نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۳۶، شماره ۳، صفحه ۴۹۵-۴۸۳ (۱۳۹۹)
شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijmapr.2020.341622.2699
شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0905.1398.36.483.101.3.1576.32

بررسی تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی و تأثیر آبیاری تکمیلی بر عملکرد و اجزای عملکرد جمعیت‌های خاکشیر (*Descurainia sophia* L.)

سید حمیدرضا سلمانی حسینی[۱]، کریم نوزاد نمینی[۲] و حمید دهقان‌زاده[۳*]

۱- کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد نراق، دانشگاه آزاد اسلامی، نراق، ایران
۲- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد نراق، دانشگاه آزاد اسلامی، نراق، ایران
۳*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران، پست الکترونیک: Dehghanzadeh@pnu.ac.ir

تاریخ دریافت: دی ۱۳۹۸ تاریخ اصلاح نهایی: فروردین ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۹

چکیده

به‌منظور بررسی تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی جمعیت‌های خاکشیر (*Descurainia sophia* L.) و تأثیر آبیاری تکمیلی بر عملکرد و اجزای عملکرد آنها، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد نراق به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اصلی آبیاری شامل دو سطح کشت دیم و یک مرحله آبیاری تکمیلی و فاکتور فرعی شامل ۸ جمعیت خاکشیر همدان، اصفهان، چادگان اصفهان، مرکزی، ابوزیدآباد کاشان، بشرویه، نخجیروان و خمین بود. نتایج نشان داد آبیاری تکمیلی سبب افزایش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین، وزن هزاردانه و تعداد ساقه فرعی شد. بین جمعیت‌های خاکشیر از نظر صفات مختلف تنوع بالایی وجود داشت. بیشترین عملکرد دانه در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم به‌ترتیب در جمعیت‌های چادگان اصفهان و خمین با ۴۹۹/۱ و ۳۵۹/۱ کیلوگرم در هکتار مشاهده گردید. تجزیه خوشه‌ای به روش وارد، جمعیت‌های خاکشیر را به ۴ گروه در شرایط دیم تقسیم کرد که جمعیت‌های همدان، اصفهان، بشرویه و خمین در گروه اول قرار گرفتند. گروه دوم به جمعیت نخجیروان اختصاص یافت. در گروه سوم جمعیت‌های مرکزی و ابوزیدآباد کاشان قرار گرفتند و گروه چهارم به جمعیت چادگان اصفهان اختصاص یافت. بیشترین وراثت‌پذیری عمومی مربوط به صفات عملکرد دانه و تعداد خورجین و به‌میزان ۶۸/۴٪ بود.

واژه‌های کلیدی: خاکشیر (*Descurainia sophia* L.)، دیم، تجزیه خوشه‌ای، وراثت‌پذیری عمومی.

مقدمه

در کشور ما به‌دلیل عدم شناخت ذخایر ژنتیکی و ژن‌های مطلوب، برنامه‌های اصلاحی قابل توجهی روی گیاهان دارویی انجام نشده است. ازاین‌رو می‌توان با شناسایی خصوصیات جمعیت‌های مختلف ژن‌های مطلوب و مورد نیاز آنها را در دسترس محققان قرارداد. مطالعه تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی برای

شناسایی ژنوتیپ‌های مشابه به‌منظور حفظ، ارزیابی و استفاده از ذخایر ژنتیکی، مطالعه تنوع ژرم‌پلاسم وحشی، بومی یا اصلاح شده قبل از شروع برنامه‌های اصلاحی و همچنین شناسایی و تفکیک ژنوتیپ‌ها از همدیگر بسیار حائز اهمیت است (Farshadfar, 1999). امروزه در کشور ایران هنوز بعضی از گیاهان دارویی از مراتع طبیعی برداشت می‌شوند و کمتر لاین زراعی برای آنها معرفی شده است (Aghaabasi & Baghizadeh, 2012).

خاکشیر با نام علمی *Descurainia sophia* L. در طب سنتی ایران کاربردهای فراوانی دارد. دانه خاکشیر در طب سنتی به‌عنوان خنکی، ملین، مقوی معده، درمان تنبلی معده، التیام‌دهنده زخم و جراحت‌ها، رفع لکه‌های پوستی و خارش، درمان سرگیجه، برطرف‌کننده ترشحات زنانگی، دفع‌کننده کرم روده، رفع التهاب‌های کلیه و بهبود برونشیت مزمن مصرف می‌شود (Khazri, 2003). این گیاه عمدتاً به‌صورت خودرو در کنار جاده‌ها و اماکن غیرزراعی و نسبتاً مرطوب دیده می‌شود، اما برخی از روستاهای کاشان، کرمانشاه، گنبد و شهرستان خمین بعضاً به‌صورت محدود اقدام به پخش دانه خاکشیر و کشت سنتی می‌کنند. این محصول در ایران یا به‌صورت مستقل یا به‌صورت مخلوط در زمین کشت می‌شود.

در تحقیقی تنوع ژنتیکی ژرم‌پلاسم خاکشیر که از ۱۵ جمعیت استان کرمان برداشت شده بود، توسط نشانگرهای ISSR و RAPD مورد بررسی قرار گرفت و از طریق خوشه‌بندی براساس شباهت، این ۱۵ جمعیت به چهار گروه تقسیم شدند (Aghaabasi & Baghizadeh, 2012). آنان گزارش کردند توده‌هایی که در مکان‌های نزدیک هم رشد می‌کنند ممکن است از نظر تنوع ژنتیکی تفاوت‌های مشخصی داشته باشند. در نهایت این مطالعه بیانگر اینست که تنوع ژنتیکی بالایی در این جمعیت وجود دارد. با این حال در مطالعه تنوع ژنتیکی انجام شده توسط Saki (۲۰۱۳) بر روی ۱۵ جمعیت از دو استان یزد و همدان با نشانگر ISSR جمعیت‌ها به دو خوشه تفکیک و در مجموع تفاوت ژنتیکی قابل ملاحظه‌ای مشاهده نشد و علت آن را به خاستگاه مشترک نمونه‌های جمع‌آوری شده نسبت دادند. با توجه به اینکه محل اصلی رشد خاکشیر در ایران استان‌های مناطق شمالی، رشته‌کوه البرز و زاگرس است، احتمالاً منشأ جمعیت‌های یزد به منطقه همدان نزدیک بوده و گیاهان یزد در طول زمان به دلیل جریان ژنی و مهاجرت به این منطقه وارد شده‌اند. در مطالعه‌ای بر روی تنوع ژنتیکی و تحمل به خشکی ۱۲ جمعیت خاکشیر، بیشترین عملکرد در بوته در شرایط تنش و نرمال مربوط به جمعیت خاش بود. براساس تجزیه خوشه‌ای، جمعیت‌های اقلید و اهواز دارای بیشترین فاصله لینکاژی و ژنتیکی بودند و جمعیت‌های همدان و خاش با کمترین فاصله، مشابه‌ترین جمعیت‌ها نسبت به یکدیگر بودند (Pasalari, 2012). همچنین در مطالعه‌ای هشت جمعیت خاکشیر از دو منطقه کرمان و داورزن مورد بررسی قرار گرفت. از لحاظ عملکرد، جمعیت‌های فارس و خراسان بالاترین و جمعیت سپیدان کمترین عملکرد را داشت. تجزیه همبستگی بیشترین همبستگی را بین صفت عملکرد دانه و بیوماس نشان داد. بدین معنی که صفت بیوماس بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد داشت (Rahmanzadeh, 2017).

کاهش عملکرد دانه، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزاردانه در اثر تنش خشکی در خاکشیر گزارش شد (Khazali & Thani, 2011). همچنین افزایش ارتفاع بوته و تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه در اثر افزایش آبیاری در کلزا گزارش شده است (Dadivar & Khodshenas, 2006). البته کاهش عملکرد دانه و اجزای آن در شرایط تنش خشکی در کلزا در سایر تحقیقات نیز گزارش شده است (Naeemi *et al*., 2010؛ Majidi *et al*., 2015؛ Nasri *et al*., 2008؛ Sadeghinejad *et al*., 2014).

با توجه به اطلاعات بدست آمده از مراکز تحقیقات کشاورزی و همچنین جستجوی منابع علمی و کاربردی و

کمبود تحقیقات زراعی در مورد گیاه خاکشیر، در این تحقیق میزان تشابه فنوتیپی و ژنوتیپی جمعیت‌های مورد آزمایش از جنبه‌های زراعی، فنوتیپی و ژنوتیپی مورد بررسی قرار گرفت، همچنین تأثیر آبیاری تکمیلی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه خاکشیر بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد نراق با طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۸۳ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۰۱ دقیقه انجام شد. ارتفاع محل آزمایش ۲۱۵۰ متر از سطح دریا و میانگین بارندگی سالیانه ۲۰۰ میلی‌متر بود. آزمایش به روش اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. فاکتور اصلی آبیاری شامل کشت دیم و یک مرحله آبیاری تکمیلی (اواسط اردیبهشت) بود. فاکتور فرعی شامل هشت جمعیت خاکشیر جمع‌آوری شده از مناطق مختلف ایران شامل همدان، اصفهان، چادگان اصفهان، مرکزی، ابوزیدآباد کاشان، بشرویه، نخجیروان و خمین بود. مشخصات جغرافیایی محل جمع‌آوری جمعیت‌های خاکشیر مورد آزمایش در جدول ۱ آورده شده است. کاشت بذرها در آذرماه و در عمق ۲-۱ سانتی‌متر انجام شد. پس از رشد و سبز شدن بوته‌ها، در فروردین‌ماه سال ۱۳۹۷ تنک‌کاری برای رسیدن به تراکم مورد نظر (۱۳/۵×۲۵ سانتی‌متر) انجام گردید. کنترل علف‌های هرز با دست انجام شد. برای انجام آبیاری تکمیلی با استفاده از رابطه ۱ عمق آب آبیاری برای کرت‌های اصلی برآورد گردید (Khodshenas *et al.*, 2016).

$$In = [(FC - ai)\, b.\, D] / 100 \qquad \text{رابطه ۱}$$

در این رابطه In: عمق آب آبیاری (میلی‌متر)، FC: درصد وزنی رطوبت خاک در ظرفیت زراعی، ai: درصد وزنی رطوبت خاک در هنگام آبیاری، b: جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب) و D: عمق توسعه ریشه گیاه (میلی‌متر) می‌باشد. برای مشخص کردن درصد وزنی رطوبت خاک از سه قسمت مختلف هر کرت نمونه‌هایی تا عمق توسعه ریشه برداشت گردید. بلافاصله وزن مرطوب توزین و بعد به‌مدت ۱۲ ساعت در آون با حرارت ۱۱۰ درجه سانتی گراد برای تعیین وزن خشک آن قرار داده شد (Varavipour, 2011). درصد رطوبت وزنی در ظرفیت مزرعه ۳۰٪ و قبل از آبیاری ۲۲/۵٪ بود. جرم مخصوص ظاهری خاک ۱/۴۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب بود. قبل از آبیاری، با نمونه‌گیری عمق توسعه ریشه برآورد شد (۴۰ سانتی‌متر) و پس از محاسبه مقدار آب مورد نیاز هر کرت بر اساس رابطه ۱ به‌وسیله کنتور مصرف گردید. خصوصیات خاک زراعی محل آزمایش در جدول ۲ آورده شده است. کوددهی با توجه به نتایج تجزیه خاک و توصیه‌های کودی به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اکسید فسفر (P_2O_5) از منبع سوپر فسفات تریپل و مقدار ۴۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به‌صورت قبل از کاشت و همچنین ۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به صورت سرک از منبع اوره و پس از تنک کردن به خاک اضافه گردید (Hejazi, 2000). در هنگام رسیدگی و پس از حذف اثر حاشیه، ۱۰ بوته از هر کرت انتخاب و عملکرد و اجزای عملکرد دانه بدست آمد. تعداد دانه در خورجین در آزمایشگاه و با استفاده از بینوکولر شمارش گردید. وزن هزاردانه به‌وسیله ترازو با دقت ۰/۰۰۰۱ اندازه‌گیری شد. شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه به عملکرد خشک کل بدست آمد.

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی محل‌های جمع‌آوری جمعیت‌های خاکشیر مورد آزمایش

جمعیت	مشخصات جغرافیایی	ارتفاع متوسط (متر)	میانگین دمای سالانه (درجه سانتی‌گراد)	میانگین بارش سالانه (میلی‌متر)
شهر همدان	۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی ۳۴ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی	۱۸۲۰	۱۱/۳	۳۱۷/۷
شهر اصفهان	۵۱ درجه و ۳۹ دقیقه شرقی ۳۲ درجه و ۳۸ دقیقه شمالی	۱۵۷۰	۱۶/۴	۱۲۷
چادگان اصفهان	۵۰ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی ۳۲ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی	۲۹۳۲	۹/۸	۳۲۴/۳
مرکزی (اراک)	۴۴ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی ۳۴ درجه و ۵ دقیقه شمالی	۱۷۰۰	۹/۱۳	۷/۳۴۱
ابوزیدآباد کاشان	۵۱ درجه و ۴۵ دقیقه شرقی ۳۳ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی	۹۴۸	۱۹/۷	۱۲۰
بشرویه	۵۷ درجه و ۲۷ دقیقه شرقی ۳۳ درجه و ۵۳ دقیقه شمالی	۸۸۰	۲۰/۷	۹۷/۳
نخجیروان	۵۰ درجه و ۳۵ دقیقه شرقی ۳۳ درجه و ۵۶ دقیقه شمالی	۱۶۰۰	۱۵/۹	۲۶۶/۱
خمین	۵۰ درجه و ۵ دقیقه شرقی ۳۳ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی	۱۸۳۵	۱۲/۴	۳۱۰/۵

جدول ۲- مشخصات شیمیایی و فیزیکی خاک در محل اجرای آزمایش در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر

بافت خاک	رس	سیلت	شن	نیتروژن کل	ماده آلی	پتاسیم	فسفر	pH	هدایت الکتریکی ($ds.m^{-1}$)
	(٪)					ppm			
Silty clay loam	۴۰	۳۵	۲۵	۰/۰۳۴	۰/۲	۳۲۰	۱۲	۷/۵	۲/۷

تجزیه واریانس داده‌ها با کمک نرم‌افزار SAS 9.4 انجام گردید و در صورت معنی‌دار شدن اثر عامل آزمایشی، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد. برای گروه‌بندی جمعیت‌ها از روش تجزیه خوشه‌ای و نرم‌افزار SPSS استفاده شد. واریانس‌های ژنوتیپی و فنوتیپی با استفاده از امید ریاضی میانگین مربعات منابع تغییرات در جدول تجزیه واریانس و وراثت پذیری عمومی صفات با تقسیم واریانس ژنوتیپی بر فنوتیپی

برآورد گردید (Falconer & Mackay, 1996).

$$h^2 = \frac{Vg}{Vp} \times 100$$

$$V_p = V_g + (MSe/r)$$

$$V_g = (MSg - Mg*b)/rb$$

در این فرمول Vg: برآورد واریانس ژنتیکی، Vp: واریانس فنوتیپی، MSe: میانگین مربعات خطا و برابر واریانس محیطی، MSg: میانگین مربعات فاکتور اول (آبیاری)، Mg*b: میانگین مربعات برای اثر متقابل جمعیت و آبیاری، r: تکرار و b: سطوح تنش در جدول تجزیه واریانس می‌باشد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر رژیم آبیاری روی تعداد ساقه فرعی، تعداد دانه در خورجین، وزن هزاردانه و ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول ۳). اعمال آبیاری تکمیلی سبب افزایش ۱۶/۱ درصدی تعداد ساقه فرعی، ۱۰ درصدی تعداد دانه در خورجین، ۱۱/۵ درصدی وزن هزاردانه و ۲/۷ درصدی ارتفاع بوته در مقایسه با شرایط دیم شد (جدول ۴). جمعیت های مورد مطالعه نیز از نظر تعداد ساقه فرعی، طول خورجین، وزن هزارپ دانه و ارتفاع بوته تفاوت معنی‌داری با هم داشتند (جدول ۳). جمعیت‌های چادگان اصفهان و مرکزی بالاترین تعداد ساقه فرعی، طول خورجین و ارتفاع بوته را داشتند (جدول۴). همچنین جمعیت مرکزی دارای بالاترین تعداد دانه در خورجین بود (جدول ۴). جمعیت نخجیروان دارای کمترین تعداد ساقه فرعی، طول خورجین و تعداد دانه در خورجین و جمعیت خمین دارای کمترین ارتفاع بوته و وزن هزاردانه بود (جدول ۴).

اثر متقابل جمعیت و رژیم آبیاری بر روی تعداد خورجین معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج نشان داد به‌طور کلی انجام آبیاری تکمیلی تعداد خورجین در بوته را افزایش داد. اما این افزایش در جمعیت‌های مختلف یکسان نبود. در برخی جمعیت‌ها مانند همدان، چادگان، ابوزیدآباد کاشان، مرکزی و بشرویه تعداد خورجین بیشتر افزایش یافت اما در جمعیت‌های دیگر، تعداد خورجین چندان تحت تأثیر آبیاری تکمیلی قرار نگرفت (جدول ۵).

اثر متقابل جمعیت و رژیم آبیاری بر وزن تر بوته در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). به‌طوری که پاسخ جمعیت‌های مختلف به انجام آبیاری تکمیلی متفاوت بود. برخی جمعیت‌ها مانند خمین و نخجیروان با انجام آبیاری تکمیلی افزایش زیادی در وزن تر خود نداشتند (جدول ۵). جمعیت‌هایی مانند مرکزی و ابوزیدآباد کاشان با اعمال تیمار آبیاری تکمیلی افزایش زیادی در وزن تر بوته داشتند (جدول ۵).

اثر متقابل جمعیت و رژیم آبیاری بر ماده خشک کل معنی‌دار بود (جدول ۳). عملکرد ماده خشک بین جمعیت‌های مختلف تنوع زیادی نشان داد. در شرایط آبیاری تکمیلی بالاترین و پایین‌ترین میزان تولید ماده خشک به‌ترتیب در جمعیت‌های مرکزی و نخجیروان و در شرایط دیم بالاترین و پایین‌ترین میزان عملکرد بیولوژیکی به‌ترتیب مربوط به جمعیت‌های چادگان اصفهان و ابوزیدآباد کاشان بود (جدول ۵). عملکرد بیولوژیکی خاکشیر با اعمال آبیاری تکمیلی افزایش یافت (جدول ۵). جمعیت‌های همدان، ابوزیدآباد کاشان و مرکزی بیشترین افزایش را در عملکرد بیولوژیک در اثر آبیاری تکمیلی نشان دادند.

اثر متقابل جمعیت و رژیم آبیاری بر روی عملکرد معنی‌دار بود (جدول ۳). عملکرد دانه در شرایط آبیاری تکمیلی از ۴۹۹/۱ کیلوگرم در هکتار در جمعیت چادگان اصفهان تا ۲۵۳/۳ کیلوگرم در هکتار در جمعیت نخجیروان متغیر بود. همچنین در شرایط دیم میزان عملکرد دانه بین ۳۵۹/۱ تا ۲۰۳/۳ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب در جمعیت‌های خمین و بشرویه متغیر بود.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد جمعیت‌های خاکشیر در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد ساقه فرعی	تعداد خورجین	طول خورجین	تعداد دانه در خورجین	وزن تر بوته	وزن خشک بوته	وزن هزاردانه	عملکرد دانه	شاخص برداشت	ارتفاع بوته
تکرار	۲	۲۱۰/۰۱**	۵۱۳۰/۰۳ ns	۰/۳۱۳ ns	۳/۶ns	۲۶/۲۳ ns	۶۲/۹۵*	۰/۰۰۰۱۷ns	۰/۹۶۸ns	۱/۲۹۲ns	۶/۰۲ns
رژیم آبیاری	۱	۲۰۰/۰۰*	۲۱۱۵۷۹/۸۴**	۰/۱۴۱ns	۱۰۴/۷۲*	۱۶۰۷/۷۶**	۲۸۱/۳۴**	۰/۰۳۹**	۲۸/۰۵**	۶۴/۲۱**	۶۹/۱۲*
خطای اصلی	۲	۵۵/۱۹	۲۰۹۲/۵۷	۰/۰۴۳	۲/۵۹	۹/۳۴	۲۰/۰۴	۰/۰۰۰۳۲	/۲۳۸	۲/۳۵۳	۲۲/۶۸
جمعیت	۷	۱۱۳/۹۸**	۷۶۹۰/۲۹**	۰/۵۲۷*	۲۰۰/۲۵**	۱۷۰/۷۹**	۷۷/۷۹**	۰/۰۱۲*	۲/۵۳۳**	۲۳/۲۲**	۱۴۵/۹۹**
جمعیت× رژیم آبیاری	۷	۲۳/۰۲ns	۷۶۶۰/۵۲**	۰/۰۱۱ns	۸/۰۷ns	۱۱۹/۲۶**	۳۲/۹۳*	۰/۰۰۲۸ns	۱/۸۲۰**	۲۶/۸۵**	۲۵/۲۶ns
خطای فرعی	۲۸	۲۸/۷۱	۱۶۸۴/۱۲	۰/۱۸۷	۱۵/۵۵	۲۵/۳۰	۱۳/۳۵	۰/۰۰۴۱	۰/۴۸۶	۶/۱۶	۱۵/۸۸
CV (%)		۲۷/۶۱	۱۴/۶۶	۱۱/۱۶	۷/۷۴	۱۲/۹۱	۱۷/۴۶	۱۱/۶۸	۱۶/۷۶	۱۲/۲۱	۴/۴۰

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ و ns: غیرمعنی‌دار از لحاظ آماری

جمعیت‌های بشرویه، همدان و ابوزیدآباد کاشان بیشترین افزایش عملکرد را در شرایط آبیاری تکمیلی از خود نشان دادند. در حالی‌که در جمعیت‌های نخجیروان و خمین افزایش ناچیزی در عملکرد دانه در اثر آبیاری تکمیلی مشاهده شد (جدول ۵). آبیاری تکمیلی انجام شده در این آزمایش به‌دلیل ایجاد تفاوت در اجزای عملکرد جمعیت‌های خاکشیر، تأثیرات متفاوتی نیز بر عملکرد دانه جمعیت‌های آنها داشته است. در مجموع آبیاری تکمیلی سبب افزایش عملکرد دانه خاکشیر شد.

همچنین اثر متقابل جمعیت و رژیم آبیاری بر شاخص برداشت خاکشیر معنی‌دار بود (جدول ۳). به‌طوری که شاخص برداشت تنوع زیادی را در جمعیت‌های مختلف و شرایط آبیاری تکمیلی و دیم نشان داد. در شرایط آبیاری تکمیلی جمعیت‌های بشرویه و نخجیروان به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین شاخص برداشت بودند (جدول ۵). آبیاری تکمیلی در همه جمعیت‌ها سبب افزایش شاخص برداشت نشد. در جمعیت‌های بشرویه، اصفهان و چادگان اصفهان افزایش قابل توجهی در شاخص برداشت بر اثر اعمال آبیاری تکمیلی اتفاق افتاد. اما در جمعیت‌های خمین و نخجیروان حتی کاهش شاخص برداشت مشاهده شد (جدول ۵).

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد جمعیت‌های خاکشیر در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

تیمار	میانگین صفات				
	تعداد ساقه فرعی	طول خورجین (میلی‌متر)	تعداد دانه در خورجین	وزن هزاردانه (گرم)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)
رژیم آبیاری					
دیم	۲۸ b	۳/۷۷ a	۴۹/۴۵ b	۰/۵۲ b	۸۹/۲۰ b
آبیاری تکمیلی	۳۲/۵ a	۳/۹۷ a	۵۴/۴۰ a	۰/۵۸ a	۹۱/۶۰ a
جمعیت					
همدان	۲۷/۶۳ c	۴/۰۶ ab	۴۹/۲۳ c	۰/۵۵ b	۹۲/۰۸ ab
اصفهان	۲۶/۹۰ c	۳/۸۱ b	۵۲/۷۰ b	۰/۵۰ c	۹۴/۵۳ a
چادگان	۳۷/۶۷ a	۴/۱۷ a	۵۲/۱۵ b	۰/۵۴ b	۹۶/۹۳ a
مرکزی	۳۵/۶۰ a	۴/۲۶ a	۵۷/۸۲ a	۰/۵۲ c	۹۴/۶۳ a
ابوزیدآباد کاشان	۲۸/۰ c	۳/۵۵ b	۵۹/۶۷ a	۰/۶۱ a	۹۰/۰ b
بشرویه	۳۲/۴۳ b	۳/۸۷ b	۴۵/۸۸ d	۰/۵۶ b	۸۶/۰۷ c
نخجیروان	۲۵/۶۷ c	۳/۴۲ b	۴۳/۲۷ d	۰/۶۲a	۸۵/۲۲ c
خمین	۲۹/۴۳ bc	۳/۷۷ a	۴۶/۶۷ cd	۰/۴۹ c	۸۳/۷۷ c

میانگین‌های هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند از نظر آماری و براساس آزمون دانکن فاقد اختلاف معنی‌داری هستند ($P\leq0.05$).

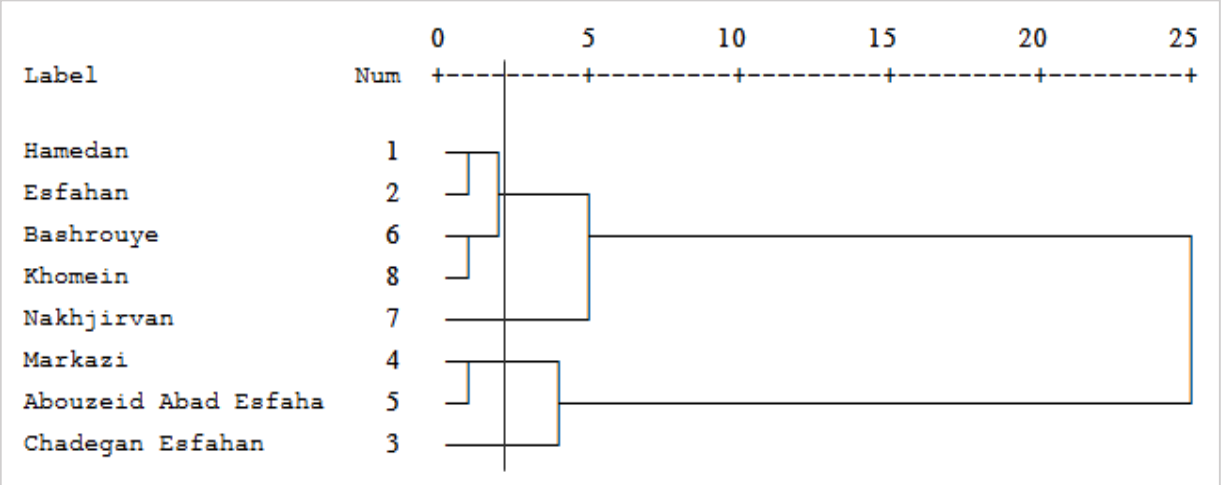
جدول ۵- اثر متقابل آبیاری و جمعیت بر برخی اجزای عملکرد و عملکرد دانه خاکشیر

تیمار		تعداد خورجین	وزن تر بوته (کیلوگرم در هکتار)	وزن خشک بوته (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (٪)
رژیم آبی	جمعیت					
دیم	همدان	۱۶۵/۶۷ hi	۱۷۳۳/۵ fgh	۱۱۶۵/۴۶ f	۲۵۹/۲ d	۲۲/۲۴ bc
دیم	اصفهان	۲۳۰/۸۰ fgh	۱۷۹۶/۵ fgh	۲۰۱۱/۶۷ b	۳۲۷/۱ c	۱۶/۲۶ef
دیم	چادگان	۲۴۳/۶۷ efg	۱۸۸۶/۵ efg	۲۱۹۱/۸۶ ab	۳۴۵/۰ c	۱۵/۷۴f
دیم	مرکزی	۲۲۱/۶۰ f-i	۱۶۴۰/۰ f-i	۱۵۲۵/۵۰ d	۳۰۱/۶ cd	۱۹/۷۷ cd
دیم	ابوزیدآباد کاشان	۱۵۵/۴۷ I	۱۲۹۳/۵ I	۱۱۲۲/۲۷ g	۲۱۶/۶ e	۱۹/۳۰ d
دیم	بشرویه	۱۸۴/۰ ghi	۱۳۹۳/۵ hi	۱۲۱۵/۹۰ f	۲۰۳/۳ e	۱۶/۷۲ ef
دیم	نخجیروان	۲۱۶/۶۷ f-i	۱۴۷۶/۵ ghi	۱۲۴۲/۶۰ f	۲۴۳/۳ d	۱۹/۵۸ cd
دیم	خمین	۳۰۲/۰ cde	۲۰۴۰/۰ c-f	۱۵۱۵/۱۸ d	۳۵۹/۱ bc	۲۳/۷۰ b
آبیاری	همدان	۳۱۶/۶۷ bcd	۲۳۶۳/۵ bcd	۲۰۱۰/۴۷ b	۴۶۰/۸ a	۲۲/۹۲ bc
آبیاری	اصفهان	۳۰۶/۴۰ cde	۲۲۸۶/۵ b-e	۱۹۶۸/۴۰ bc	۳۹۲/۵ b	۱۹/۹۴ cd
آبیاری	چادگان	۴۳۸/۳۳ a	۲۵۹۳/۵ ab	۲۲۸۷/۳۵ ab	۴۹۹/۱ a	۲۱/۸۲ c
آبیاری	مرکزی	۳۷۷/۰ ab	۲۸۱۶/۵ a	۲۳۷۹/۰۴ a	۴۸۵/۸ a	۲۰/۴۲ cd
آبیاری	ابوزیدآباد کاشان	۳۸۲/۶۷ ab	۲۴۵۶/۵ abc	۲۰۷۱/۶۸ b	۴۰۷/۵ b	۱۹/۶۷ cd
آبیاری	بشرویه	۳۴۲/۰ bc	۱۸۳۰/۰ fg	۱۵۶۱/۹۲ d	۴۲۵/۰ ab	۲۷/۲۱ a
آبیاری	نخجیروان	۲۶۴/۳۳ def	۱۵۴۳/۵ ghi	۱۴۶۲/۴۷ e	۲۵۳/۳ d	۱۷/۳۲ e
آبیاری	خمین	۳۲۹/۳۳ bcd	۲۰۰۰/۰ def	۱۶۳۶/۸۹ d	۳۶۸/۳ c	۲۲/۵۰ bc

میانگین‌های هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند از نظر آماری و براساس آزمون دانکن فاقد اختلاف معنی‌داری هستند ($P\leq0.05$).

تجزیه خوشه‌ای

گروه‌بندی جمعیت‌ها براساس فاصله ژنتیکی، وقتی در یک برنامه اصلاحی مؤثر است که به‌طور همزمان چندین صفت مورد بررسی قرار گیرند. به همین جهت به منظور تعیین الگوی تنوع ژنتیکی، گروه‌بندی جمعیت‌ها و تعیین فاصله ژنتیکی بین آنها، تجزیه خوشه‌ای انجام شد. با توجه به دندروگرام تجزیه خوشه‌ای به روش Ward و براساس مربع فواصل اقلیدسی و با در نظر گرفتن خط برش در فاصله ۵/۲، ژنوتیپ‌های خاکشیر به ۴ گروه در شرایط دیم تقسیم شدند (شکل ۱). جمعیت‌های همدان، اصفهان، بشرویه و خمین در گروه اول قرار گرفتند. گروه دوم به جمعیت نخجیروان اختصاص یافت. در گروه سوم جمعیت های مرکزی و ابوزیدآباد کاشان قرار گرفتند و گروه چهارم به جمعیت چادگان اصفهان اختصاص یافت. جمعیت های همدان با اصفهان، بشرویه با خمین و جمعیت مرکزی با ابوزیدآباد کاشان از لحاظ فاصله لینکاژی و ژنتیکی شبیه‌ترین نسبت به هم بودند. جمعیت همدان بیشترین فاصله را با جمعیت چادگان اصفهان داشت، بنابراین این دو جمعیت متفاوت‌ترین جمعیت نسبت به سایر جمعیت‌ها تلقی گردید (شکل ۱). Pasalari (۲۰۱۲) نیز در بررسی خود بر روی ۱۲ جمعیت خاکشیر پس از انجام تجزیه خوشه‌ای جمعیت‌ها را به پنج گروه تقسیم کرد.



شکل ۱ – دندروگرام ۸ جمعیت بر حسب صفات مورد ارزیابی با استفاده از روش وارد (Ward) در شرایط دیم

جدول ۶- نتایج برآورد اجزای واریانس و وراثت‌پذیری صفات مورفولوژیک، عملکرد دانه و اجزای آن در هشت جمعیت خاکشیر

صفت	واریانس ژنتیکی (VG)	واریانس فنوتیپی (VP)	وراثت‌پذیری عمومی (h^2_{bs})
وزن هزاردانه	۰/۰۰۶	۰/۰۴	۱۳/۶۰
تعداد دانه در خورجین	۱۶/۱۱	۱۶۱/۲۹	۹/۹۹
تعداد خورجین	۳۳۹۸۶/۵۵	۴۹۷۰۵/۰۸	۶۸/۳۸
عملکرد دانه	۴/۳۷	۴/۵۳	۹۶/۴۳
عملکرد بیولوژیک	۴۱/۴۰	۱۶۶/۰۵	۲۴/۹۳
شاخص برداشت	۶/۲۳	۶۳/۷۵	۹/۷۷
ارتفاع بوته	۷/۳۱	۱۲/۶۰	۵۸/۰۰
طول خورجین	۰/۰۲	۱/۷۷	۱/۲۳
تعداد ساقه فرعی	۳۱/۱۶	۱۳۲/۴۶	۲۳/۵۳

برآورد اجزای واریانس و وراثت‌پذیری صفات خاکشیر

وراثت‌پذیری معیاری برای برآورد پاسخ مورد انتظار با گزینش بوده و در طراحی برنامه‌های اصلاحی موفق مورد استفاده قرار می‌گیرد (Farshadfar, 1999؛ Abdamishani & Yazdi Samadi, 2007). نتایج توارث‌پذیری عمومی صفات مورد بررسی در جدول ۶ آورده شده است. بیشترین توارث‌پذیری عمومی مربوط به صفات عملکرد دانه و وزن تر بوته (۹۶٪) بود. کمترین توارث‌پذیری به صفات طول خورجین، تعداد دانه در خورجین و شاخص برداشت اختصاص داشت. یعنی اینکه تغییرات محیطی سهم بیشتری را در تغییرات فنوتیپی این صفات داشته است.

بحث

آبیاری تکمیلی باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد جمعیت‌های خاکشیر به‌استثناء طول خورجین شد. احتمالاً آبیاری تکمیلی اعمال شده در مرحله‌ای

نبوده است که بتواند طول خورجین را تحت تأثیر قرار دهد. با این حال کاهش ۱۱ درصدی طول خورجین در شرایط تنش در جمعیت‌های خاکشیر گزارش شده است (Pasalari, 2012). این اختلاف می‌تواند به دلیل تفاوت در شرایط و مواد آزمایشی باشد. Khazali و Thani (۲۰۱۱) نشان دادند که آبیاری تکمیلی خاکشیر تعداد خورجین را در اثر طولانی کردن مرحله گلدهی و نیز تعداد دانه در خورجین را در اثر ایجاد سطح برگ بالاتر در زمان گلدهی افزایش می‌دهد. البته انجام آبیاری تکمیلی با جلوگیری از سقط دانه‌های تشکیل شده در اثر کمبود رطوبت تعداد دانه بیشتری را در خورجین حفظ می‌کند. زیرا کمبود رطوبت در مرحله گلدهی باعث عقیمی گل‌ها و در نتیجه کاهش قابلیت گیاه برای تولید خورجین و دانه می‌شود (Dehghanzadeh, 2019). یافته‌های تحقیقات دیگر نشان می‌دهد که کمبود آب سبب کاهش تعداد دانه در خورجین کلزا می‌شود (Eskandari & Alizadehamraei, 2017؛ Majidi *et al.*, 2015). کاهش وزن دانه‌های خاکشیر در شرایط دیم با نتایج Pasalari (۲۰۱۲) و Khazali و Thani (۲۰۱۱) مطابقت داشت. تنش خشکی منجر به کاهش تولید مواد فتوسنتزی (Dehghanzadeh, 2019)، کاهش تعداد و حجم سلول‌های آندوسپرم (Baher *et al.*, 2002)، تسریع در رسیدن دانه‌ها و در نتیجه کاهش وزن دانه می‌شود (Nadeem *et al.*, 2002). بنابراین به نظر می‌رسد اعمال آبیاری تکمیلی که در اواسط اردیبهشت‌ماه و مصادف با مرحله گلدهی و پر شدن دانه انجام شده توانسته است وزن هزاردانه آن را افزایش دهد. در رابطه با تأثیر آبیاری تکمیلی بر عملکرد دانه، Johnston و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که با یک حداقل آب ۱۲۷ میلی‌متر، عملکرد دانه کلزا به‌ازای هر میلی‌متر آب مصرفی اضافی به میزان ۶/۹ تا ۷/۲ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. کاهش وزن تر بوته و عملکرد بیولوژیکی خاکشیر در شرایط تنش رطوبتی گزارش شده است (Khazali & Thani, 2011). کاهش عملکرد بیولوژیکی در شرایط کمبود رطوبت به دلیل کاهش تعداد ساقه‌های فرعی، تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین و وزن دانه بوده که با گزارش سایر محققان همسو می‌باشد (Majidi *et al.*, 2015؛ Naeemi *et al.*, 2010). Mendham و Salisbury (۱۹۹۵) و Naeemi و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که کمبود آب اثر سوء بر عملکرد کلزا می‌گذارد، هر چند این اثر به ژنوتیپ و مرحله نمو گیاه بستگی دارد. توانایی انتقال و انباشت مواد فتوسنتزی، به‌ویژه از خورجین‌ها به دانه‌ها، یکی از عوامل مهم در افزایش عملکرد کلزا معرفی شده است (Fallah Heki *et al.*, 2012) و هر عاملی که موجب عدم کارایی انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها شود، باعث کاهش شاخص برداشت می‌گردد (Fanaei *et al.*, 2008). در این آزمایش، اگرچه با اعمال آبیاری تکمیلی عملکرد بیولوژیکی افزایش یافت، ولی بیشتر شدن شاخص برداشت در تیمارهای آبیاری تکمیلی در برخی جمعیت‌ها نشان‌دهنده آزاد شدن بخش قابل توجهی از قابلیت عملکرد دانه آنها می‌باشد.

به‌عبارت دیگر، بیشتر بودن عملکرد بیولوژیک در شرایط اعمال آبیاری تکمیلی به دلیل رشد بیشتر اندام‌های رویشی نبوده، بلکه ماده خشک افزایش یافته عمدتاً به تولید بیشتر دانه اختصاص یافته که منجر به افزایش عملکرد دانه و شاخص برداشت شده است (Dadivar & Khodshenas, 2006).

آبیاری تکمیلی باعث افزایش ارتفاع بوته به میزان ۲/۷٪ شد. این افزایش کم ارتفاع ممکن است به این دلیل باشد که احتمالاً آبیاری تکمیلی در مرحله‌ای انجام شد که رشد طولی گیاه تقریباً پایان یافته بود. از سوی دیگر احتمالاً با انجام آبیاری تکمیلی گیاه اولویت تخصیص مواد فتوسنتزی را به عملکرد دانه داده است تا ارتفاع بوته. Sheykh و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که ارتفاع بوته تحت تأثیر معنی‌دار آبیاری تکمیلی قرار نگرفت، زیرا در این زمان گیاه تقریباً به ارتفاع نهایی خود رسیده است. از آنجا که این جمعیت‌ها از مناطق جغرافیایی مختلف جمع‌آوری شده

بودند، تنوع ژنتیکی و فنوتیپی در تعداد خورجین وجود داشته و احتمالاً همه آنها در زمان اعمال آبیاری تکمیلی (اواسط اردیبهشت‌ماه) از لحاظ فنولوژیکی در یک مرحله مشابه نبوده‌اند، به همین دلیل پاسخ آنها به آبیاری تکمیلی نیز مشابه نبود. Rahmanzadeh (۲۰۱۷) نیز به تفاوت جمعیت‌های مختلف خاکشیر از نظر تعداد خورجین در اثر تنش خشکی اشاره کرده است.

وجود اختلاف معنی‌دار در طول خورجین در جمعیت‌ها مؤید وجود تنوع در جمعیت‌های مورد بررسی است. عملکرد بیولوژیکی برابر تولید خالص کل می‌باشد. به همین دلیل، گیاهانی دارای عملکرد بالا خواهند بود که با توجه به شرایط رشد، مواد فتوسنتزی بیشتری در اندام‌های خود تجمع کنند و تولید خالص بیشتری داشته باشند (Fallah Heki *et al.*, 2012). در این تحقیق نیز جمعیت‌های خاکشیری که عملکرد بیولوژیک بیشتری داشتند، عملکرد دانه بیشتری نیز در واحد سطح تولید نمودند. Sheykh و همکاران (۲۰۰۵) در بررسی ژنوتیپ‌های کلزا گزارش کردند که کلزاهای با ارتفاع بوته بیشتر با داشتن برگ بیشتر در طول ساقه و در نتیجه سطح فتوسنتز کننده بالاتر عملکرد بیشتری نشان دادند. در این آزمایش نیز جمعیت چادگان اصفهان دارای بالاترین ارتفاع و عملکرد دانه بود. Miri و همکاران (۲۰۰۹) نیز گزارش کردند که به‌طور معمول در شرایط خشکی آخر فصل ارقامی از کلزا که عملکرد دانه بالاتری داشتند، دارای ساقه بلندتری هم بودند.

به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی باید گفت که نتایج این تحقیق نشان داد که جمعیت‌های خاکشیر جمع‌آوری شده از مناطق مختلف کشور تنوع زیادی از لحاظ صفات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد داشتند و به‌دلیل توان ژنتیکی متفاوت آنها، پاسخ‌شان به اعمال تیمار آبیاری تکمیلی نیز متفاوت بود. از آنجا که این گیاه معمولاً به‌عنوان علف هرز در نظر گرفته می‌شود، کمتر به شناسایی قابلیت‌های ژنتیکی موجود در کشور برای این گیاه پرداخته شده بود. اما طبق نتایج این تحقیق با وجودی که جمعیت‌های مورد استفاده وحشی بودند و هیچ کار اصلاحی بر روی آنها انجام نشده بود، پاسخ مناسبی به اعمال آبیاری تکمیلی نشان دادند. عملکرد دانه در شرایط آبیاری تکمیلی نسبت به شرایط دیم افزایش یافت. تجزیه خوشه‌ای انجام شده جمعیت‌های مورد مطالعه را در ۴ گروه مختلف جای داد و تنوع ژنتیکی موجود بین آنها را تأیید کرد. بررسی وراثت‌پذیری صفات نیز بیانگر وراثت‌پذیری بالای صفات عملکرد دانه و تعداد خورجین بوته بود.

منابع مورد استفاده

- Abdamishani, S. and Yazdi Samadi, B., 2007. Crop Breeding. University Publishing Center, 292p.
- Aghaabasi, K. and Baghizadeh, A., 2012. Investigation of genetic diversity in flixweld (*Descurainia Sophia* L.) germplasm from Kerman province using inter-simple sequence repeat (ISSR) and random amplified polymorphic DNA (RAPD) molecular markers. African Journal of Biotechnology, 11: 10056-10062.
- Baher, Z., Mirza, M., Ghorbani, M. and Rezaii, M.B., 2002. The influence of water stress on plant height, herbal and essential oil yield and composition in saturation in *Satureja hortensis* L. Flavour and Fragrance Journal, 17: 275 -277.
- Dadivar, M. and Khodshenas, M.A., 2006. Evaluation of water stress effect on canola (*Brassica napus* L.). Journal of Agricultural Sciences, 12(4): 845-853.
- Dehghanzadeh, H., 2019. Evaluation of some physiological growth indices effective on growth and grain yield of three wheat cultivars under drought stress. Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences, 12(2): 365-375.
- Eskandari, H. and Alizadehamraei, A., 2017. Effect of complementary irrigation during reproductive growth period on grain yield, oil and energy efficiency of rapeseed under dry land farming system. Journal of Crops Improvement, 18(4): 907-919.
- Falconer, D.S. and Mackay, T.F.C., 1996. Introduction to Quantitative Genetics, Ronald press. New York, 325p.
- Fallah Heki, M.H., Yadavi, A.R., Movahhedi Dehnavi, M. and Balouch, H.R., 2012. Evaluation of oil, protein and grain yield of canola cultivars in different planting date in Yasouj region. Journal of Plant Production, 4(2): 207-222.
- Fanaei, H., Ghanbari Benjar, A., Akbari Moghaddam, H., Soleuki, M. and Naroori Rad, M.R., 2008. Evaluation of yield, yield components and some

growth stage on quantitative and qualitative yield of rapeseed (*Brassica napuse* L.) cultivar. Journal of Crops Improvement (Journal of Agriculture), 12(2): 63-71.
- Nadeem, T.M.H., Imran, M. and Kamil Husain, M., 2002. Evaluation of sunflower *Helianthus annuus* L. inbred lines for drought tolerance. International Journal of Agriculture and Biology, 25: 398-400.
- Nasri, M., Khalatbari, M., Zahedi, H., Paknejad, F. and Tohidi Moghadam, H.R., 2008. Evaluation of micro and macro elements in drought stress conditions in cultivars of rapeseed (*Brassica napus* L.). American Journal of Agricultural and Biological Science, 3(3): 579-583.
- Pasalari, V., 2012. The genetic evaluation of Psyllium (*Plantago ovata* L.) and Flixweld (*Descurainia sopghia* L.) ecotypes under drought stress conditions. The Master of Science Theses. Shiraz University.
- Rahmanzadeh, M., 2017. Study the effect of genotype× environment on different Flixweld (*Descurainia sophia* L.) genotypes. The Master of Science Theses. The Shahid Bahonar University of Kerman.
- Sadeghinejad, A.A.S., Alimohammad Modarres-Sanavy, S.A., Tabatabaei, S. and Modares Vanegh, M., 2014. Effect of water deficit stress at various growth stages on yield, yield components and water use efficiency of five rapeseed (*Brassica napu*s L.) cultivars. Journal of Water and Soil Science, 24(2): 53-64.
- Saki, S., 2013. The genetic germplas variation of Flixweld (*Descurainia sophia* L.) in Yazd and Hamedan province by ISSR markers. The Master of Science Theses. Bu-Ali Sina University.
- Sheykh, F., Tourchi, M., Valizadeh, M., Shakiba, M.R. and Pasban Eslam, B., 2005. Drought resistance evaluation in spring rapeseed cultivars. Journal of Agricultural Science (University of Tabrize), 15(1): 163-174.
- Varavipour, M., 2011. Soil Science. Payame Noor University Press, 322p.

agronomics of canola spring genotypes in Sistan region. Journal of Research and Construction, 21(2): 36-44.
- Farshadfar, E., 1999. The Use of Quantitative Genetics in Plant Breeding (Volume 2). Kermanshah University of Razi Publication, 404p.
- Hejazi, A., 2000. Rapeseed Agronomy (planting, operation and harvesting). Roozane Publication, 158p.
- Johnston, A.M., Tanaka, D.L., Miller, P.R., Brandt, S.A., Nielsen, D.C., Lafond, G.P. and Riveland, N.R., 2002. Oilseed crops for semiarid cropping systems in the Northern Great Plains. Agronomy Journal, 94: 231-240.
- Khazali, M. and Thani, B., 2011. Effect of different irrigation regimes on yield and its components in ash medical plants in Qods area. Journal of Ecophysiology, 3(4): 324-335.
- Khazri, S.SH., 2003. The Culture of Medicinal Plants (Properties of Fruits, Plants and Vegetables). Khazri Seyed Shahab Press, 572p.
- Khodshenas, M.A., Ghadbeiklou, J. and Dadivar, M., 2016. The effects of source and rate of nitrogen fertilizer and irrigation on nitrogen uptake of silage corn and residual soil nitrate. Journal of Water and Soil, 29(6): 1640-1650.
- Majidi, M.M., Jafarzadeh, M., Rashidi, F. and Mirlohi, A., 2015. Effect of drought stress on yield and some physiological traits in *Canola* varieties. Journal of Plant Process and Function, 3(9): 59-70.
- Mendham, N.J. and Salisbury, P.A., 1995. Physiology: Crop Development, Growth and yield: 11-64. In: Kimber, D.S. and McGregor, D.I., (Eds.). Brassica Oilseeds: Production and Utilization. CAB International, 394p.
- Miri, H.R., 2009. Grain yield and morpho-physiological changes from 60 years of genetic improvement of wheat in Iran. Experimental Agriculture, 45:149-163.
- Naeemi, M., Ali Akbari, G.H., Shirani Rad, A.H., Modares Sanavi, S.A.M. and Sadat Noori, A., 2010. Evaluation of drought stress effect at terminal

Study on phenotypic and genotypic variation and the effect of complementary irrigation on yield and yield components of Flixweld (*Descurainia sophia* L.) populations

H.R. Salmani Hosseini[1], K. Nozad Namin[1] and H. Dehghanzadeh[2*]

1- Department of Agronomy and Plant Breeding, Naragh Branch, Islamic Azad University, Naragh, Iran
2*- Corresponding author, Department of Agricultural Sciences, Payame Noor University (PNU), Iran
E-mail: Dehghanzadeh@pnu.ac.ir

Received: January 2020 Revised: April 2020 Accepted: June 2020

Abstract

To study the phenotypic and genotypic variation of Iranian flixweld (*Descurainia sophia* L.) populations and the effect of complementary irrigation on their yield and yield components, an experiment was conducted as a split-plot in a randomized complete block design with three replications in the research farm of Islamic Azad University, Naragh Branch, during 2017-2018 growing season. Irrigation at two levels of rainfed cultivation and cultivation with one complementary irrigation was considered as the main plot and flixweld populations at eight levels of Hamedan, Esfahan, Chadegan in Esfahan, Markazi, Abuzeid Abad in Kashan, Bashrouye, Nakhjiravan, and Khomein as sub-plots. The results showed that grain yield, biological yield, the number of siliqua, the number of grains per silique, 1000-grain weight, and the number of sub-stems increased by complementary irrigation. There was a high variation among flixweld populations in terms of different traits. The highest grain yield under complementary irrigation and rainfed conditions was observed in Chadegan and Khomein populations with 499.1 and 359.1 kg ha^{-1}, respectively. Cluster analysis divided flixweld populations into four groups under rainfed conditions. Populations Hamedan, Esfahan, Boshrouyeh, and Khomein were placed in the first group, Nakhjiravan in the second group, Markazi and Abuzeid Abad in the third group, and Chadegan in the fourth one. The highest broad-sense heritability (68.4%) was obtained for grain yield and number of siliqua traits.

Keywords: Flixweld (*Descurainia sophia* L.), dry land farming, cluster analysis, heritability.