbon	Organic matter	Field capacity	Sand	Soil texture
(dS.m <sup>-1</sup> )		(meq/l)				(%)				
0.87	8.16	2.6	4.8	4.4	15	0.17	0.29	13.2	42	Lom

غالبیت گیاه زراعی نسبت به علف‌هرز و نسبت گیاه زراعی و علف‌هرز در کشت مخلوط می‌باشد. برای تجزیه آماری از نرم‌افزار SAS استفاده شد و دیگر محاسبات و رسم نمودارها نیز با نرم‌افزار Excel و مقایسه میانگین با آزمون FLSD در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

### نتایج و بحث

بر طبق نتایج تجزیه واریانس، عملکرد بیولوژیک تولیدشده خلر و تاج‌خروس وحشی تحت تأثیر سطوح مختلف رطوبتی تفاوت بسیار معنی‌داری داشت (P<0.01). با کاهش محتوای آب خاک از ۱۰۰ به ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت نگهداری آب گلدان، ماده خشک تولیدی خلر به ترتیب به میزان ۴۷/۶۴، ۸۱/۲۴ و ۹۵/۶۸ درصد کاهش یافت. در خصوص تاج‌خروس، تغییر محتوای آب خاک از ۱۰۰ به ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت نگهداری منجر به کاهش ماده خشک تولیدی به ترتیب به میزان ۲۰/۴۵، ۷۱/۰۱ و ۹۵/۶۱ درصد شد که نشان می‌دهد درصد کاهش ماده خشک تاج‌خروس در سطوح ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت نگهداری آب نسبت به خلر کمتر بوده است (شکل ۱). هرچند هنگامی که محتوای آب خاک از ۵۰ به ۲۵ درصد ظرفیت نگهداری آب کاهش یافت، میزان عملکرد ماده خشک خلر و تاج‌خروس

بعد از رسیدگی فیزیولوژیک خلر (قهوه‌ای شدن نیام‌ها) اندام هوایی خلر و تاج‌خروس به‌صورت جداگانه برداشت و پس از خشک شدن به مدت ۴۸ ساعت در آن با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد با ترازوی آزمایشگاهی با دقت هزارم گرم وزن شدند. برای تحلیل نتایج آزمایش از شاخص‌های عملکرد نسبی (معادله ۱)، عملکرد نسبی کل (نسبت برابری زمین؛ معادله ۲)، شاخص‌های تهاجم نسبی هر یک از گونه‌ها و کل (معادله‌های ۳ و ۴) و شاخص غالبیت (معادله ۵) استفاده شد (Weiget and Jolliffe, 2003).

$$RY = \frac{Y_{12}}{Y_{11}} \quad [1]$$

$$RYT = RY_1 + RY_2 \quad [2]$$

$$RCC_a = \frac{RY_a}{1 - RY_a} \quad [3]$$

$$RCC_{ab} = \left[ \frac{RY_a}{1 - RY_a} \times \frac{RY_b}{1 - RY_b} \right] \quad [4]$$

$$Acw = \frac{Y_{12}}{Y_{11} \times Z_{cw}} - \frac{Y_{21}}{Y_{22} \times Z_{wc}} \quad [5]$$

در معادلات فوق  $Y_{11}$  و  $Y_{12}$  به ترتیب ماده خشک تولیدشده توسط گونه ۱ در کشت مخلوط با گونه ۲ و ماده خشک تولیدشده توسط گونه ۱ در کشت خالص آن،  $RY_a$  و  $RY_b$  عملکرد نسبی گونه‌های همراه،  $RYT$  عملکرد نسبی کل و  $RCC$  ضریب تهاجم نسبی هستند. در معادله ۵،  $Z_{cw}$  و  $Z_{wc}$  نیز به ترتیب نشان‌دهنده شاخص

دیده شده است که تاج‌خروس وحشی با کاهش تنش خشکی اول فصل و سایه‌اندازی در انتهای فصل روابط آب در پنبه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Stuart et al., 1984). در مطالعه دیگری مشخص شد که گونه *A. spinosus* در شرایط تنش خشکی نسبت سطح برگ خود را افزایش داده است و باعث شده علف‌هرز در شرایط تنش خشکی رقابتی‌تر باشد (Chauhan and Abugho, 2013).

در تفسیر نتایج آزمایش‌هایی که با استفاده از سری‌های جانشینی طراحی و اجرا شده است می‌توان از عملکرد نسبی گونه‌ها (معادله ۱ و ۲) بهره جست. بر این اساس هر چه مقدار عددی عملکرد نسبی هر یک از گونه‌ها بیشتر باشد آن‌گونه در رقابت بهتر عمل کرده و دارای قدرت رقابتی بیشتری نیز می‌باشد (Weiget and Jolliffe, 2003). بر این اساس نتایج حاصل از عملکرد نسبی این آزمایش (جدول ۲) نشان می‌دهد که عملکرد نسبی خلر نسبت به عملکرد نسبی تاج‌خروس وحشی در شرایط رقابت کمتر می‌باشد که بیانگر بیشتر بودن قدرت رقابتی تاج‌خروس وحشی نسبت به خلر است. البته در بیشترین سطح کمبود آب (۲۵ درصد ظرفیت نگهداری آب گلدان) عملکرد نسبی خلر نسبت به عملکرد نسبی تاج‌خروس پیشی گرفت که این افزایش قدرت رقابتی خلر را با افزایش تنش خشکی نشان می‌دهد. در نسبت کشت ۵۰-۵۰ (خلر و تاج‌خروس وحشی)، عملکرد نسبی خلر و تاج‌خروس در تیمار شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت نگهداری آب گلدان) به ترتیب برابر با ۰/۴۹ و ۰/۵۶ بود. این موضوع نشان‌دهنده بیشتر بودن قدرت رقابتی تاج‌خروس در شرایط عدم تنش نسبت به خلر می‌باشد. در همین نسبت کشت با کاهش میزان رطوبت به ۷۵ درصد ظرفیت نگهداری آب، عملکرد نسبی تاج‌خروس و خلر به ترتیب به ۰/۷۸ و ۰/۲۴ رسید.

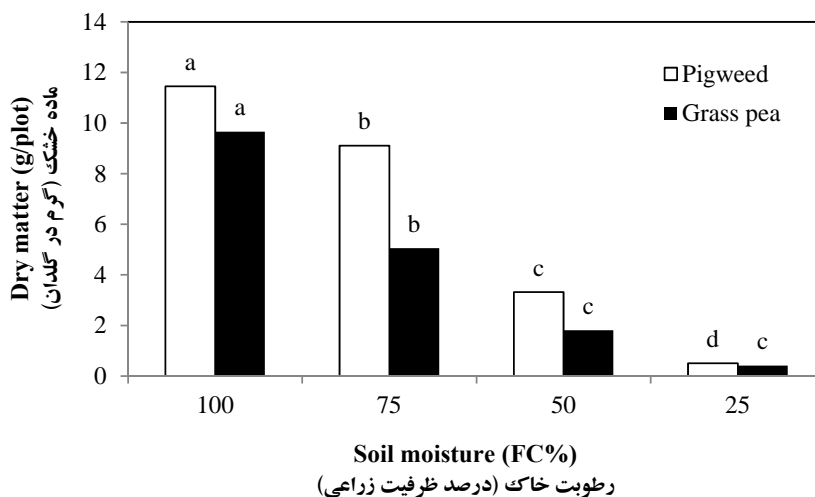
با کم شدن رطوبت از ۱۰۰ به ۷۵ درصد ظرفیت نگهداری آب گلدان عملکرد نسبی خلر با ۵۲/۴۳ درصد کاهش و عملکرد نسبی تاج‌خروس با ۳۸/۷۸ درصد افزایش همراه بود؛ بنابراین در شرایط وجود تنش خفیف با افزایش قدرت رقابتی تاج‌خروس وحشی از قدرت رقابتی خلر کاسته می‌شود؛ اما در شرایط وجود ۵۰ درصد رطوبت خاک عملکرد نسبی خلر نسبت به تیمار ۷۵ درصد ظرفیت نگهداری آب با ۱۸/۴۹ درصد افزایش همراه بود؛ اما عملکرد نسبی تاج‌خروس وحشی با ۴۳/۷۴ درصد کاهش داشت؛ بنابراین اگرچه تاج‌خروس در شرایط وجود رطوبت کافی توانایی

وحشی به ترتیب با ۸۴/۸ و ۷۷ درصد کاهش همراه بود. این نتایج نشان می‌دهد که خلر به سطوح کم رطوبتی خاک تحمل بهتری نسبت به تاج‌خروس داشته و شیب کاهش تجمع ماده خشک آن در پاسخ به کم شدن میزان رطوبت خاک کمتر از تاج‌خروس است (شکل ۱). در شرایط کمبود شدید آب خاک (۲۵٪ ظرفیت نگهداری آب گلدان)، ماده خشک هر دو گیاه بیش از ۹۵ درصد کاهش را نسبت به شرایط تأمین ۱۰۰٪ ظرفیت نگهداری آب گلدان نشان داد. تنش خشکی منجر به کاهش فتوسنتز به دلایلی همچون بسته شدن روزنه‌ها و کاهش دی‌اکسیدکربن قابل‌استفاده در سلول‌های مزوفیل (Flexas et al., 2007) می‌شود که نتیجه مستقیم آن کاهش ظرفیت فتوسنتزی گیاه است (Bertamini et al., 2007).

آنچه روشن است، پاسخ گیاهان سه‌کربنه و چهارکربنه و همچنین علف‌های هرز نسبت به گیاهان زراعی به تنش خشکی بسیار باهم متفاوت است. نوریس (Norris, 1996) در رابطه آب مصرف‌شده و تولید زیست‌توده در علف‌هرز به این نکته اشاره کرد که ضریب تعرق برای گیاهان سه‌کربنه معادل ۶۶۶ و برای گیاهان چهار کربنه معادل ۳۰۰ می‌باشد. در سطوح بالای رطوبتی، کاهش ماده خشک تاج‌خروس وحشی با کاهش میزان آب خاک نسبت به خلر کمتر بود که این می‌تواند با نوع سیستم فتوسنتزی گیاه مرتبط باشد. راشد محصل و ایزدی (Rashed Mohassel et al., 2008) نیز در بررسی خود به این نکته اشاره داشتند که با کاربرد نیتروژن، تلفات ماده خشک ذرت و تاج‌خروس تحت تنش خشکی وجود داشته اما تأثیر تنش آب روی ذرت بیشتر از تاج‌خروس وحشی بود. ماسینگ و همکاران (Massinga et al., 2003) علت این موضوع را پاسخ بهتر فیزیولوژیک تاج‌خروس وحشی نسبت به تنش خشکی گزارش داده‌اند. همان‌طور که دیگر مطالعات نیز تأیید کرده‌اند، علف‌های هرز در جذب و مصرف منابع به‌خصوص آب بهتر از گیاهان زراعی عمل می‌کنند، هرچند محدودیت شدید بر توان کسب منابع آن‌ها نیز تأثیرگذار است (Aspiazu et al., 2010; Chauhan and Abugho, 2013). پترسون و فلینت (Patterson and Flint, 1983) به این نکته اشاره داشتند که از بین هفت علف‌هرز که با سویا رقابت داشتند، سرعت فتوسنتز خالص، سرعت تثبیت خالص و کارایی مصرف آب تاج‌خروس چه در مقیاس تک بوته و چه در مقیاس تک‌برگ بیشتر از دیگر علف‌های هرز بود. همچنین

آب گلدان) عملکرد نسبی خلر و تاج خروس به ترتیب برابر با ۰/۷ و ۰/۶۳ بود؛ بنابراین در این سطح تنش خلر توانست قدرت رقابتی بیشتری از خود نشان داده و بر تاج خروس برتری پیدا کند.

رقابتی بیشتری دارد اما با افزایش تنش به بیش از ۵۰ درصد ظرفیت نگهداری آب گلدان قدرت رقابتی خلر افزایش می یابد اما میزان عددی عملکرد نسبی تاج خروس همچنان از خلر بیشتر می باشد. در بیشترین میزان تنش که در این آزمایش مورد بررسی قرار گرفت (۲۵ درصد ظرفیت نگهداری



شکل ۱. ماده خشک تولیدی خلر و تاج خروس وحشی تحت تأثیر رژیم های مختلف آبی، نشان دهنده کاهش خطی ماده خشک هر دو گونه خلر ( $y = -3.0982x + 11.983; R^2 = 0.949$ ) و تاج خروس ( $y = -3.8635x + 15.753; R^2 = 0.972$ ) با کاهش محتوی رطوبتی خاک.

Fig. 1. Accumulated dry matter of green pea and pigweed species under different water regimes, showing linear reduction in dry matter of both grasspea ( $y = -3.0982x + 11.983; R^2 = 0.949$ ) and pigweed ( $y = -3.8635x + 15.753; R^2 = 0.972$ ) species.

جدول ۲. عملکرد نسبی خلر، تاج خروس وحشی تحت تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی و نسبت های مختلف کشت دو گیاه.

Table 2. Relative yield of grass pea and pigweed affected by different levels of water stress and the planting ratio.

رطوبت خاک (% ظرفیت نگهداری آب گلدان)	خلر Grass Pea			تاج خروس وحشی Pigweed			کل Total		
	25-75	50-50	75-25	25-75	50-50	75-25	25-75	50-50	75-25
100	0.13	0.49	0.47	0.84	0.56	0.40	0.98	1.06	0.87
75	0.06	0.24	0.52	0.81	0.78	0.64	0.86	1.02	1.17
50	0.32	0.28	0.39	0.54	0.44	0.40	0.86	0.72	0.80
25	0.37	0.70	0.95	0.85	0.63	0.36	1.22	1.33	1.31

قابل دسترس بیشتر از تک‌کشتی است و علت آن را می‌توان اختلاف در الگوی ریشه‌دهی دانست که سبب می‌شود جذب آب در سیستم افزایش‌یافته و بدین ترتیب مقدار آب قابل دسترس هر گیاه افزایش می‌یابد ( Hemayati et al., 2002).

وضعیت تغییرات منحنی عملکرد نسبی هر یک از گونه‌ها نیز می‌تواند در ارزیابی قدرت رقابتی گونه‌ها در آزمایش‌های سری‌های جانیشینی دارای اهمیت باشد. اگر تغییرات عملکرد نسبی یک گونه به‌صورت محدب باشد، آن گونه دارای قدرت رقابتی بیشتر و چنانچه گیاه قدرت رقابتی ضعیف‌تری داشته باشد، تغییرات عملکرد نسبی به‌صورت مقعر خواهد بود ( Zand et al., 2005; Atri and Zand, 2005). تغییرات منحنی عملکرد نسبی خَلَر تحت سطوح ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت نگهداری آب گلدان به‌صورت مقعر بود (شکل ۲)، که نشان‌دهنده قدرت رقابتی ضعیف خَلَر در مقابل تاج‌خروس وحشی در این سطوح از تنش خشکی می‌باشد؛ اما تغییرات عملکرد نسبی خَلَر در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت نگهداری آب گلدان به‌صورت محدب بود که این موضوع نیز نشان‌دهنده بهبود قدرت رقابتی خَلَر در مقابل تاج‌خروس ریشه قرمز می‌باشد. در ارزیابی شکل‌های سری‌های جانیشینی چنانچه منحنی دو گونه در نسبت ۵۰-۵۰ هم‌دیگر را قطع نمایند نشان‌دهنده عدم وجود رقابت بین‌گونه‌ای است (Atri and Zand, 2005)؛ بنابراین تغییرات منحنی عملکرد نسبی (شکل ۲) نشان می‌دهد که در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت نگهداری آب گلدان کمترین رقابت بین‌گونه‌ای بین خَلَر و تاج‌خروس وجود داشته است؛ اما عملکرد نسبی خَلَر نسبت به تاج‌خروس بیشتر بود که نشانگر برتری رقابتی خَلَر نسبت به تاج‌خروس است. این موضوع به‌احتمال زیاد حاصل تفاوت قابل‌ملاحظه بین بنیه گیاهچه‌های این دو گیاه می‌باشد؛ بنابراین احتمال می‌رود در تنش شدید بنیه اولیه قوی بذر خَلَر منجر به افزایش قدرت رقابتی آن در ادامه فصل نسبت به تاج‌خروس شده است. راشد محصل و ایزدی ( Rashed Mohasel and Izadi, 2009) نیز گزارش دادند تغییرات منحنی عملکرد نسبی ذرت نسبت به تاج‌خروس دارای تحدب بیشتری بوده است که نشان از قدرت رقابتی بیشتر این گیاه در سطوح کاربرد کود ازته و تنش خشکی دارد. از طرف دیگر منحنی تغییرات عملکرد نسبی (شکل ۲) نشان می‌دهد که بیشترین رقابت بین خَلَر و تاج‌خروس در تیمار ۵۰ درصد ظرفیت

بررسی عملکرد نسبی کل نیز حاکی از این است که در نسبت کشت ۵۰-۵۰ خَلَر و تاج‌خروس در سطوح تنش ۵۰ درصد ظرفیت نگهداری آب بیشترین رقابت وجود داشته و اثرات منفی آن برای هر دو گیاه منجر به کاهش کارایی زمین شده است، اما در سطح تنش ۲۵ درصد ظرفیت نگهداری آب کارایی استفاده از زمین به بیشترین مقدار خود رسید (شکل d۲). تجربه کلی از آزمایش‌های کشت مخلوط این است که عملکرد هر گیاه در کشت مخلوط کمتر از عملکرد همان گیاه در کشت خالص است، ولی قابلیت تولید کل در واحد سطح زمین در بسیاری از موارد در کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص است ( Nadi and Haqus, 2008). باوجودی که انتظار می‌رود در شرایط کاهش رطوبت در خاک رقابت بر سر این منبع بین گیاهان افزایش یابد، اما مطالعاتی وجود دارند که نشانگر بهبود عملکردهای نسبی در این شرایط هستند. برای مثال، در مطالعه‌ای سه‌ساله با کشت مخلوط سورگم- بادام‌زمینی در سطوح مختلف رطوبتی مشخص شد که باوجود کاهش عملکرد با افزایش سطح تنش رطوبتی، عملکرد نسبی کشت مخلوط برای هر گیاه با افزایش سطح تنش افزایش یافت و بنابراین مزیت کلی کشت مخلوط نیز افزایش پیدا کرد ( Willey et al., 1983). افزایش مزیت عملکردی کشت مخلوط با افزایش سطح تنش کمبود رطوبت در کشت مخلوط گندم و جو نیز مشاهده شده است ( Molla and Sharaiha, 2009). یک بررسی دو ساله نیز نشان داد که در تنش شدید خشکی (آبیاری پس از ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشت تبخیر) با افزایش نسبت کشت خَلَر از ۶۰ به ۱۰۰ درصد در کشت مخلوط با سورگم، تغییرات عملکرد نسبت به کشت خالص افزایشی بوده است ( Dashtaki and Chaichi, 2013). در مطالعه دیگری نیز مشخص شد در کشت مخلوط دو رقم ارزن با خَلَر در تنش خشکی ۵۰ درصد ظرفیت نگهداری آب گلدان، کشت مخلوط ارزن با خَلَر نسبت به کشت خالص برتری بیشتری داشته است (Madadiyan, 2013).

در کشت مخلوط علف‌هرز و گیاه زراعی در شرایط وجود تنش به علت کاهش رقابت برون‌گونه‌ای ( Babaie Zarch and Mahmoodi, 2013) که عامل اصلی آن افزایش رقابت درون‌گونه‌ای گیاهان در کشت خالص است ( Molla and Sharaiha, 2009)، افزایش عملکرد نسبی کشت مخلوط آن‌ها اتفاق افتاده است. در کشت مخلوط، آب

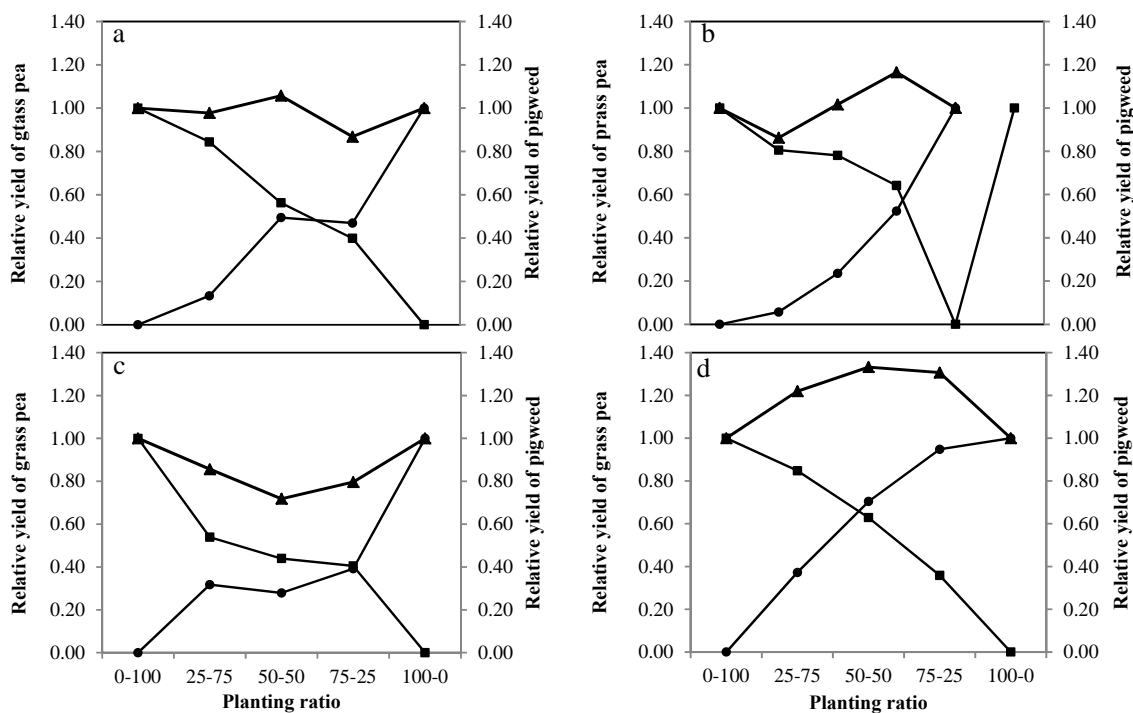
است؛ اما شاخص تهاجم نسبی خلر و تاج خروس در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت نگهداری آب گلدان به ترتیب برابر ۲/۵۹ و ۱/۷۳ بود که نشان دهنده قدرت رقابتی بیشتر خلر در رقابت با تاج خروس وحشی است.

شاخص غالبیت (معادله ۵) از دیگر شاخص‌هایی است که در آزمایش‌های با سری‌های جانشینی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این شاخص اگر مقدار عددی حاصله منفی باشد نشان دهنده غالب بودن علف‌هرز در رقابت بوده و اگر مقدار عددی شاخص مثبت باشد گیاه زراعی در رقابت غالب است و همچنین اگر مقدار عددی آن برابر با صفر باشد هیچ‌یک از گونه‌ها در رقابت برتری نداشته‌اند.

مقدار عددی شاخص غالبیت در تیمارهای ۱۰۰ و ۷۵ درصد ظرفیت نگهداری آب گلدان با افزایش نسبت کشت خلر در هر گلدان منفی‌تر شده و بر قدرت رقابتی تاج خروس افزوده گشته است (جدول ۴).

نگهداری آب گلدان وجود داشته است که منجر به کاهش شاخص برابری زمین نیز شده است.

نتایج مرتبط یا تغییرات عملکرد نسبی با استفاده از شاخص تهاجم نسبی (معادله‌های ۳ و ۴) قابل توجیه است به این صورت که شاخص تهاجم نسبی هر یک از گونه‌ها که بیشتر باشد در رقابت موفق‌تر عمل کرده است. نتایج شاخص تهاجم نسبی گونه‌ها (جدول ۳) نشان می‌دهد که در نسبت کشت ۵۰-۵۰ خلر و تاج خروس در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت نگهداری آب گلدان برای خلر و تاج خروس به میزان ۱/۰۱ و ۱/۳۰ بود. در تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت نگهداری آب گلدان نیز به نفع تاج خروس بود؛ بنابراین نتایج شاخص تهاجم نسبی و همچنین عملکرد نسبی به این نکته اشاره دارند که از تنش ۱۰۰ تا ۵۰ درصد ظرفیت نگهداری آب گلدان، تاج خروس با داشتن غالبیت بیشتر توانایی تولید عملکرد نسبی بیشتری داشته و در رقابت موفق‌تر عمل کرده



شکل ۲. تغییرات عملکرد نسبی خلر (●)، تاج خروس وحشی (■) و کل (▲) در نسبت‌های مختلف کشت، تحت تأثیر سطوح رطوبتی ۱۰۰ (a)، ۷۵ (b)، ۵۰ (c) و ۲۵ (d) درصد رطوبت زراعی.

Fig. 2. Changes of relative yield of grass pea (●) and pigweed (■) and also relative total yield (▲) in different planting ratio, as affected by soil water content of 100 (a), 75 (b), 50 (c) and 25 (d) percent of field capacity (FC).

جدول ۳. شاخص تهاجم نسبی خلر و تاج‌خروس وحشی در نسبت‌های متفاوت کشت تحت تأثیر سطوح مختلف رطوبتی  
 Table 3. Relative crowding index of grass pea and pigweed in distinct planning ratio, as affected by different soil water content.

رطوبت خاک (% ظرفیت نگهداری آب گلدان) Soil moisture (%FC)	خلر Grass Pea			تاج‌خروس وحشی Pigweed			کل Total		
	25-75	50-50	75-25	25-75	50-50	75-25	25-75	50-50	75-25
	100	0.15	1.01	0.89	5.92	1.30	0.66	5.67	1.45
75	0.06	0.31	1.22	4.53	3.74	1.82	1.82	4.28	2.74
50	0.47	0.39	0.64	1.19	0.79	0.68	0.86	0.40	0.45
25	0.59	2.59	0.34	6.35	1.73	0.56	19.56	3.32	0.83

جدول ۴. اثر سطوح مختلف رطوبتی خاک بر شاخص غالبیت خلر - تاج‌خروس وحشی  
 Table 4. Effect of different soil water levels on aggressivity index of grass pea-pigweed

رطوبت خاک (% ظرفیت نگهداری آب گلدان) Soil moisture (%FC)	نسبت کاشت خلر - تاج‌خروس وحشی grass pea - pigweed planting ratio			
	25-75	50-50	75-25	Mean
100	-0.59	-0.14	-0.97	-0.57
75	-0.85	-1.09	-1.87	-1.27
50	0.55	-0.32	-1.10	-0.29
25	0.36	0.15	-0.17	0.11
Means	-0.13	-0.35	-1.03	-0.50

تنها از آب موجود در عمق بالای ۷۵ سانتی‌متری از نیم‌رخ خاک استفاده نمود. هم‌چنین پنجه مرغی ( *Cynodon dactylon* L. محتوای رطوبتی خاک در عمق ۱۵ سانتی‌متری را به شکل قابل‌توجهی کاهش داد، اما مقدار رطوبت خاک در رقابت این علف‌هرز با پنبه در اعماق ۳۰، ۴۵ یا ۶۰ سانتی‌متری نیم‌رخ خاک تحت تأثیر قرار نگرفت (Vencill et al., 1993). در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت نگهداری آب گلدان مقدار شاخص عددی شاخص غالبیت فقط در نسبت ۷۵ درصد خلر منفی بود که نشان‌دهنده رقابت و غالبیت بیشتر تاج‌خروس در رقابت با تراکم‌های بالاتر خلر می‌باشد.

به‌طورکلی نتایج این تحقیق نشان داد که کمبود آب منجر به تشدید رقابت خلر و تاج‌خروس وحشی می‌شود. کاهش ماده خشک هر دو گیاه در شرایط تک‌کشتی نیز وجود داشت ولی این کاهش در خلر بیشتر بود. در شرایط عدم تنش و تنش خفیف آبی (۱۰۰ تا ۵۰ درصد ظرفیت

در تیمار ۵۰ درصد ظرفیت نگهداری آب گلدان در هنگامی که نسبت کشت خلر و تاج‌خروس به میزان ۲۵-۷۵ بود خلر در رقابت موفق‌تر عمل کرده و غالب شد اما با افزایش تراکم خلر در گلدان احتمالاً به خاطر رقابت درون-گونه‌ای بین بوته‌های خلر به علت اینکه ریشه‌های خلر در یک ناحیه تجمع یافته و منجر به کاهش آب خاک یک منطقه خاصی از محیط کشت شده است، در نتیجه تاج‌خروس توانسته با استفاده بهینه از آب موجود در دسترس ریشه‌های خود بر شاخص غالبیت خود افزوده و در رقابت موفق‌تر عمل کند. اگرچه تایید کامل این یافته نیاز به تحقیق بیشتری دارد، ولی گزارش‌های مختلفی وجود دارد که نشان می‌دهد توانایی علف‌های هرز و گیاهان زراعی در استفاده از آب موجود در اعماق خاک با یکدیگر بسیار متفاوت است. کاستنر و همکاران (Castner et al., 1989) گزارش دادند که *Hoffmanseggia glauca* توانست آب را از عمق بیش از ۱۲۰ سانتی‌متر جذب نماید، حال آنکه پنبه



### سیاسگزاری

بدین‌وسیله از راهنمایی‌های جناب آقای دکتر محمدحسن سیاری و همچنین همکاری مسئول محترم گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند، جناب آقای مهندس مهران صفایی، صمیمانه قدردانی می‌گردد.

نگهداری آب گلدان) تاج‌خروس در رقابت موفق‌تر عمل کرد ولی در تنش‌های شدیدتر (۲۵ درصد ظرفیت نگهداری آب گلدان) خلر توانایی بیشتری در رقابت داشته و می‌تواند بر تاج‌خروس چیره شود؛ اما باید این نکته را در نظر گرفت که در شرایط وجود تنش خشکی و علف‌هرز تاج‌خروس وحشی در مزرعه کشت خلر چندان توجه اقتصادی نخواهد داشت.

### منابع

- Abbasian, A., Jelodar Babaian, N.A., Barar Pour, M.T., 2001. Interference between pigweed (*Amaranthus hybridus*) and soybean [*Glycine max* L. Merrill]. Journal of Agricultural and Natural Research. 8(3), 25-37. [In Persian with English Summary].
- Aspiazú, I., Sedyama, T., Ribeiro J. R., Silva, J. I., Concenço, A.A. Galon, G., Ferreira, L., Silva, E.A., Borges, A.F., Araujo, E.T., 2010. Characteristics associated to photosynthesis and water use of weed species. Planta Daninha. 28 (1), 87-92.
- Atri, A., Zand, E., 2005. Determination of competitive ability of six canola cultivars (*Brassica napus*) with wild oat (*Avena fatua*). Plant Pests and Diseases. 72(2), 95-114. [In Persian with English Summary].
- Babaei Zarch, M.J. Mahmoodi, S., 2013. Competition of wheat (*Triticum aestivum* L.) and rye (*Secale cereale*) under different levels of soil salinity using replacement series experiment. Cereal Research. 3(4), 281-290. [In Persian with English Summary].
- Bensch, S.N., Horak, M.J., Peterson, D., 2003. Interference of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*), palmer amaranth (*A. Palmeri*) and common waterhemp (*A. rudis*) in soybean. Weed Science. 51, 37-43.
- Bertamini, M., Zulini, L., Zorer, R., Muthuchelian, K., Nedunchezian, N., 2007. Photoinhibition of photosynthesis in water deficit leaves of grapevine (*Vitis vinifera* L.) plants. Photosynthetica. 45(3), 426-432.
- Carson, K.H., Cralle, T.H., Chandler, J.M., Miller, T.D., Bovey, R.W., Senseman, S.A., Stone, M.J., 1999. *Triticum aestivum* and *Lulium multiflorum* interaction during drought. Weed Science. 47, 440-445.
- Castner, E.P., Murray, D.S., Hackett, N.M., Verhalen, L.M. Weeks, D.L., Stone, J.F., 1989. Interference of hogpotato (*Hoffmanseggia glauca*) with cotton (*Gossypium hirsutum*). Weed science. 37, 688-694.
- Chauhan, B.S., Abugho, S.B. 2013. Effect of water stress on the growth and development of *Amaranthus spinosus*, *Leptochloa chinensis*, and Rice. American Journal of Plant Sciences. 4, 989-998.
- Cocks, P., Siddique, K., Hambury, C., 2000. Lathyrus: A new grain legume. RIRDC Publication No.99/150.
- Cowan, P., Weaver, S. E., Swanton, C. J., 1998. Interference between pigweed (*Amaranthus retroflexus*), Barnyard grass (*Echinochloa crus-galli*), and soybean (*Glycine max*). Weed Science. 46, 533-539.
- Dashtaki, M., Chaichi, M. R. 2013. Study forage yield and quality of forage sorghum Grass pea intercropping at low water conditions. Iranian Journal of Agricultural Sciences. 43(2), 311-321. [In Persian with English Summary].
- Deen, W., Cousens, R., Warringa, J., Bastiaans, L., Carberry, P., Rebel, K., Riha, S., Murphy, C., Benjamin, L.R., Cloughley, C., Cussans, J., Forcella, F., Hunt, T., Jamieson, P., Lindquist, J., Wang, E., 2003. An evaluation of four crop: weed competition models using a common data set. European Weed Research Society Weed Research. 43, 116-129.
- Flexas, J., Diaz-Espejo, A., Galmés, J., Kaldenhoff, R., Medrano, H., Ribas-Carbo, M., 2007. Rapid variations of mesophyll conductance in response to changes in CO<sub>2</sub>

- concentration around leaves. *Plant, Cell and Environment*. 30, 1284–1298.
- Griffen, B.S., Shilling, D.G., Bennett, J.M., Currey, W.L., 1989. The influence of water stress on the physiology and competition of soybean (*Glycine max*) and Florida beggarweed (*Desmodium tortuosum*). *Weed Science*. 37, 544-551.
- Hemayati, S.A., Siadat, F., Sadeghzadeh, M., Valizadeh, G., Fathi, Gh., 2002. Evaluation of two forage corn hybrids at different sowing densities in an intercropping system. *Journal of Agricultural Sciences*. 25(1), 73-88. [In Persian with English Summary].
- Henderson, T.L., Jonson, B.L., Schneiter, A.A., 2000. Rows sacing, plant population and cultural effects on grain amaranth in the Northern Great Plains. *Agronomy Journal*. 92, 329-336.
- Lemerle, D., Verbeek, B., Coombes, N., 1995. Losses in grain yield of winter crops from *Lolium rigidum* competition depends on crop species, cultivar and season. *Weed Research*. 35, 503–509.
- Lutman, P.J.W., Dixon, F.L., Risiott, R., 1993. The response of four spring-sown combinable arable crops to weed competition. *Weed Research*. 34, 137–146.
- Madadiyan, A., 2013. Effect of drought stress on Grass pea intercropping with two varieties of millet. MSc thesis. Shahid Bahonar University, Faculty of Agriculture, 180 p. [In Persian with English Summary].
- Massinga, R.A., Currie, R.S., Trooien, T.P., 2003. Water use and light interception under palmer amaranth (*Amaranthuse palmeri*) and corn competition. *Weed Science*. 51, 523-531.
- Melander, B., 1993. Modelling the effects of *Elymus repens* (L.) Gould competition on yield of cereals, peasnd oilseed rape. *Weed Research*. 33, 99–108.
- Mitich, L.W., 1977. Redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*). *Weed Technology*. 11, 199-202.
- Molla, A., Sharaiha, R.K. 2009. Competition and yield advantages in mixed intercropping of barley and wheat under stress levels of moisture deficit. *Lucrari Stiintifice, Universitatea de Stiinte Agricole Si Medicina Veterinara "Ion Ionescu de la Brad" Iasi, Seria Agronomie*. 52 (1), 41-53.
- Nnadi, L.A., Haque, I., 2008. Forage Legume cereal systems: improvement of soil fertility and agricultural production with special reference to Sub-Saharan Africa. ILCA, P. O. Box 5689, Addis Ababa, Ethiopia.
- Norris, R.F., 1996. Water use efficiency as a method for predicting water use. *Weed Technology*. 10, 153-155.
- Patterson, D.T., 1986. Effects of moisture stress on growth and competitiveness of soybeans and sicklepod. *Proceeding of Weed Science Society of America*. 26, 59-60.
- Patterson, D.T., 1995. Effects of environmental stress on weed/crop interactions. *Weed Science*. 43, 483-490.
- Patterson, D.T., Flint, E.P., 1983. Comparative water relations, photosynthesis, and growth of soybean (*Glycine max*) and seven associated weeds. *Weed science*. 31, 318-323.
- Radosevich, S.R., Holt, J.S., Ghera, C., 1997. *Weed Ecology: Implication for Management*. John Wiley & Sons. 589p.
- Rashed Mohassel, M.H., Izadi, E., 2008. Investigation of drought stress and nitrogen application rate on corn-redroot pigweed competition using replacement series experiments. *Iranina Journal of Weed Science*. 4(2), 59-67. [In Persian with English Summary].
- Sayyari-Zahan, M.H., Sadana, U. S., Steingrobe, B., Claassen, N., 2009. Manganese efficiency and manganese-uptake kinetics of raya (*Brassica juncea*), wheat (*Triticum aestivum*), and oat (*Avena sativa*) grown in nutrient solution and soil. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 172, 425-434.
- Stuart, B.L., Harrison, S.K., Aberanathy, J.R., Krieg, D.R., Wendt, C.W., 1984. The response of cotton (*Gossypium hirsutum*) water relation to smooth pigweed (*Amaranthuse hybridus*) competition. *Weed Science*. 32, 126-132.
- Tyagi, A., Santha, I.M., Mehta, S.L., 1999. Effect of water stress on proline content and transcript levels in *Lathyrus sativus*. *Indian Journal of Biochemistry and Biophysics*. 36, 207–210.
- Upadhyaya, M.K., Blackshow, R.E., 2007. *Non-chemical Weed Management: Principles, Concepts and Technology*. CABI. 239p.

- Vencill, W.K., Giraud, L.J., Langdale, G.W., 1993. Response of cotton (*Gossypium hirsutum*) to coastal bermudagrass (*Cynodon dactylon*) density in a no-tillage system. *Weed Science*. 40, 455-459.
- Wang, F., Chen, X., Chen, Q., Qin, X., Li, Z., 2000. Determination of neurotoxin 3-Noxaly1-2-3-diaminopropionic acid and non-protein amino acids in *Lathyrus sativus* by precolumn derivatization with 1-fluoro-2,4-dinitrobenzene. *Journal of Chromatography*. 883, 113-118.
- Willey, R.W., Natarajan, M., Reddy, M.S., Rao, M.R., Nambiar, P.T.C., Kannaiyan, J., Bhatnagar, V.S. 1983. Intercropping studies with annual crops. In: Nugent, J., O'Connor, M. (eds.), *Better Crops for Food*. Pitman Books Ltd. London, UK.

