تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد یازدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۷
۹۵۹-۹۶۹
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2018.893.1177

بررسی رقابت درون و برون گونه‌ای تاج‌خروس سفید (*Amaranthus albus* L.)، تاج‌خروس وحشی (*Amaranthus retroflexus* L.) و خلر (*Lathyrus sativus* L.) تحت تنش خشکی

جمشید سامانی‌پور[۱]، محمدجواد بابائی زارچ[۲]، طیبه حاج رضایی[۱]، وحید ضیائیان احمدی[۱]، مجید جامی الاحمدی[۳*]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
۲. دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
۳. عضو هیئت‌علمی گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۵/۰۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۶/۲۵

چکیده

به‌منظور ارزیابی قدرت رقابتی تاج‌خروس وحشی، تاج‌خروس سفید و خلر تحت تنش خشکی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار با استفاده از آزمایش‌هایی با سری‌های جایگزینی اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل دو سطح تنش آب (۸۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی آب خاک)، نسبت‌های مختلف تداخل علف‌هرز با خلر (تاج‌خروس سفید + تاج‌خروس وحشی- خلر) شامل (۱۰۰-۰، ۷۵-۲۵، ۵۰-۵۰، ۲۵-۷۵ و ۰-۱۰۰ درصد) و هم‌چنین نسبت‌های مختلف تداخل بین دو علف‌هرز (تاج-خروس سفید – تاج‌خروس وحشی) شامل (۰-۱۰۰، ۵۰-۵۰ و ۱۰۰-۰) بود. برای تحلیل نتایج از شاخص‌های عملکرد نسبی گونه‌ها و کل، شاخص شدت رقابت نسبی و شاخص غالبیت استفاده شد. نتایج نشان داد که ماده خشک تولیدی خلر، تاج‌خروس وحشی و تاج‌خروس سفید با کاهش محتوای آب خاک از ۸۰ به ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب ۳۳، ۳۰ و ۱۲ درصد کاهش یافت. هم‌چنین مشاهده شد که رقابت در بین این سه گیاه از نوع برون گونه‌ای بوده و بر هر سه گیاه اثر منفی داشته است. اگرچه شاخص غالبیت نشان از مغلوب بودن خلر در بیشتر نسبت‌های کاشت داشت اما با افزایش میزان تنش خشکی، به علت رقابت برون گونه‌ای علف‌های هرز، رقابت بین علف‌های هرز و خلر به کمترین میزان خود رسیده است که این موضوع باعث افزایش قدرت رقابتی خلر در برابر علف‌های هرز، تحت تنش خشکی شده است.

***واژه‌های کلیدی*: تاج‌خروس غلتان، حبوبات، عملکرد نسبی، قدرت رقابتی.**

مقدمه

تنش‌های محیطی یکی از اجزای جدانشدنی در اغلب اکوسیستم‌های کشاورزی هستند که از میان آن‌ها، تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولیدات کشاورزی و از تأثیرگذارترین عوامل در پراکنش گونه‌های گیاهی در جهان است (Jenk and Hasegawa, 2005) که توانایی کاهش ۲۹ درصدی عملکرد و ۵۳ درصدی ماده خشک تولیدی گیاهان در فصول گرم سال را دارد (Ruttanaprasert et al., 2016). علاوه بر تنش‌های محیطی، وجود رقابت علف‌های هرز بر سر منابع محدود موجود در اکوسیستم‌های زراعی نیز کاهش بیشتر تولید را به همراه دارد (Beckie, 2008). خسارت ناشی از حضور علف‌های هرز در مزارع با توجه به نوع گیاه زراعی، نوع رقم، نوع گونه علف‌هرز بسیار متفاوت بوده و می‌تواند در گیاهی مانند لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) ۲۵ درصد (Saberali et al., 2012) و در گیاه پنبه (*Gossypium hirstitum* L.) تا ۹۰ درصد (Manalil et al., 2017) باشد. در بین انواع علف‌های هرز، گونه‌های مختلف جنس تاج‌خروس (*Amaranyhus spp.*) ازجمله مشکل‌سازترین علف‌های هرز مزارع گیاهان فصل گرم هستند (Horak and Loughin, 2000). تاج‌خروس وحشی (*Amaranthus*

* نگارنده پاسخگو: مجید جامی‌الاحمدی. پست الکترونیک: mjamialahmadi@birjand.ac.ir.

retroflexus L.) و تاج‌خروس سفید (*Amaranthus albus* L.) از مهم‌ترین علف‌های هرزی هستند که می‌توانند عملکرد گیاهان زراعی را از طریق رقابت شدیداً کاهش و حتی در فضای سبز نیز یکی از مشکلات عمده باشند (Grichar and Minton, 2006; Henderson et al., 2000). در بررسی اثر رقابت تاج‌خروس وحشی با ذرت (*Zea mays* L.) گزارش شد با افزایش تراکم تاج‌خروس وحشی از ۵ به ۲۰ بوته در مترمربع کاهش عملکرد دانه ذرت از ۳/۷ به ۵۶/۱ درصد رسید (Vahedi, 2015). در مطالعه دیگری کاهش ۵۹/۵ و ۱۸/۴ درصد عملکرد دانه سویا (*Glycine max* L.) در شرایط رقابت با ۲۰ و ۱۰ بوته تاج‌خروس سفید نیز گزارش شده است (Saberali and Mohammadi, 2015). آنچه وضعیت رقابت گیاهان زراعی و علف‌های هرز این خانواده را پیچیده‌تر می‌کند وجود تنش‌های محیطی ازجمله تنش خشکی است. تحقیقات نشان داده است که پاسخ گیاهان مختلف به رقابت در شرایط وجود تنش خشکی بسیار متفاوت است. سارا و همکاران (Sarah et al., 2015) گزارش دادند در شرایط وجود رطوبت کافی، تاج‌خروس (*Amaranthus palmeri* L.) در رقابت با پنبه به‌طور قابل‌توجهی از مصرف آب روزانه بیشتری برخوردار بوده که نتیجه آن کاهش بیشتر عملکرد پنبه است. بابائی زارچ و همکاران (Babaie Zarch et al., 2016) گزارش کردند در سطوح بالای رطوبتی خاک تاج‌خروس وحشی نسبت به خلر از قدرت رقابتی بالاتری برخوردار است، اما خلر در سطوح پایین رطوبتی خاک نسبت به تاج‌خروس وحشی برتری داشته است.

خلر (*Lathyrus sativus* L.) گیاهی یک‌ساله از خانواده بقولات که دارای عملکرد مناسب در شرایط نامساعد محیطی است (Niroomand Tomaj et al., 2011). خراسان جنوبی یکی از مناطقی است که کشت و کار خلر در آن رواج دارد، اما با توجه به میزان بارندگی و تبخیر و تعرق زیاد آب در این منطقه، گیاهان با تنش خشکی مواجه می‌شوند و از طرفی علف‌های هرز خانواده تاج‌خروس (تاج‌خروس وحشی و تاج‌خروس سفید) ازجمله مهم‌ترین علف‌های هرز مزارع کشاورزی در این منطقه از کشور است؛ بنابراین هدف از طراحی و اجرای این تحقیق ارزیابی قدرت رقابتی تاج‌خروس وحشی، تاج‌خروس سفید و خلر تحت تنش خشکی با استفاده از آزمایش‌های با سری‌های جایگزینی است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی اثر تنش آب و رقابت در نسبت‌های مختلف کشت خلر، تاج‌خروس وحشی و تاج‌خروس سفید آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند طراحی و اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل دو سطح مختلف تنش آب (۵۰ و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی آب خاک)، پنج سطح نسبت‌های مختلف کشت خلر – علف‌هرز (۱۰۰-۰، ۷۵-۲۵، ۵۰-۵۰ و ۲۵-۷۵ و ۰-۱۰۰ درصد) بودند که در هر ترکیب کشتی از سه سطح مخلوط دو علف‌هرز تاج‌خروس سفید – تاج‌خروس وحشی (۰-۱۰۰، ۵۰-۵۰ و ۱۰۰-۰) استفاده شد. تراکم موردنظر در هر واحد آزمایشی ثابت و برابر با هشت بوته بود. واحدهای آزمایشی شامل گلدان‌هایی به حجم شش لیتر با قطر ۲۲ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر بود. خاک مورداستفاده در این آزمایش از الک دو میلی‌متری عبور داده‌شده و دارای بافت لومی شنی و هدایت الکتریکی ۱/۴ دسی زیمنس بر متر بود. قبل از کاشت نیز معادل ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم (از منبع سولفات پتاسیم) و فسفر (از منبع سوپر فسفات تریپل) و ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (از منبع اوره) به خاک هر گلدان‌ها به‌صورت جداگانه اضافه و مخلوط گردید. بذور هر سه گیاه با دو برابر تراکم موردنظر کشت شدند. بعد از استقرار گیاهچه‌ها در مرحله چهار برگی تراکم‌های موردنظر برای هر گیاه در واحدهای آزمایشی ایجاد شد. برای تعیین رطوبت آب خاک از وزن کردن گلدان‌ها استفاده می‌شد. در چهار هفته ابتدایی پس از کاشت کلیه گلدان‌ها تا ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی آبیاری شدند و معیار آبیاری خروج ۲۰ درصد آب از خاک بود. سپس تیمارهای تنش خشکی اعمال گردید. برای آبیاری گلدان‌ها نیز در طول دوره آزمایش از آب با هدایت الکتریکی ۰/۳ دسی زیمنس بر متر استفاده شد. بعد از رسیدگی فیزیولوژیک خلر (قهوه‌ای شدن نیام‌ها) اندام هوایی خلر و دو علف‌هرز تاج‌خروس وحشی و سفید به‌صورت جداگانه برداشت و پس از خشک شدن به مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد با ترازوی با دقت هزارم گرم وزن شدند. برای تحلیل نتایج آزمایش از شاخص‌های عملکرد نسبی (معادله ۱)، عملکرد نسبی کل (نسبت برابری زمین (معادله ۲)، شاخص شدت تهاجم نسبی (معادله ۳) هر یک از گونه‌ها و شاخص غالبیت (معادله ۴) استفاده شد (Weiget and Jolliffe, 2003).

$$RY = \frac{Y_{12}}{Y_{11}} \quad [۱]$$

$$RYT = RY_1 + RY_2 \quad [۲]$$

$$PCI = (Y_{11} - Y_{12})/Y_{11} \quad [۳]$$

$$Acw = \frac{Y_{12}}{Y_{11} \times Z_{12}} - \frac{Y_{21}}{Y_{22} \times Z_{21}} \quad [۴]$$

در معادلات فوق Y_{12} و Y_{11} به ترتیب ماده خشک تولیدشده توسط گونه یک در کشت مخلوط با گونه دو و ماده خشک تولیدشده توسط گونه یک در کشت خالص آن، RY_a و RY_b عملکرد نسبی گونه‌های همراه، RYT عملکرد نسبی کل و PCI شاخص شدت رقابت نسبی است. در معادله (۴)، Acw، Zab و Zba نیز به ترتیب نشان‌دهنده شاخص غالبیت و نسبت تراکمی گیاه a و b در کشت مخلوط آن‌ها است. درنهایت کلیه محاسبات و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel صورت گرفت.

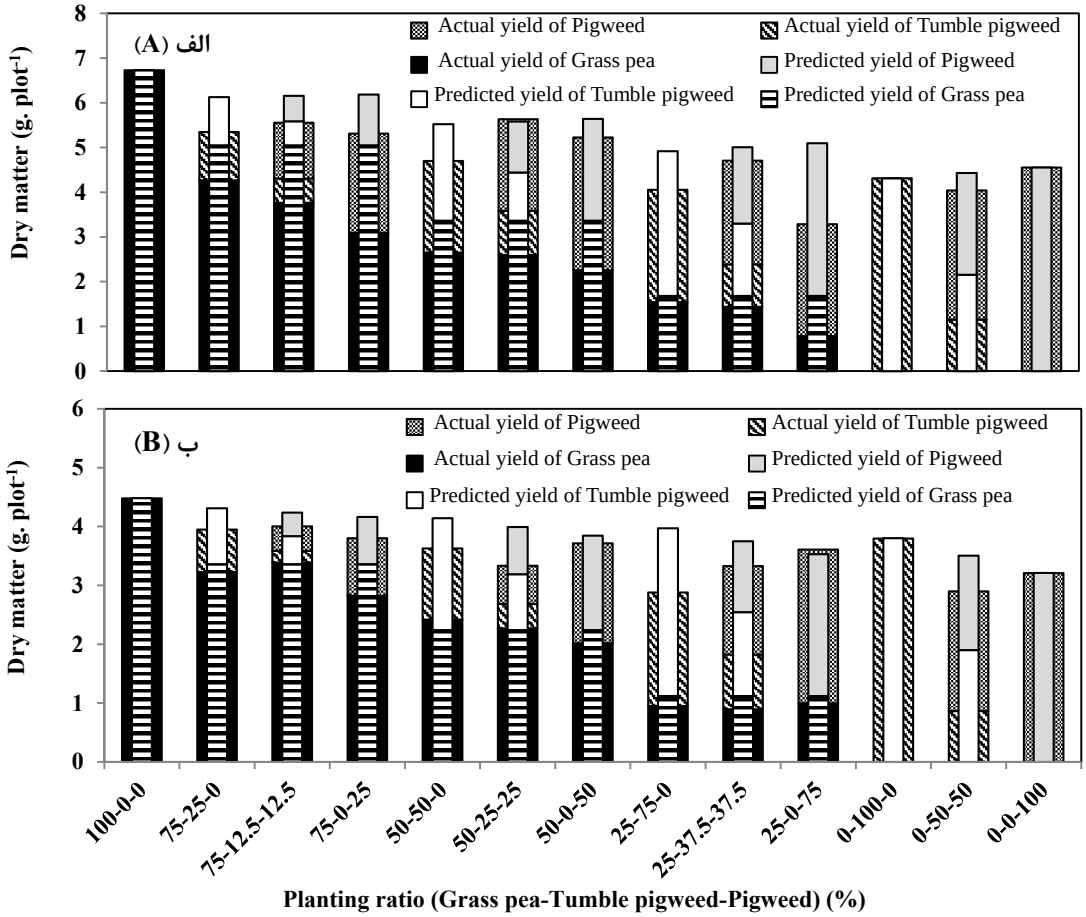
نتایج و بحث

نتایج نشان داد که با کاهش محتوای آب خاک از ۸۰ به ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، ماده خشک تولیدی هر سه گیاه هدف در این تحقیق در نسبت‌های مختلف تراکمی کاهشی بود (شکل ۱، الف و ب).

ماده خشک تولیدی خلر، تاج‌خروس وحشی و تاج‌خروس سفید در شرایط کشت خالص با کاهش محتوای آب خاک از ۸۰ به ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب ۳۳، ۳۰ و ۱۲ درصد کاهش یافت (شکل ۱ الف و ب). کاهش رشد و تولید ارقام مختلف یک گیاه (Abid et al., 2016)، گونه‌های مختلف یک جنس (Fanaei et al., 2013) و گونه‌های مختلف گیاهی (Samieiani et al., 2013) تحت تنش‌های محیطی بسیار گزارش شده است؛ اما میزان کاهش ماده خشک به عوامل بسیار زیادی وابسته است چراکه وجود تنش در طول دوره رویشی باعث کوچک‌تر شدن برگ‌ها شده که نتیجه آن کاهش شاخص سطح برگ و میزان جذب نور است. همچنین در شرایط تنش، جذب گازکربنیک، انتقال مواد فتوسنتزی و انتقال مواد خام در آوندهای چوبی به‌سرعت به حد بسیار کم نزول می‌کند و درنهایت کاهش فتوسنتز را در پی خواهد داشت که نتیجه آن کاهش ماده خشک تولیدی گیاه نیز می‌باشد (Tesfaye et al., 2006). هم‌چنین نتایج ماده خشک پیش‌بینی‌شده هر سه گیاه (شکل ۱، الف و ب) نیز نشان داد که درصد ماده خشک تاج‌خروس سفید در نسبت‌های مختلف کشت نسبت به دو گیاه تاج‌خروس وحشی و خلر کمتر تحت تأثیر قرار گرفته است که نشان از نزدیک بودن ماده خشک تولیدی به مقادیر پیش‌بینی‌شده و تأثیر کمتر رقابت روی تولید ماده خشک این گیاه است.

با افزایش تنش خشکی به ۵۰ درصد ظرفیت زراعی خاک (شکل ۱، ب) ماده خشک دو علف‌هرز تاج‌خروس سفید و وحشی در نسبت‌های مختلف کاهش و درصد ماده خشک تولیدی خلر در نسبت‌های مختلف افزایش یافت؛ بنابراین، در شرایط وجود تنش خشکی ماده خشک پیش‌بینی‌شده برای خلر کمتر از مقادیر واقعی آن بود که این نشان از مقاومت بالای این گیاه در تولید ماده خشک در شرایط نامناسب محیطی را دارد. همچنین در تیمار ۸۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی در کشت خالص فقط علف‌هرز (نسبت کشت ۵۰ درصد تاج‌خروس سفید و ۵۰ درصد تاج‌خروس وحشی) درصد ماده خشک تولیدی تاج‌خروس وحشی به ترتیب برابر با ۷۲ و ۷۰ درصد بود؛ بنابراین این علف‌هرز در شرایط رقابت با تاج‌خروس سفید حتی در شرایط وجود تنش خشکی نیز ماده خشک بیشتری را تولید نموده است که این نشانگر رقابتی‌تر بودن این علف‌هرز است.

برای بررسی بهتر تغییرات ماده خشک تولیدی این سه گونه تحت تنش و رقابت، از شاخص‌های رقابتی استفاده شد. ازجمله شاخص‌های مهم در ارزیابی توانایی رقابت گونه‌ها در آزمایش‌های با سری‌های جایگزینی شاخص عملکرد نسبی گونه‌ها است. به این صورت که هر چه مقدار عددی عملکرد نسبی هر یک از گونه‌ها بیشتر باشد آن‌گونه در رقابت در برابر گونه مجاور خود بهتر عمل کرده و دارای قدرت رقابتی بیشتری نیز است (Weiget and Jolliffe, 2003). نتایج عملکرد نسبی نشان داد (جدول ۱) که عملکرد نسبی خلر در نسبت کشت ۵۰-۵۰ خلر و تاج‌خروس وحشی، ۵۰-۵۰ خلر و تاج‌خروس سفید، همچنین نسبت کشت ۵۰-۵۰ خلر و هر دو علف‌هرز در تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی آب خاک، به ترتیب برابر با ۰/۳۳، ۰/۳۶ ۰/۳۹ بود که با افزایش میزان تنش خشکی به تیمار ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، به ترتیب با ۳۶، ۵۰ و ۳۱ درصد افزایش به میزان ۰/۴۵، ۰/۵۴ و ۰/۵۱ رسید؛ بنابراین در شرایط وجود تنش خشکی قدرت رقابتی خلر در برابر دو علف‌هرز سمج تاج‌خروس سفید و تاج‌خروس وحشی افزایش یافته است.



شکل ۱. عملکرد (ماده خشک) پیش‌بینی‌شده و واقعی تولیدی خلر، تاج‌خروس وحشی و تاج‌خروس سفید تحت تأثیر تنش آب و نسبت‌های مختلف کشت (تاج‌خروس وحشی- تاج‌خروس سفید- خلر). الف: ۸۰ درصد ظرفیت زراعی آب خاک و ب: ۵۰ درصد ظرفیت زراعی آب خاک. (مقادیر واقعی عملکرد، شامل عملکرد اندازه‌گیری شده در هر گلدان است. مقادیر عملکرد پیش‌بینی‌شده نیز از حاصل‌ضرب مقدار عملکرد در کشت خالص در نسبت‌های مختلف کشت محاسبه‌شده است).

Fig. 1. The predicted and actual yield (dry matter) produced by grass pea, redroot pigweed and tumble pigweed affected by water stress and different planting ratios (grass pea, tumble pigweed and redroot pigweed). A: 80% of field capacity of soil water and (b) 50% of field capacity of soil water. (The actual yield values include the yield measured in each pot. The predicted yield values have been calculated by multiplication of the amount of crop yield in pure stands at different crop ratios

عملکرد نسبی تاج‌خروس وحشی و تاج‌خروس سفید در رقابت با خلر در تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی در نسبت کشت ۵۰-۵۰ خلر با هر یک از آن‌ها برابر با ۰/۶۵، ۰/۴۸ بود که در تیمار ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب با ۱۸ و ۸ درصد کاهش به میزان ۰/۵۳ و ۰/۳۲ رسید (جدول ۱)؛ بنابراین در سطح تنش ۵۰ درصد ظرفیت زراعی علاوه برافزایش قدرت رقابتی خلر، از قدرت رقابتی آن دو علف‌هرز کاسته شد. همچنین نتایج نشان داد که در نسبت کشت ۵۰ درصد تاج‌خروس سفید و ۵۰ درصد تاج‌خروس وحشی در تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی آب خاک، عملکرد نسبی آن‌ها به ترتیب برابر با ۰/۲۷ و ۰/۶۳ و در تیمار ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب برابر با ۰/۲۳ و ۰/۶۳ بود؛ بنابراین با افزایش تنش خشکی قدرت رقابتی هر دو علف‌هرز با یکدیگر تحت تأثیر قرار نگرفته و کاهش قدرت رقابتی آن‌ها در شرایط رقابت با خلر به‌احتمال‌زیاد حاصل تأثیرپذیری کمتر رشد خلر تحت تنش خشکی نسبت به این دو علف‌هرز بوده است. در این راستا بابائی زارچ و همکاران (Babaie Zarch et al., 2016) در بررسی رقابت خلر و تاج‌خروس وحشی تحت تنش خشکی گزارش دادند که در شرایط وجود ۵۰ درصد ظرفیت زراعی خاک عملکرد نسبی خلر

نسبت به تیمار ۷۵ درصد ظرفیت زراعی ۱۸/۴۹ درصد افزایش داشته است اما عملکرد نسبی تاج‌خروس وحشی به میزان ۴۳/۷۴ درصد کاهشی بوده است؛ بنابراین با افزایش تنش به بیش از ۵۰ درصد ظرفیت زراعی قدرت رقابتی خلر افزایش می‌یابد که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی دارد.

جدول ۱. عملکرد نسبی خلر، تاج‌خروس وحشی، تاج‌خروس سفید، هر دو علف‌هرز و کل تحت تأثیر سطوح مختلف تنش آب و نسبت‌های مختلف کشت خلر و علف‌هرز (تاج‌خروس وحشی-تاج‌خروس سفید-خلر).

Table 1. Relative yield of grass pea, redroot pigweed, tumble pigweed, both weeds and total affected by different levels of water stress and planting ratios of grass pea and weeds (Grass pea-tumble pigweed-redroot pigweed).

رطوبت خاک (٪ ظرفیت نگهداری آب گلدان) Soil moisture (%FC)	نسبت‌های مختلف کشت (٪) Different planting ratios (%)			عملکرد نسبی Relative yield				
	خلر Grass Pea	تاج‌خروس سفید Tumble pigweed	تاج‌خروس وحشی Redroot pigweed	تاج‌خروس وحشی Redroot Pigweed	تاج‌خروس سفید Tumble pigweed	خلر Grass Pea	علف‌های هرز Weed	کل Total
80% fc	75	25	0	–	0.25	0.63	0.25	0.88
	75	12.5	12.5	0.27	0.13	0.56	0.40	0.96
	75	0	50	0.49	–	0.46	0.48	0.95
	50	50	0	–	0.48	0.36	0.47	0.83
	50	25	25	0.45	0.23	0.39	0.67	1.06
	50	0	50	0.65	–	0.33	0.65	0.99
	25	75	0	–	0.58	0.23	0.58	0.81
	25	37.5	37.5	0.51	0.22	0.21	0.72	0.94
	25	0	75	0.55	–	0.12	0.54	0.66
	0	50	50	0.63	0.27	–	–	0.90
50% fc	75	25	0	–	0.19	0.72	0.18	0.91
	75	12.5	12.5	0.14	0.05	0.76	0.18	0.94
	75	0	50	0.30	–	0.63	0.30	0.93
	50	50	0	–	0.32	0.54	0.31	0.85
	50	25	25	0.20	0.11	0.51	0.31	0.82
	50	0	50	0.53	–	0.45	0.52	0.98
	25	75	0	–	0.51	0.21	0.50	0.72
	25	37.5	37.5	0.47	0.24	0.20	0.71	0.91
	25	0	75	0.81	–	0.22	0.81	1.04
	0	50	50	0.63	0.23	–	–	0.86

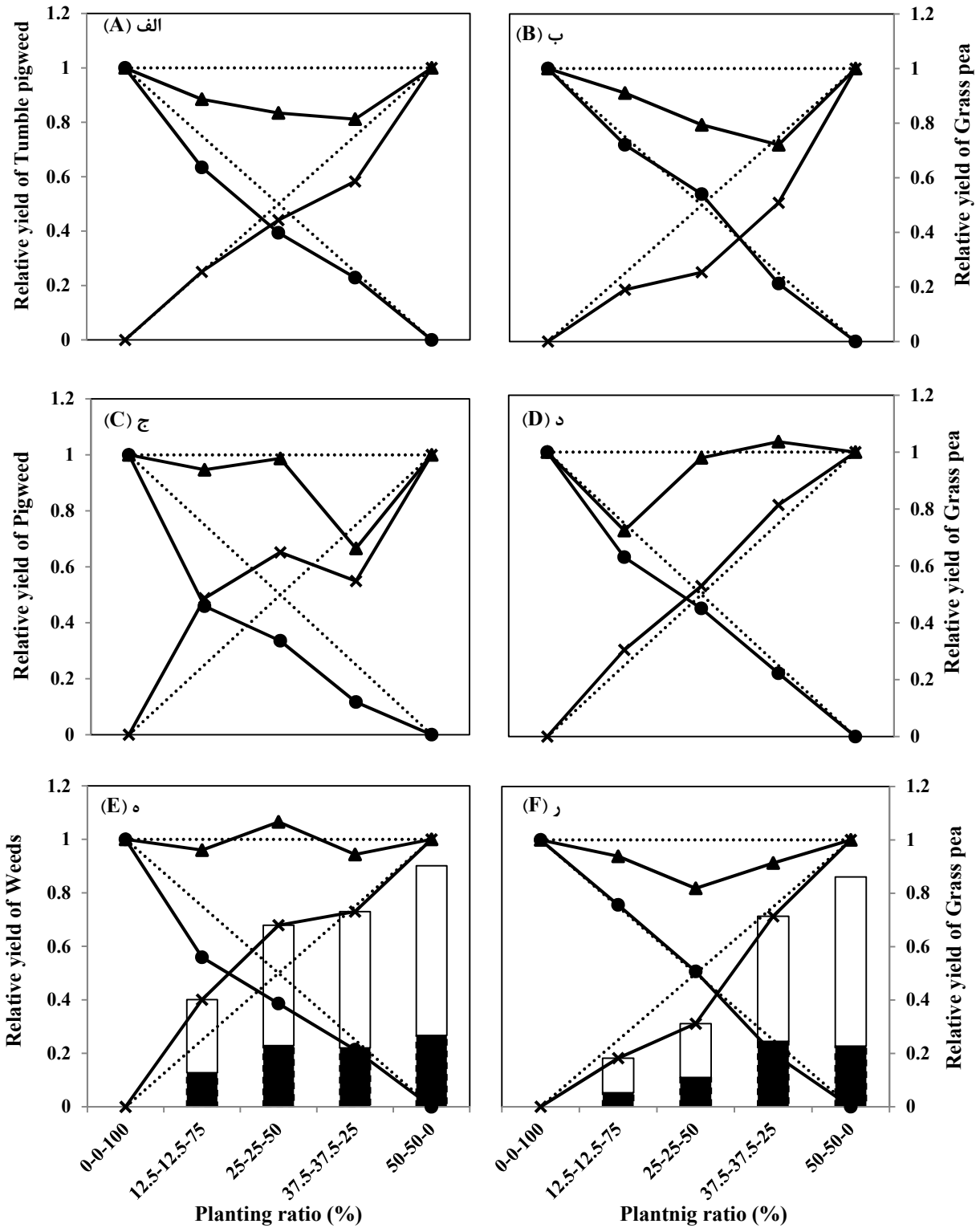
در ارزیابی قدرت رقابتی گونه‌ها در آزمایش‌های با سری-های جایگزینی می‌توان از تغییرات منحنی عملکرد نسبی هر یک از گونه‌ها نیز استفاده نمود. اگر تغییرات عملکرد نسبی یک‌گونه به‌صورت محدب باشد، آن‌گونه در آن کشت مخلوط دارای قدرت رقابتی بیشتر و چنانچه دارای قدرت رقابتی ضعیف‌تری باشد تغییرات منحنی عملکرد نسبی آن

به‌صورت مقعر خواهد بود (Zand et al., 2005; Atri and Zand, 2005). تغییرات منحنی عملکرد نسبی خلر تحت سطح آبیاری ۸۰ درصد ظرفیت زراعی آب خاک، در رقابت با تاج‌خروس سفید (شکل ۲، الف)، تاج‌خروس وحشی (شکل ۲، ج) و هر دو علف‌هرز باهم (شکل ۲، ه) به‌صورت محدب بود، این موضوع تأکید کننده این است که در شرایط وجود آب کافی در خاک، قدرت رقابتی خلر در برابر علف‌های هرز خانواده تاج‌خروس کمتر است. از طرفی با افزایش میزان تنش خشکی به ۵۰ درصد ظرفیت زراعی آب خاک، تغییرات منحنی عملکرد نسبی خلر در رقابت با تاج‌خروس سفید (شکل ۲، ب) به‌صورت مقعر شد؛ اما نکته قابل‌توجه این است که در شرایط وجود تنش ۵۰ درصد ظرفیت زراعی منحنی تغییرات عملکرد نسبی تاج‌خروس وحشی تحت رقابت با خلر (شکل ۲، د) به‌صورت محدب بود. در همین سطح تنش در شرایط رقابت سه گونه‌ای خلر با دو علف‌هرز تاج‌خروس سفید و تاج‌خروس وحشی (شکل ۲، ر) منحنی تغییرات علف‌های هرز نیز به‌صورت محدب شد که این موضوع نشان می‌دهد با افزایش تنوع علف‌های هرز در رقابت با خلر، به علت رقابت بین دو گونه‌ای علف‌هرز، درمجموع قدرت رقابتی هر دو گونه کاهش می‌یابد.

چنانچه منحنی تغییرات عملکرد نسبی هر دو گونه در نسبت کشت ۵۰-۵۰ همدیگر را قطع نمایند نشان‌دهنده عدم وجود رقابت بین‌گونه‌ای است (Atri and Zand, 2005)؛ بنابراین تغییرات منحنی عملکرد نسبی نشان می‌دهد که در تیمارهای ۸۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی در شرایط رقابت خلر با تاج‌خروس وحشی (شکل ۲، ج و د)، تاج‌خروس سفید (شکل، الف و ب) و هر دو علف‌هرز با هم (شکل ۲، ه و ر) منحنی تغییرات نسبی گونه در نسبت ۵۰-۵۰ همدیگر را قطع نکرده‌اند که نشان از وجود رقابت بین‌گونه‌ای است؛ اما به نظر می‌رسد کمترین رقابت بین-گونه‌ای بین خلر و تاج‌خروس وحشی در تنش خشکی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی (شکل ۲، د)، خلر و تاج‌خروس سفید در تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی (شکل ۲، ب) و همچنین رقابت خلر با دو علف‌هرز تاج‌خروس سفید و تاج‌خروس وحشی در تیمار ۵۰ درصد ظرفیت زراعی وجود داشته است (شکل ۲، ر).

برای درک بهتر وجود رقابت درون‌گونه‌ای و یا بین‌گونه‌ای در تفسیر نتایج حاصل از آزمایش‌های با سری‌های جایگزینی از شاخص شدت رقابت نسبی استفاده می‌گردد. چنانچه مقدار عدد شاخص شدت رقابت نسبی برابر با صفر باشد رقابت درون‌گونه‌ای و برون گونه‌ای باهم برابر است، اگر مقدار عددی آن مثبت باشد رقابت بین‌گونه‌ای بیشتر بوده و درنهایت اگر ارزش آن منفی باشد نشان از برقراری رقابت درون‌گونه‌ای بین گونه‌های تحت رقابت است (Weiget and Jolliffe, 2003).

نتایج بررسی شاخص شدت رقابت نسبی نشان داد (جدول ۲) که مقدار عددی این شاخص برای خلر، تاج‌خروس سفید و تاج‌خروس وحشی در تمام نسبت‌های کشت مقداری مثبت است که نشان‌دهنده بیشتر بودن رقابت برون گونه‌ای نسبت به رقابت درون‌گونه‌ای در نسبت‌های مختلف کشت است. بالاترین رقابت برون گونه‌ای برای تاج‌خروس سفید در رقابت با خلر و تاج‌خروس وحشی در نسبت کشت ۷۵ درصد خلر در تنش ۵۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شده است. همچنین کمترین رقابت برون گونه‌ای نیز برای تاج‌خروس وحشی در رقابت با تاج‌خروس سفید در تنش ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد که نشان از رقابتی‌تر بودن تاج‌خروس وحشی نسبت به تاج‌خروس سفید است؛ بنابراین باوجود تراکم بالای گیاهان در هر واحد آزمایشی، نتایج نشان داد که وجود رقابت بین‌گونه‌ای بین علف‌های هرز و خلر عامل اصلی کاهش تولید ماده خشک برای هر سه گیاه است. از طرفی در تیمارهای رقابت سه گونه‌ای تاج‌خروس سفید، تاج‌خروس وحشی و خلر مقدار عددی این شاخص برای تاج‌خروس وحشی کمتری از دو گیاه دیگر بود که این می‌تواند افزایش فشار و رقابت به تاج‌خروس وحشی را نشان دهد. مطالعات دیگری نیز در مورد ارزیابی شاخص شدت رقابت نسبی بین گونه‌های تحت رقابت نیز صورت گرفته است، به این صورت که بهشتی و سلطانیان (Beheshti and Soltanian, 2012) در مطالعه رقابت سورگوم و لوبیا گزارش دادند که رقابت درون‌گونه‌ای سورگوم بیشتر از رقابت بین‌گونه‌ای است اما رقابت بین‌گونه‌ای لوبیا بیشتر از رقابت درون‌گونه‌ای آن با سورگوم است.



شکل ۲. عملکرد نسبی خلر (●) با تاج‌خروس سفید (الف و ب)، تاج‌خروس وحشی (ج و د) و هر دو علف‌هرز با هم (ه و ر) (×)، عملکرد نسبی کل (▲)، عملکرد نسبی تاج‌خروس سفید (■) و تاج‌خروس وحشی (□) (ه و ر) در نسبت‌های مختلف کشت تحت تأثیر تیمارهای ۸۰ درصد (الف، ج و ه) و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی آب خاک (ب، د و ر).

Fig. 2. Relative yield of grass pea (●) with tumble pigweed (A and B), redroot pigweed (C and D) and both weeds together (E and F) (×),total relative yield (▲), relative yield of tumble pigweed (■) and redroot pigweed (□) (E and F) in different planting ratios affected by treatments of 80% (a, c and e) and 50% (b, d, and r) of soil water field capacity.

در این تحقیق مشخص شد بیشترین رقابت بین بوته‌های خلر، تاج‌خروس سفید و تاج‌خروس وحشی حاصل رقابت برون گونه‌ای بوده است که با استفاده از شاخص غالبیت نسبی گونه غالب در رقابت شناسایی می‌گردد. در این شاخص اگر مقدار عددی حاصله برای گونه‌ای منفی باشد نشان از این دارد که گونه مجاور در رقابت غالب است. ولی اگر مقدار عددی شاخص عددی مثبت باشد نشان از غالب بودن آن‌گونه نسبت به گونه مجاور خود در رقابت دارد و هم‌چنین اگر مقدار عددی آن برابر با صفر باشد هیچ‌یک از گونه‌ها در رقابت برتری نداشته‌اند (Babaie Zarch et al., 2016).

در آبیاری با ۸۰ درصد ظرفیت زراعی آب خاک، شاخص غالبیت بین تاج‌خروس سفید وحشی نشان از برتری قدرت رقابتی تاج‌خروس وحشی داشت، اما با افزایش میزان تنش خشکی به ۵۰ درصد ظرفیت زراعی اگرچه خلر در رقابت با این دو علف‌هرز دارای شاخص غالبت منفی بود اما مقادیر عددی این شاخص نزدیک به صفر بوده است که نشان از کاهش رقابت برون گونه‌ای بین این سه گیاه با افزایش تنش خشکی دارد (شکل ۲ و جدول ۳).

جدول ۲. شاخص شدت رقابت نسبی خلر، تاج‌خروس وحشی، تاج‌خروس سفید و هر دو علف‌هرز با هم تحت تأثیر سطوح مختلف تنش آب و نسبت‌های مختلف کشت خلر و علف‌هرز (تاج‌خروس وحشی-تاج‌خروس سفید-خلر).

Table 2. Relative competitive intensity index of grass pea, redroot pigweed, tumble pigweed and both weeds together under different water stress levels and planting ratios of grass pea- weeds (grass pea-redroot pigweed-tumble pigweed).

رطوبت خاک (٪ ظرفیت نگهداری آب گلدان) Soil moisture (%FC)	نسبت‌های مختلف کشت (٪) The planting ratio (%)			شاخص شدت رقابت نسبی Relative competitive intensity index			
	خلر Grass Pea	تاج‌خروس سفید Tumble pigweed	تاج‌خروس وحشی Pigweed	تاج‌خروس وحشی Pigweed	تاج‌خروس سفید Tumble pigweed	خلر Grass pea	علف‌های هرز Weeds
80% fc	75	25	0	-	0.75	0.36	0.73
	75	12.5	12.5	0.73	0.87	0.44	0.56
	75	0	25	0.51	-	0.54	0.45
	50	50	0	-	0.52	0.64	0.49
	50	25	25	0.55	0.77	0.61	0.25
	50	۰	50	0.35	-	0.66	0.27
	25	75	0	-	0.42	0.77	0.38
	25	37.5	37.5	0.49	0.78	0.79	0.19
	25	0	75	0.45	-	0.88	0.38
	0	50	50	0.36	0.73	-	-
50% fc	75	25	0	-	0.81	0.28	0.82
	75	12.5	12.5	0.87	0.95	0.24	0.85
	75	0	25	0.69	-	0.37	0.76
	50	50	0	-	0.68	0.46	0.70
	50	25	25	0.80	0.90	0.49	0.74
	50	۰	50	0.47	-	0.55	0.58
	25	75	0	-	0.49	0.79	0.52
	25	37.5	37.5	0.53	0.75	0.80	0.40
	25	0	75	0.18	-	0.78	0.35
	0	50	50	0.36	0.77	-	-

جدول ۳. شاخص غالبیت خلر-تاج‌خروس وحشی، خلر-تاج‌خروس سفید، تاج‌خروس وحشی- تاج‌خروس سفید و خلر- علف‌های هرز تحت تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی

Table 3. Aggressivity index of grass pea-redroot pigweed, grass pea- tumble pigweed, redroot pigweed- tumble pigweed and grass pea-weeds under different levels of drought stress

رطوبت خاک (٪ ظرفیت نگهداری آب گلدان) Soil moisture(%FC)	نسبت‌های مختلف کشت (٪) The planting ratio (%)			شاخص غالبیت Aggressivity index			
	خلر Grass pea	تاج‌خروس سفید Tumble pigweed	تاج‌خروس وحشی Redroot pigweed	خلر – تاج‌خروس وحشی Grass Pea-Redroot pigweed	تاج‌خروس وحشی – تاج‌خروس سفید Redroot pigweed-Tumble pigweed	خلر – تاج‌خروس سفید Grass Pea-Tumble pigweed	خلر – علف‌های هرز Grass Pea-Weeds
80% fc	75	25	0	–	–	-0.22	-0.043
	75	12.5	12.5	-0.41	0.15	-0.25	-0.25
	75	0	25	-0.38	–	–	-0.39
	50	50	0	–	–	-0.23	-0.06
	50	25	25	-0.29	0.094	-0.20	-0.17
	50	۰	50	-0.18	–	–	-0.19
	25	75	0	–	–	-0.1	0.03
	25	37.5	37.5	-0.15	0.12	-0.03	-0.04
	25	0	75	-0.08	–	–	-0.08
	0	50	50	–	0.12	–	–
50% fc	75	25	0	–	–	-0.12	-0.01
	75	12.5	12.5	-0.02	0.038	0.014	0.03
	75	0	25	-0.09	–	–	-0.04
	50	50	0	–	–	-0.07	0.04
	50	25	25	0.02	-0.01	0.01	0.05
	50	۰	50	-0.05	–	–	-0.05
	25	75	0	–	–	-0.1	-0.01
	25	37.5	37.5	-0.10	-0.01	-0.11	-0.06
	25	0	75	-0.05	–	–	-0.06
	0	50	50	–	0.07	–	–

طبق جدول (۳) مقدار عددی شاخص غالبیت خلر نسبت به تاج‌خروس سفید، تاج‌خروس وحشی و هر دو علف‌هرز با هم در تیمارهای ۸۰ درصد ظرفیت زراعی به‌صورت منفی بود؛ بنابراین در این سطح از آبیاری این دو علف‌هرز موردبررسی نسبت به خلر از برتری نسبی برخوردار هستند و با توجه به منحنی تغییرات عملکرد نسبی (شکل ۲، الف، ج و ه) و شاخص شدت رقابت نسبی (جدول ۲) کاهش تولید خلر به علت افزایش رقابت برون گونه‌ای بوده است.

همچنین نتایج نشان داد که در نسبت کشت ۵۰ درصد خلر با ۲۵ درصد تاج‌خروس سفید و ۲۵ درصد تاج‌خروس وحشی در تیمار ۵۰ درصد ظرفیت زراعی شاخص غالبیت خلر در برابر هر دو علف‌هرز به‌صورت جداگانه و باهم عددی مثبت بوده است که نشان وجود برتری نسبی خلر در شرایط وجود تنش خشکی در رقابت با این دو علف‌هرز سمج است

که این مورد در بررسی تغییرات مقادیر عملکرد نسبی نیز به تائید رسیده بود.

به‌طورکلی نتایج این تحقیق نشان داد که کمبود تنش آب کاهش رشد هر سه گیاه هدف در این تحقیق را به همراه داشته است اما میزان کاهش در تاج‌خروس وحشی و خلر بیش از تاج‌خروس سفید بود. با بررسی روند تغییرات عملکرد نسبی و شاخص شدت رقابت نسبی مشخص شد در کشت مخلوط خلر با تاج‌خروس سفید، تاج‌خروس وحشی و هر دو علف‌هرز باهم رقابت شکل‌گرفته از نوع برون گونه‌ای بوده و بر هر سه گیاه اثر منفی داشته است. اگرچه شاخص غالبیت نشان از مغلوب بودن خلر در بیشتر نسبت‌های کاشت داشت اما با افزایش میزان تنش و کمبود منبع آب، به علت رقابت برون گونه‌ای علف‌های هرز رقابت بین علف‌های هرز و خلر به کمترین میزان خود رسید ه است. در پایان پیشنهاد می‌گردد ازآنجایی‌که خلر یک گیاه مقاوم به تنش خشکی است در آزمایش‌های بعدی اعمال تنش خشکی این گیاه به‌صورت دوره‌ای باشد تا با تعیین زمان مناسب آبیاری به قدرت رقابتی خلر در برابر این علف‌های هرز افزوده گردد.

منابع

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].

Babaie Zarch, M.J., Jami-Al-Ahmadi, M., Zamani, G. R., Golestanifar, F., 2016. Effect of competition in *Lathyrus sativus* and Pigweed (*Amaranthus retroflexus*) in Dehydration stress. Environmental Stresses in Crop Sciences. 8(2), 179-189. [In Persian with English Summary].

Beckie, H.J., Johnson, E.N., Blackshaw, R.E. Gan, Y., 2008. Weed suppression by canola and mustard cultivars. Weed Technology. 22, 182-185.

Beheshti, S.A., Soltanian B., 2012. Assessment of the inter-and intra- specific competition of sorghum-bean intercropping using reciprocal yield approach. Seed and Plant Production. 28-2(1), 1-17. [In Persian].

Berger, S.T., Ferrell, J.A., Rowland, D.L., Webster, T.M., 2015. Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) competition for water in cotton. Weed Science. 63, 928–935.

Fanaei, H. R., Galavi, M., Kafi, M., Shirani-rad, A.H., 2013. Interaction of water deficit stress and potassium application on potassium, calcium, magnesium concentration and oil of two species of canola (*Brassica napus* L.) and mustard (*Brassica juncea* L.). Iranian Journal of Soil and Water Knowledge. 23(3), 261-275. [In Persian with English Summary].

Grichar, W.J., Minton, B.W., 2006. Supplementary weed control using soil applied herbicides in glyphosat-resistant maize in Texas. Crop Protection. 25(10), 1071-1074.

Henderson, T.L., Jonson, B.L., Schneiter, A.A., 2000. Row spacing, plant population, and cultivar effects on grain amaranth in the Northern Great Plains. Agronomy Journal. 92, 329-336.

Horak, M.J., Loughin, T.M., 2000. Growth analysis of four *Amaranthus* species. Weed Science. 48, 347-355.

Jenks, M.A., Hasegawa, P.M., 2005. Plant Abiotic Stress. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK. 270 pp.

Manalila, S., Coastd O., Werthe, J., Chauhana B.S., 2017. Weed management in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) through weed-crop competition: A review. Crop Protection. 95, 53–59

Muhammad, A., Tian, Z., Ata-Ul-Karim, S.T., Liu, Y., Cui, Y., Zahoor, R., Jiang, D., Dai, T., 2016. Improved tolerance to post-anthesis drought stress by pre-drought priming at vegetative stages in drought-tolerant and -sensitive wheat cultivars. Plant Physiology and Biochemistry. 106, 218-227.

Ruttanaprasert, R., Jogloy, S., Vorasoot, N., Kesmala, T., Kanwar, R.S., Holbrook, C.C., Patanothai A., 2016. Effects of water stress on total biomass, tuber yield, harvest index and water use efficiency in Jerusalem artichoke.

Agricultural Water Management. 166, 130–138.

Saberali, S.F., Mohammad Modarres-Sanavy, S. A., Bannayan, M., Baghestani, M. A., Rahimian Mashhadi, H., Hoogenboom, G., 2012. Dry bean competitiveness with redroot pigweed as affected by growth habit and nitrogen rate. Field Crops Research. 135, 38–45.

Saberali, S.F., Mohammadi, K., 2015. Organic amendments application down weight the negative effects of weed competition on the soybean yield. Ecological Engineering. 82, 451-458.

Samieiani, E., Ansari, H., Azizi, M., Hashemi-Nia, S. M., Salahvarzi, Y., 2013. Effects of drought stress on some biochemical indices of four groundcovers (*Lolium perenne*, *Potentilla* spp, *Trifolium repens* and *Frankenia* spp) with potential usage in landscape. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture. 4(3), 101-110. [In Persian with English Summary].

Tesfaye, K., Walker, S., Tsubo, M., 2006. Radiation interception and radiation use efficiency of three grain legumes under water deficit conditions in a semi-arid environment. European Journal of Agronomy 25, 60–70.

Vahaedi, A., 2015. Effects of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) competition on the yield and yield components of corn under different levels of nitrogen application. 5(2), 14-25. [In Persian with English Summary].

Weiget, A., Jolliffe, P., 2003. Indices of plant competition. Journal of Ecology. 91, 707-720.

Zand, E., and Beckie, H. J. 2002. Competitive ability of hybrid and open pollinated canola (*Brassica napus* L.) with wild oat (*Avena fatua* L.). Canadian Journal of Plant Science 82, 473-480.