نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۱۵-۱

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.1, Spring 2019, p. 1-15

اثر تراکم بوته و محلول‌پاشی برگی بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی خاکشیر شیرین (*Descurainia sophia* L.)

عبداله ملافیلابی[1*] و محمد رضا گزیکی‌نژاد[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۵/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۰۷

ملافیلابی، ع.، و گزیکی نژاد، م.ر. ۱۳۹۸. اثر تراکم بوته و محلول‌پاشی برگی بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی خاکشیر شیرین (*Descurainia sophia* L.). بوم شناسی کشاورزی، ۱۱(۱): ۱۵-۱.

چکیده

این آزمایش با هدف بررسی اثر تراکم بوته و محلول‌پاشی برگی بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی خاکشیر شیرین (*Descurainia sophia* L.)، به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تربت جام اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل سه تراکم بوته (۱۰، ۲۰ و۴۰ بوته در مترمربع) و محلول‌پاشی با کود کامل (غلظت پنج در هزار) در سه مرحله سبزینه‌ای، قبل از مرحله گلدهی و شروع دانه‌بندی و شاهد بود. صفات مورد مطالعه شامل وزن تر و خشک اندام‌های هوایی، تعداد شاخه جانبی در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد بذر، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت بودند. نتایج نشان داد که اثر ساده تراکم بوته بر تعداد شاخه جانبی و شاخص برداشت خاکشیر شیرین معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) بود. اثر ساده محلول‌پاشی برگی بر تعداد شاخه جانبی و وزن هزار دانه معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) بود. همچنین اثر متقابل تراکم بوته و محلول‌پاشی برگی بر تعداد شاخه جانبی در بوته، وزن خشک اندام‌های هوایی، عملکرد بذر، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) بود. بالاترین عملکرد بذر، عملکرد بیولوژیک و وزن خشک اندام‌های هوایی از تراکم ۴۰ بوته در متر مربع+ محلول‌پاشی برگی در مرحله شروع دانه‌بندی به ترتیب با ۹۹، ۴۹۵ و ۳۹۶ گرم بر متر مربع حاصل شد. کمترین عملکرد بذر مربوط به تراکم ۱۰ بوته در متر مربع+شاهد با ۳۵ گرم بر متر مربع بود. کمترین مقادیر عملکرد بیولوژیک و وزن خشک اندام‌های هوایی برای تراکم ۲۰ بوته در متر مربع+ محلول‌پاشی در مرحله شروع دانه‌بندی به ترتیب با ۱۶۸ و ۱۲۶ گرم بر متر مربع مشاهده شد. بالاترین ضریب همبستگی مربوط به عملکرد بیولوژیک با وزن خشک اندام‌های هوایی ($r=$۰/۹۷**) بود. بر این اساس، به نظر می‌رسد انتخاب تراکم مناسب و محلول‌پاشی برگی راهکاری مدیریتی برای دستیابی پایدار به عملکرد بذر گیاه دارویی خاکشیر شیرین به عنوان گونه‌ای مقاوم برای توسعه کشت در مناطق خشک و نیمه‌خشک همچون خراسان می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: کود کامل، مرحله شروع دانه‌بندی، وزن خشک اندام‌های هوایی، عملکرد بذر

مقدمه

روند رو به افزایش مصرف گیاهان دارویی بدون توسعه روش‌های مناسب کشت و مدیریت و برنامه‌ریزی صحیح نتیجه‌ای بجز تخریب طبیعت را در پی نخواهد داشت. به منظور پاسخگویی به نیاز عموم مردم و صنایع وابسته به این محصولات، لازم است تولید و کشت گیاهان دارویی در سطوح زراعی صورت گیرد و جهت دستیابی به نتایج مطلوب‌تر از طبیعت به عنوان الگو و مدل جهت تولید انبوه این گونه‌های باارزش استفاده شود. بررسی‌ها نشان داده است گیاهانی که در شرایط خارج از محیط طبیعی کاشته می‌شوند، تا اندازه‌ای با گونه-های وحشی متفاوت می‌باشند، اما اگر در این کشت و تکثیر از بذرهای مرغوب استفاده شده و شرایط خاک و آب و هوایی منطقه

۱- استادیار گروه زیست فناوری مواد غذایی، مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران
۲- کارشناس ارشد باغبانی
(*- نویسنده مسئول: (Email: a.filabi@rifst.ac.ir
DOI: 10.22067/jag.v11i1.75552

کشت مناسب باشد، این گیاهان از نظر خصوصیات به اندازه گیاهان وحشی مؤثر هستند (Najafpour Navaei et al., 2008). در کشت و تکثیر گیاهان دارویی عوامل مختلفی از جمله تراکم کاشت، تاریخ کاشت، رژیم آبیاری، خاک و غیره بر رشد و نمو و مواد مؤثره اثر دارند. بنابراین، در نظر گرفتن شرایط حاکم بر محیط کشت زراعی و الگوبرداری از محیط کشت طبیعی برای دستیابی به نتایج مفید در زمینه کشت و تکثیر این گیاهان بسیار حائز اهمیت است.

متکی بودن اقتصاد ایران بر درآمدهای نفتی و تأثیرپذیری درآمدها از مسائل سیاسی و اقتصادی، آسیب‌پذیری اقتصاد را موجب شده است. یکی از راهکارهای مقابله با این چالش، توسعه تولیداتی است که ضمن بهبود وضع اقتصاد داخلی سبب افزایش صادرات غیرنفتی می‌شود (Norouzi & Shahbazi, 2011). گیاه خاکشیر شیرین *Descurainia sophia* L. گونه‌ای دارویی از تیره شب‌بوئیان، به صورت علفی و بوته‌ای، یکساله یا دو ساله از خانواده شب‌بوئیان است (Baskin et al., 2004). در طب سنتی از دانه‌های خاکشیر به عنوان درمان اسهال، ادرارآور، تب‌بر، رفع التهاب کلیه، دفع کرم و درمان آب آوردن انساج به صورت جوشانده استفاده می‌شده است. از قدیم در ایران خاکشیر را با آب سرد مخلوط و به عنوان ملین و خنکی مصرف می‌نموده‌اند. با توجه به اهمیت گیاهان دارویی و لزوم کشت این گیاهان در سطح وسیع، لذا بررسی تأثیر عوامل محیطی و مدیریت منابع کودی بر کمیت و کیفیت آن حائز اهمیت است. لازم به ذکر است پژوهش‌های چندانی درباره جنبه‌های مختلف به زراعی گیاه دارویی خاکشیر به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک همچون خراسان صورت نگرفته است.

سیستم‌های کشاورزی برای افزایش تولید و باروری مدیریت تغذیه‌ای و حاصلخیزی هستند. در این ارتباط، عناصری مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم به دلیل پرمصرف‌بودن و در نتیجه نقش بیشتر در محدودیت رشد گیاه، از جمله عناصر مهم به شمار می‌روند؛ به طوری‌که نیتروژن نقش مهمی در افزایش عملکرد محصولات داشته و در برخی موارد ممکن است به عنوان عمومی‌ترین عامل محدودکننده رشد مطرح شود. هدر رفت این عنصر از طریق فرآیندهای مختلف از طریق آبشویی، نیترات‌زدایی، فرسایش سطحی و تصعید باعث شده است تا کارایی مصرف آن برای تولید محصولات کشاورزی پایین باشد و بخش زیادی از نیتروژن مصرفی از دسترس گیاه خارج شود (Mae et al., 2008). افزایش کارایی مصرف نیتروژن می‌تواند علاوه بر کاهش هزینه‌های اقتصادی باعث ارتقای سلامت بوم‌نظام‌های زراعی شده و تبعات زیست‌محیطی ناشی از هدررفت نیتروژن را کاهش دهد (Huang et al., 2011). فسفر نیز برای ذخیره و انتقال انرژی، بهبود رشد و نمو بذر ضروری است (Roose, 2000; Jones, 2011). همچنین کیفیت و رسیدگی محصول به ویژه در محصولات دانه‌ای را افزایش می‌دهد. پتاسیم نیز سبب حفظ تعادل آب وبنابر این ایجاد ساقه قوی می‌شود (Jones, 2011)، اما با این‌وجود مطالعات بلند مدت نشان می‌دهند که استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی، عملکرد گیاهان زراعی را کاهش می‌دهد که این کاهش در نتیجه باعث اسیدی شدن خاک، کاهش فعالیت‌های بیولوژیکی خاک و تخریب خصوصیات فیزیکی خاک می‌شود (Adedrian et al., 2004). برای کاهش این مخاطرات باید از منابع و نهاده‌هایی استفاده کرد که علاوه بر تامین نیازهای فعلی گیاه، پایداری سیستم‌های زراعی در دراز مدت را نیز به دنبال داشته باشد (Marroti et al., 1996).

در حقیقت محلول‌پاشی یک راه میان‌بر برای تغذیه گیاهی است (Adriana et al., 2002). محلول‌پاشی برگی در مورد عناصری که قابلیت تحرک کمی در خاک دارند (نظیر فسفر، پتاسیم و کلسیم) و عناصر کم تحرک در گیاه (همچون کلسیم، منیزیم، گوگرد، بر، آهن، منگنز و روی) کارایی بالایی دارد چراکه همواره کمبود این عناصر در گیاه مشاهده می‌شود (Heidari et al., 2008). علاوه بر بحث تغذیه، تراکم بوته نیز از جمله مسائل مهم و تأثیرگذار بر عملکرد محصولات مختلف همچون گونه‌های دارویی است. کارایی جذب انرژی تابشی، نیاز به سطح برگ کافی دارد که بطور یکنواخت توزیع شده باشد، بطوری‌که سطح زمین را کاملاً بپوشاند؛ این هدف جز با تغییر تراکم بوته و توزیع مناسب بوته‌ها بر روی سطح خاک میسر نمی‌باشد. لذا مطالعهٔ تراکم برای دستیابی به سطح مطلوبی از محصول لازم است (Rezvani Moghaddam et al., 2011).

بر این اساس، با توجه به اهمیت موارد ذکر شده در فوق، در این پژوهش تأثیر تراکم بوته و محلول‌پاشی برگی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه خاکشیر شیرین در شرایط آب و هوایی تربت جام مورد ارزیابی قرار گرفت. علاوه بر این، این تحقیق در راستای دستیابی عملکرد بالاتر بذر و توسعه و ترویج کشت گیاه دارویی خاکشیر شیرین در شرایط آب و هوایی استان خراسان رضوی به عنوان یکی از گیاهان دارویی مقاوم به کم‌آبی و خشکی صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تربت جام واقع در طول جغرافیایی ۶۰ درجه و ۲۷ دقیقه، عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱۳ دقیقه و ارتفاع ۹۲۸ متر از سطح دریا به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ طراحی و اجرا شد. قبل از شروع آزمایش، به منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک چند نمونه برداشت شد که نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر)

Table 1- Some physicochemical indices of soil (0-30 cm)

اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.cm^{-1}$)	ماده آلی Organic (%) matter	نیتروژن کل N total (ppm)	فسفر قابل جذب Available P (ppm)	پتاسیم قابل جذب Available K (ppm)	بافت Texture
7.7	¼	0.73	7.4	9.7	109	لوم سیلتی Silty loam

فاکتورهای آزمایش شامل سه تراکم بوته (۱۰، ۲۰ و۴۰ بوته در مترمربع) و محلول‌پاشی با کود کامل در سه مرحله خاکشیر شیرین شامل سبزینه‌ای رشدی (۱۵ اسفند ماه)، قبل از گلدهی (۱۵ فروردین ماه) و شروع دانه‌بندی (۳۰ فروردین‌ماه) و شاهد (بدون محلول‌پاشی) بود. محلول‌پاشی با کود کامل با غلظت پنج در هزار در اول صبح انجام گرفت. لازم به ذکر است جهت شاهد از محلول‌پاشی با آب مقطر استفاده شد. مراحل آماده‌سازی زمین شامل شخم عمیق، کولتیواتور، دیسک و لولر در پاییز ۱۳۹۴ اجرا شده و پس از آن اقدام به کرت‌بندی به ابعاد ۲×۲ متر شد. فاصله بین کرت‌ها و تکرارها یک و نیم متر جهت تسهیل در نمونه‌برداری و اجزای عملیات زراعی در نظر گرفته شد. به منظور بالا بردن مقدار فسفر خاک با توجه به خصوصیات شیمیایی خاک (جدول ۱)، کود فسفات آمونیم به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار قبل از شروع آزمایش و همزمان با آماده‌سازی بستر کاشت به خاک اضافه شد. در این زمان همچنین پنج تن کود حیوانی در هکتاربه منظور بالا بردن درصد ماده آلی به زمین اضافه شد.

قبل از کشت در مزرعه، درصد جوانه‌زنی یا قوه نامیه بذر مورد استفاده (توده بومی منطقه) تعیین شد. برای این منظور، ۲۰۰ عدد بذر زیره سبز به صورت تصادفی انتخاب و پس از ضدعفونی با بنومیل دو در هزار در دو پتری دیش با کاغذ صافی مرطوب، به صورت مساوی و با توزیع یکنواخت (۱۰۰ تایی) چیده و در دستگاه ژرمیناتور قرار داده شد. اولین شمارش بذرهای جوانه زده پنج روز بعد از شروع آزمایش بود و آخرین شمارش ۱۷ روز پس از شروع این محاسبه انجام شد (ISTA, 2010). بر این اساس، درصد جوانه‌زنی ۸۸٪ تعیین گردید.

عملیات کاشت در تاریخ ۲۶ آبان ماه انجام گردید که برای این منظور پس از آماده‌سازی زمین بذور بر روی ردیف‌ها، به صورت خشکه‌کاری و مخلوط با ماسه بادی در لایه سطحی خاک به شیوه دستی کشت شدند. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت و آبیاری دوم شش روز بعد از آبیاری اول انجام گردید. به منظور حصول تراکم مورد نظر پس از استقرار کامل گیاه در مرحله شش برگی عملیات تنک دستی انجام شد. وجین دستی علف‌های هرز در دو نوبت در اوایل اسفند ماه اواسط فروردین ماه انجام شد. در زمان آماده‌سازی زمین و در طول دوره رشد هیچ گونه علف‌کش، آفت‌کش و قارچ‌کش شیمیایی مورد استفاده قرار نگرفت.

به منظور بررسی عملکرد و اجزای عملکرد، در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک گیاه، نمونه‌برداری با حذف اثر حاشیه از سطحی معادل یک مترمربع انجام شد. سپس صفاتی از قبیل وزن تر و خشک اندام-های هوایی، تعداد شاخه جانبی در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد بذر و عملکرد بیولوژیک اندازه‌گیری و تعیین شد. شاخص برداشت بذر از نسبت عملکرد بذر به عملکرد بیولوژیک محاسبه گردید. داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و با نرم‌افزار SAS 9.1 تجزیه و تحلیل شدند. نتایج همبستگی بین صفات با استفاده از آزمون پیرسون انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج آنالیز واریانس و مقایسه میانگین اثر تراکم بوته و محلول-پاشی بر رشد، عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص برداشت گیاه دارویی خاکشیر شیرین در جدول‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تراکم بوته و محلول‌پاشی برگی بر رشد، اجزای عملکرد، عملکرد و شاخص برداشت خاکشیر شیرین

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) for the effects of plant density and foliar spraying on growth, yield components, yield and harvest index of flixweed

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه جانبی در بوته Lateral branches per plant	وزن ۱۰۰۰- دانه 1000–seed weight	وزن تر اندام‌های هوایی Fresh weight of shoot	وزن خشک اندام‌های هوایی Dry weight of shoot	عملکرد بذر Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت بذر Harvest index of seed
تکرار Block	2	91	2.861	0.007	0.461	0.136	0.242	0.236	0.005
تراکم بوته (D) Plant density (D)	2	51 ns	107.02 **	0.005 ns	0.31 ns	0.31 ns	0.21 ns	0.44 ns	0.009 *
محلول‌پاشی برگی (S) Foliar spraying (S)	3	86 ns	17.50 *	0.054 **	0.35 ns	0.19 ns	0.07 ns	0.25 ns	0.003 ns
D ×S	6	139 ns	6.3 *	0.015 ns	0.2 ns	0.295 *	0.011 *	0.20 *	0.001 *
خطا Error	22	9.2	2.09	0.099	0.465	0.324	0.269	0.367	0.048
ضریب تغییرات CV (%)		7.85	23.316	12.62	10.266	8.36	10.026	9.041	20.07

ns، * و **: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و دارای اختلاف معنی‌دار به ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and **: are non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل تراکم بوته و محلول‌پاشی برگی بر رشد، اجزای عملکرد، عملکرد و شاخص برداشت خاکشیر شیرین

Table 2- Mean comparisons for the interaction effect of plant density and foliar spraying on growth, yield components, yield and harvest index of flixweed

تراکم بوته (بوته در متر مربع) Plant density (plants.m^{-2})	مرحله رشدی گیاه در زمان محلول‌پاشی برگی Plant stage at foliar spraying time	تعداد شاخه جانبی در بوته Lateral branches per plant	وزن خشک اندام‌های هوایی (گرم بر متر مربع) Dry weight of shoot (g.m^{-2})	عملکرد بذر (گرم بر متر مربع) Seed yield (g.m^{-2})	عملکرد بیولوژیک (گرم بر متر مربع) Biological yield (g.m^{-2})	شاخص برداشت بذر Harvest index of seed
10	شاهد (بدون محلول پاشی) Control (without spraying)	10 bcd*	146 e	35.1 b	181 c	0.23 ab
	سبز شدن Emergence	15.3 a	224 abc	56.2 ab	227 abc	0.22 b
	قبل از گلدهی Before flowering	11.3 bc	238 abc	42.7 b	285 abc	0.18 b
	شروع دانه‌بندی Early seed formation	12 ab	302 ab	53.8 ab	309 abc	0.21 b
20	شاهد (بدون محلول‌پاشی) Control (without spraying)	7 de	240 abc	54.2 ab	256 abc	0.24 ab
	سبز شدن Emergence	11.3 bc	184 bc	44.9 ab	236 bc	0.24 ab
	قبل از گلدهی Before flowering	8 cde	254 abc	59.2 ab	311 abc	0.33 a
	شروع دانه‌بندی Early seed formation	7.6 cde	127 c	39.9 b	168 c	0.31 a
40	شاهد (بدون محلول‌پاشی) Control (without spraying)	7 de	197 bc	48.6 ab	246 bc	0.25 ab
	سبز شدن Emergence	6.3 de	236 abc	54.1 ab	291 abc	0.22 ab
	قبل از گلدهی Before flowering	7 de	334 ab	85.7 ab	421 a	0.23 ab
	شروع دانه‌بندی Early seed formation	4.6 e	396 a	98.8 a	495 a	0.24 ab

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Means with same letter(s) in each column have not significantly different based on Duncan test at 5% probability level.

اثر متقابل تراکم بوته در زمان محلول‌پاشی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک، وزن خشک گیاه و تعداد شاخه جانبی گیاه خاکشیر شیرین داشت (جدول ۲). بیشترین عملکرد بیولوژیک و وزن خشک گیاه تراکم ۴۰ بوته در متر مربع+ محلول‌پاشی در مرحله شروع دانه-بندی به ترتیب با ۴۹۵ و ۳۹۶ گرم بر متر مربع مشاهده شد. کمترین مقادیر این صفات به ترتیب برای تیمارهای ۲۰ بوته در متر مربع+ محلول‌پاشی در مرحله شروع دانه‌بندی (۱۶۸ گرم بر متر مربع) و ۱۰ بوته در متر مربع+ بدون محلول‌پاشی (۱۴۶ گرم بر متر مربع) حاصل گردید. بالاترین و پایین‌ترین تعداد شاخه جانبی به ترتیب به تیمارهای اختصاص ۱۰ بوته در متر مربع+ محلول‌پاشی در مرحله سبز شدن (۱۵/۳ شاخه جانبی در بوته) و ۴۰ بوته در متر مربع+ محلول‌پاشی در مرحله شروع دانه‌بندی (۴/۶ شاخه جانبی در بوته) داشت (جدول ۳).

اثر متقابل تراکم بوته و محلول‌پاشی بر عملکرد بیولوژیک گیاه خاکشیر شیرین معنی‌دار بود (جدول ۲). به طوری‌که تیمار تراکم ۴۰ بوته و محلول‌پاشی ۳۰ فروردین دارای حداکثر عملکرد بیولوژیک (۴۹۵ گرم بر متر مربع) و تیمار تراکم۲۰ بوته و محلول‌پاشی ۳۰ فروردین دارای حداقل عملکرد بیولوژیک بود (جدول ۳). همچنین تراکم‌های مختلف و شاهد دارای حداقل سطح معنی‌داری از میزان عملکرد بیولوژیک بودند. بنظر می‌رسد در تراکم‌های بالاتر، تعداد بیشتر بوته در واحد سطح جبران کاهش وزن تک بوته را نموده و در تراکم‌های بیشتر به دلیل جذب مؤثر نور و فتوسنتز بیشتر، عملکرد بیولوژیک بالاتری تولید شده است. همچنین با افزایش تراکم بوته، رشد رویشی اندام‌های هوایی کاهش و به تدریج با کاهش تراکم، به دلیل در اختیار داشتن فضای بیشتر، رشد رویشی افزایش یافته است. بر این اساس، در فاصله ردیف‌های کمتر و تراکم‌های بیشتر، رشد رویشی تحت تأثیر کنترل رقابت بین بوته‌ها و امکانات محیطی بوده و به همین دلیل تقریباً در حد معینی متوقف شده است؛ در حالی‌که در فاصله ردیف‌های بیشتر، به علت رقابت ناچیز بین بوته‌ها، رشد رویشی همچنان ادامه داشته و موجب کاهش شاخص سطح اندام‌های رویشی و در نتیجه وزن خشک آنها شده است. در مدیریت پایدار بوم‌نظام‌های زراعی برای بهبود عملکرد و افزایش بهره‌وری آب، راهکارهای زراعی همچون تراکم بوته و مدیریت حاصلخیزی توصیه می‌شود که با طبیعت بیشترین سازگاری را داشته و با اصول بوم شناختی هماهنگ باشند. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود از تراکم بوته و محلول‌پاشی مناسب برای بهبود عملکرد این گیاه در راستای بهینه‌سازی پایدار مصرف منابع در بوم‌نظامهای زراعی بهره‌گیری شود.

علاوه بر این، افزایش رقابت بین بوته‌ای در نتیجه سایه‌اندازی بوته‌ها بر روی یکدیگر تحت تأثیر افزایش تراکم بوته موجب بالا رفتن تنفس نگهداری و انتقال کمتر مواد فتوسنتزی به مخازن زایشی شده و از سوی دیگر به دلیل تولید شاخه جانبی کمتر در بوته کاهش تولید ماده خشک را بدنبال دارد. از طرف دیگر، افزایش تراکم بوته در واحد سطح تا حد بهینه می‌تواند به مدیریت پایدار علف‌های هرز نیز کمک نماید، زیرا سایه‌انداز کوچک این گیاه زودتر تشکیل شده و با ایجاد سایه از رشد علف‌های هرز جلوگیری می‌گردد.

در پژوهشی مشابه، حسین‌پور و همکاران (Hosseinpour et al., 2012) با بررسی تأثیر کود نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد گیاه آنیسون (*Anisum pimpinella* L.) بیان داشتند که اثر متقابل کود نیتروژن در تراکم بالا باعث افزایش عملکرد زیست‌توده گردید. آنها اظهار داشتند که در تراکم‌های بالا رقابت درون‌گونه‌ای معمولاً به کاهش وزن تک بوته منجر می‌شود، اما در تراکم بالا تعداد زیاد بوته، این کاهش عملکرد زیست‌توده را در واحد سطح جبران کرده است. بر این اساس، به نظر می‌رسد که با افزایش تراکم بوته و محلول‌پاشی در زمان گلدهی و اواخر گلدهی عملکرد بیولوژیکی افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر، به واسطه افزایش تراکم و محلول‌پاشی در اواخر فصل رشد، استقرار مطلوب‌تر پوشش گیاهی ایجاد شده و گیاه به سمت استفاده بهینه از عوامل محیطی مانند نور خورشید و بهبود جذب عناصر غذایی تحریک می‌شود، لذا عملکرد زیست‌توده گیاهی افزایش می‌یابد. همچنین کاهش تراکم از ۴۰ به ۱۰ بوته در مترمربع منجر به کاهش ۴۵ درصدی عملکرد بیولوژیک گردید که در این راستا در پژوهشی کاندیل و همکاران (Kandil et al., 1996) روی بررسی تاثیر رقم و تراکم بوته بر عملکرد گیاه کلزا (*Brassica napus* L.) بیان داشتند که با افزایش تراکم بوته عملکرد بیولوژیکی نیز افزایش یافت. به نظر می‌رسد که افزایش تعداد بوته در واحد سطح از طریق افزایش وزن کل بوته و تعداد خورجین در واحد سطح موجب افزایش عملکرد بیولوژیکی شده است.

نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که عملکرد بذر تحت تأثیر اثرات متقابل تیمارهای مورد آزمایش قرار گرفت (جدول ۲). بالاترین عملکرد بذر (۹۹ گرم در متر مربع) در تیمار تراکم ۴۰ بوته در

مترمربع با محلول‌پاشی ۳۰ فروردین ماه و کمترین عملکرد بذر (۳۵ گرم در مترمربع) در شاهد با تراکم ۱۰ بوته در مترمربع به دست آمد (جدول ۳). به نظر می‌رسد در تراکم ۴۰ بوته و محلول‌پاشی ۳۰ فروردین تعداد خورجین بوته بیشتر و ریزش کمتر شده و مواد فتوسنتزی بیشتری تا پایان مراحل رشد و نمو در اختیار گیاه قرار گرفته است که از این حیث نتیجه بالاتری را نشان می‌دهد که با نتایج دانش شهرکی و همکاران (Danesh-Shahraki et al., 2008) مطابقت داشت. تحقیقات نشان داده است که عنصر آهن در ساختمان کلروفیل‌ها، سیتوکروم و آنزیم نیتروژناز، منگنز در فعال‌سازی آنزیم‌های مرتبط با فتوسنتز، انسجام غشای کلروپلاست و آزادسازی اکسیژن در فرآیند فتوسنتز (واکنش هیل) و تنظیم مراحل نموی گیاه، عنصر بّر در ساخت دیواره سلولی، سنتز اسید نوکلئیک، انسجام غشاها و تنظیم مراحل نموی گیاه و عنصر روی در فعالیت آنزیم‌های مرتبط با تشکیل کلروفیل و به تبع آن افزایش فتوسنتز شرکت داشته و موجب تسریع در تشکیل هورمون نمو مانند تریپتوفان به عنوان ماده اولیه اکسین‌ها می‌شود (Malakouti et al., 2008). بنابراین، مشخص است که کاربرد محلول‌پاشی با کود کامل می‌تواند اثرات مثبتی بر تشکیل برگ، شاخص سطح برگ و فتوسنتز داشته باشد و عملکرد را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد. بر این اساس، از آنجا که عملیات مختلف کاشت، داشت (شامل تراکم بوته، آبیاری، کوددهی و مدیریت علف‌های هرز) و برداشت میزان رشد و تولید ترکیبات ثانویه گیاهان دارویی را به طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار می‌دهد (Ozgüven et al., 2008)، به نظر می‌رسد که توجه به راهکارهای مدیریت زراعی همچون تراکم بوته و مدیریت تغذیه می‌تواند از طریق بهبود رشد و استقرار گیاه اهمیت بسزایی در راستای افزایش پایدار تولید این گونه گیاهی به همراه داشته باشد. همچنین، از آنجا که این گیاه مقاومت نسبتاً بالایی به خشکی دارد، به نظر می‌رسد توسعه کشت و کار و وارد کردن این گیاه در الگوی کاشت منطقه خراسان رضوی می‌تواند نقش بسزایی در بهبود بهره‌وری، آمدزایی و معیشت‌زایی برای کشاورزان منطقه ایفا نماید. لذا توسعه کشت خاکشیر شیرین به عنوان گیاه مقاوم به خشکی و کم‌آبی در الگوی کشت منطقه خراسان جنوبی می‌تواند به عنوان راهکاری اکولوژیک و پایدار برای کاهش مصرف آب مدنظر قرار گیرد.

کاهش تراکم بوته از ۴۰ به ۲۰ و سپس ۱۰ بوته در مترمربع به ترتیب منجر به کاهش ۴۴ و ۵۳ درصدی در عملکرد بذر خاکشیر شیرین شد. تأثیر تراکم بوته بر عملکرد دانه گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) نیز نشان داد که در بین تراکم‌های ۷، ۱۶ و ۲۵ بوته بیشترین وزن دانه در تراکم ۲۵ بوته در مترمربع به دست آمد (Darzi & Akhani, 2016). به طور کلی، تعداد بذر در یک بوته تابعی از تراکم بوته در واحد سطح است (Norouzi & Shahbazi, 2011). به نظر می‌رسد چون خاکشیر شیرین گیاهی رشد نامحدود می‌باشد، در طی فصل رشد و با افزایش تراکم بوته بر تعداد خورجین و دانه، افزوده شده، در نتیجه در تراکم‌های بالاتری، عملکرد بذر بیشتری به دست آمد. کاهش عملکرد بذر در تراکم‌های بالا را می‌توان به وجود فضای کم برای رشد بوته‌ها نسبت داد، زیرا با افزایش تراکم بوته در واحد سطح تحت تأثیر افزایش رقابت درون گونه‌ای، سهم هر گیاه در استفاده از نور، فضا، عناصر غذایی و سایر منابع کاهش یافته و بنابراین، پتانسیل تولید عملکرد بذر نیز کاهش می‌یابد.

بررسی اثر متقابل تراکم بوته و محلول‌پاشی با کود کامل بر وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه خاکشیر شیرین نشان داد که وزن خشک اندام‌های هوایی تحت اثر متقابل این دو تیمار قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین وزن خشک اندام‌های هوایی در تیمار تراکم۴۰ بوته و محلول‌پاشی ۳۰ فروردین ماه (۳۶۹ گرم بر مترمربع) به دست آمد (جدول ۲). نتایج نشان می‌دهد که در تمامی تراکم‌ها، اثر متقابل تراکم بوته و محلول‌پاشی توانسته است نتیجه بهتری را در بهبود وزن خشک بوته نسبت به شاهد ایجاد کند (جدول ۳). طبق نتایج این پژوهش، چنین به نظر می‌رسد که در تراکم‌های بالاتر جذب ماده غذایی بیشتر است و با محلول‌پاشی، عناصر مورد نیاز این جذب، مهیا شده و باعث افزایش ماده خشک گردیده است. همچنین چون خاکشیر شیرین گیاهی رشد نامحدود است، بنابراین محلول‌پاشی در آخر فصل رشد باعث جذب بهتر عناصر غذایی و رفع کمبودهای احتمالی می‌شود. همچنین وزن تر اندام‌های هوایی گیاه از نظر آماری تحت تأثیر تیمارهای اعمال شده قرار نگرفت، اما با این‌وجود، بیشترین وزن تر اندام‌های هوایی گیاه خاکشیر شیرین در تراکم ۴۰ بوته با محلول‌پاشی ۳۰ فروردین ماه حاصل شد که البته اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نداشت. وزن خشک اندام‌های هوایی، انعکاسی از فتوسنتز خالص گیاه است (Mostafavi, 2014) و ماده فتوسنتزی تولیدی می‌تواند به رشد گیاه اختصاص یافته و یا در اندام‌های ذخیره‌ای تجمع یابد و تعیین‌کننده عملکرد گیاهی باشد. وزن

خشک اندام‌های هوایی اگرچه متأثر از عوامل ژنتیکی می‌باشد، ولی به شدت وابسته به عوامل محیطی و مدیریتی است. با توجه به این که عامل مهم موثر بر رشد و تولید مواد فتوسنتز گیاهی میزان جذب نور توسط برگ‌ها و تبدیل آنها به مواد فتوسنتزی است، افزایش تعداد و سطح برگ و سطح سایر اندام‌های هوایی باعث افزایش جذب نور شده که در نهایت، به شرط محدودکننده نبودن سایر فاکتورهای محیطی و عدم بروز هر نوع تنش زنده و غیرزنده، می‌تواند منجر به افزایش تولید ماده خشک و در نتیجه عملکرد گردد. کاهش فتوسنتز مهمترین عامل کاهنده وزن خشک اندام‌های هوایی و زیرزمینی است (Efeoğlu et al., 2009). لباسچی و همکاران (Lebaschy & Sharifi, 2004) نیز گزارش کردند که پتانسیل فتوسنتزی و توان رشدی، همبستگی بالایی با سطح برگ داشته و میزان ماده خشک نتیجه کارایی جامعه گیاهی از نظر استفاده از تابش نور خورشیدی در طول فصل رشد است که در این ارتباط جامعه گیاهی نیاز به سطح برگ کافی دارد که با پوشش یکنواخت و کامل جذب حداکثری نوری را فراهم می‌آورد. یافته‌های دیگر محققان بر همبستگی بالای شاخص سطح برگ و عملکرد گیاهان تأکید دارد (Mostafavi, 2014; Ghobadi et al., 2011).

اثر متقابل تیمارهای تراکم بوته و محلول پاشی برگی تأثیر معنی‌داری بر تعداد شاخه جانبی گیاه داشت (جدول ۲)؛ به طوری‌که در تراکم ۱۰ بوته در متر مربع و محلول‌پاشی ۱۵ اسفندماه بیشترین تعداد شاخه جانبی (۱۵ شاخه در بوته) ایجاد شد (جدول ۳). چنین به نظر می‌رسد که در تراکم ۱۰ بوته در متر مربع میزان نور بیشتری به بوته‌ها رسیده لذا جوانه‌های جانبی بیشتری فعال می‌شود، محلول‌پاشی همزمان باعث گردید که گیاه میزان مواد غذایی بیشتری کسب کرده، فتوسنتز گیاه افزایش یافته و در نتیجه بر تعداد شاخه‌های جانبی افزوده شود (Adedrian et al., 2004). افزایش تراکم گیاه از ۱۰ به ۴۰ بوته در متر مربع منجر به کاهش ۵۰ درصدی در تعداد شاخه‌های جانبی در گیاه شد (جدول ۲). به عبارت دیگر، با افزایش تراکم و دور شدن از تراکم مطلوب تعداد شاخه‌های فرعی گیاه، به دلیل کاهش فضای قابل دسترس و تشدید رقابت درون گونه‌ای کاهش می‌یابد. نتایج این آزمایش با یافته‌های برخی از محققین در خصوص تأثیر تراکم بر تعداد شاخه جانبی مطابقت دارد. در همین راستا، ایلکایی و امام (Eilkaee & Emam, 2003) با بررسی تاثیر تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم کلزای زمستانه اظهار داشتند که افزایش تراکم بوته گیاه کلزا از ۳۰ به ۷۰ بوته در متر مربع موجب کاهش تعداد شاخه جانبی در این گیاه گردید. همچنین دانش شهرکی و همکاران (Danesh-Shahraki et al., 2008) نیز با بررسی تأثیر تراکم بوته بر عملکرد گیاه کلزا گزارش کردند که با افزایش تراکم بوته از ۶۰ به ۱۰۰ بوته در متر مربع از تعداد شاخه جانبی و در نتیجه عملکرد کاسته شد. درزی و نادعلی (Darzi & Nadeali, 2015) نیز با بررسی تأثیر تراکم بوته بر تعداد شاخه جانبی گیاه آنیسون در منطقه فیروزکوه گزارش کردند که افزایش تراکم بوته از ۱۲ به ۲۵ بوته در متر مربع موجب کاهش شاخه جانبی و تعداد چتر در گیاه گردیده است. این کاهش را می‌توان به محدود شدن فضا برای تک‌بوته و رقابت بین بوته‌ها نسبت داد که منجر به رشد رویشی بیشتر و زایشی کمتر تک بوته می‌گردد. همچنین با افزایش تراکم بوته در متر مربع کاهش نفوذپذیری نور در بخش پایینی و سایه‌انداز گیاه اتفاق افتاده که در نتیجه باعث عدم تشکیل و فعالیت جوانه‌های جانبی و رشد شاخه جانبی می‌گردد (Rassam et al, 2007; Yates et al., 1987).

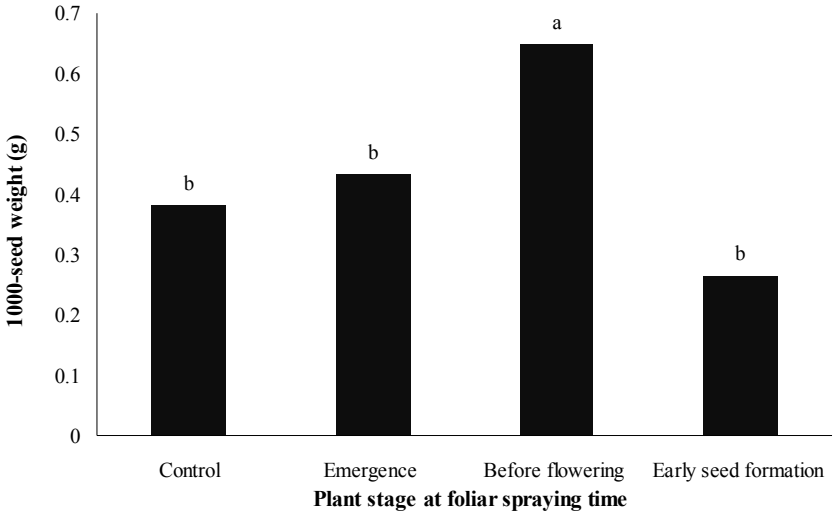
تاخیر در زمان محلول‌پاشی از ۱۵ اسفندماه تا ۳۰ فروردین ماه منجر به کاهش ۳۷ درصدی در میزان تولید شاخه‌های جانبی در گیاه خاکشیر شیرین شد (جدول ۳). محلول‌پاشی از طریق فراهمی عناصر غذایی به ویژه نیتروژن، موجب افزایش دریافت نور، فتوسنتز و بهبود تعداد شاخه جانبی شده است. در همین راستا، طوسی کهال و همکاران (Tosi Kehal et al., 2011) با بررسی تأثیر محلول‌پاشی برگی بر عملکرد گیاه کلزا بیان داشتند که محلول‌پاشی در مرحله ساقه رفتن قبل از گلدهی بیشترین شاخه جانبی را در گیاه ایجاد کرده است.

شاخص برداشت خاکشیر شیرین تحت تأثیر اثرات متقابل تراکم بوته و زمان محلول‌پاشی قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین شاخص برداشت با ۳۳ درصد در تراکم ۲۰ بوته و محلول‌پاشی در ۱۵ فروردین ماه و کمترین شاخص برداشت با ۱۸ درصد در تراکم ۱۰ بوته با محلول‌پاشی در ۱۵ فروردین ماه به دست آمد (جدول ۳). به طورکلی، تراکم ۱۰ بوته در مترمربع در تمامی تاریخ‌های محلول‌پاشی دارای شاخص برداشت کمتری نسبت به تراکم‌های ۲۰ و ۴۰ بوته در مترمربع داشت کمتر بودن سایه‌اندازی بوته‌های مجاور و کاهش تنفس و در نتیجه انتقال فعال فتوسنتزی به دانه علت برتری شاخص برداشت در تراکم‌های متوسط می‌باشد. همچنین بنظر می‌رسد که در

فاصله ردیف بیشتر، به دلیل ایجاد اختلال در نسبت‌های رشد رویشی به زایشی قسمت عمده‌ای از کربوهیدرات‌های تولیدی صرف تولید اجزای رویشی می‌گردد؛ در حالی‌که در فاصله ردیف نزدیک‌تر به علت رقابت بیشتر بین بوته‌ها، رشد رویشی محدود شده که موجب می‌شود کربوهیدرات بیشتری به سمت مخازن زایشی هدایت شود. بر این اساس، به نظر می‌رسد که در تراکم‌های مناسب، سهم دانه از مواد فتوسنتزی بالاتر بوده است.

قاسمی و شریفی عاشور آبادی (Ghasemi & Sharifi Ashoorabadi, 2014) با بررسی تأثیر تراکم و کشت مخلوط گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) و منداب (*Eruca sativa* L.) بیان داشتند که در تراکم بالاتر، به دلیل افزایش تخصیص مواد فتوسنتزی به مخازن زایشی، شاخص برداشت بالاتری حاصل گردید. پژوهشی دیگر روی بررسی اثر تنش خشکی و تراکم بوته بر ویژگی‌های کمی وکیفی ارقام کلزا نشان داد که افزایش تراکم سبب افزایش عملکرد و کاهش شاخص برداشت به دلیل کاهش نفوذ تشعشع در جوامع گیاهی می‌شود (Arasteh & Farnia, 2013; Donald & Hamblin, 1976). نتایج این آزمایش نشان داد که اثر متقابل تراکم بوته و محلول پاشی برگی تأثیر معنی‌داری بر وزن هزار دانه نداشتند و این صفت صرفاً تحت اثر ساده زمان محلول‌پاشی قرار گرفت (جدول ۲).

حداکثر وزن هزار دانه در گیاه خاکشیر شیرین در محلول‌پاشی ۱۵ فروردین ماه (۰/۶۴ گرم) به دست آمد که محلول‌پاشی در تاریخ ۱۵ اسفند ماه و۳۰ فروردین ماه به ترتیب با ۶۸ و ۱۴۶ درصد کاهش همراه بود (شکل ۱).



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر ساده محلول‌پاشی برگی در مراحل مختلف رشدی بر وزن هزار دانه خاکشیر شیرین

Fig. 1- Mean comparisons for the effects of foliar spraying at different growth stages on 1000–seed weight of flixweed

* میانگین‌های دارای حروف مشترک براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Means with same letter(s) have not significantly different based on Duncan test at 5% probability level.

به طور کلی، وزن هزار دانه از اجزایی است که بیشتر تحت تاثیر عوامل ژنتیکی بوده و کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی و زراعی قرار می‌گیرد. اثر کود شیمیایی NPK و کود آلی بر عملکرد زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) نشان داد که کاربرد کود NPK در فروردین ماه عملکرد وزن هزار دانه را به میزان ۵۶ درصد افزایش داد (Karimi Afshar et al., 2016). همچنین در این راستا طوسی و اصفهانی (Tosi Kehal & Esfahani, 2011) با بررسی اثر غلظت و زمان محلول‌پاشی کود نیتروژن مکمل بر عملکرد دانه و کارایی مصرف نیتروژن در کلزا به صورت کشت دوم در شالیزار گزارش نمودند که محلول‌پاشی کود نیتروژن مکمل در مرحله ساقه رفتن و گلدهی کلزا باعث تامین نیاز کودی وکمک به افزایش محصول و افزایش وزن هزار دانه شد. چنین به نظر می‌رسد افزایش فراهمی عناصر غذایی به خصوص در مرحله پر شدن دانه باعث بهبود میزان مواد ذخیره‌ای در دانه و افزایش وزن دانه شده است.

جدول ٤- ضرایب همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی خاکشیر شیرین

Table 4- Correlation coefficients between yield and yield components of flixweed as a medicinal plant

	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد بیولوژیک Biological yield	وزن هزار دانه 1000–seed weight	عملکرد بذر Seed yield	وزن خشک اندام‌های هوایی Dry weight of shoot	وزن تر اندام‌های هوایی Fresh weight of shoot	تعداد شاخه جانبی در بوته Lateral branches per plant	ارتفاع بوته Plant height
ارتفاع بوته Plant height	-0.20 ns	0.16 ns	-0.01 ns	0.05 ns	0.19 ns	0.24 ns	0.05 ns	1.00
تعداد شاخه جانبی در بوته Lateral branches per plant	-0.44 ns	-0.36 ns	0.19 ns	-0.46 ns	-0.30 ns	-0.20 ns	1.00	
وزن تر اندام‌های هوایی Fresh weight of shoot	-0.36 ns	0.96 **	0.10 ns	0.91 **	0.93 **	1.00		
وزن خشک اندام‌های هوایی Dry weight of shoot	-0.37 ns	0.97 **	0.08 ns	0.90 **	1.00			
عملکرد بذر Seed yield	-0.08 ns	0.96 **	0.09 ns	1.00				
وزن هزار دانه 1000–seed weight	-0.40 ns	0.14 ns	1.00					
عملکرد بیولوژیک Biological yield	-0.32 ns	1.00						
شاخص برداشت Harvest index	1.00							

ns و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

Ns and **: are non-significant and significant at 1 probability level, respectively.

بر این اساس، به منظور دستیابی به عملکرد بالا در گیاهانی که بذر آنها هدف تولید می‌باشد، پیشنهاد می‌شود بهره‌گیری از راهکارهای مدیریت زراعی بر مبنای حاصلخیزی خاک را به طور ویژه‌ای مدنظر قرار داد.

ارتفاع گیاه خاکشیر شیرین تحت تأثیر هیچ یک از تیمارهای محلول‌پاشی برگی و تراکم بوته قرار نگرفت (جدول ۲)، یکی از عوامل موثر در ارتفاع بوته در گیاهان رقابت بر سر نور می‌باشد. با توجه به انتخاب تراکم‌های مختلف و محلول‌پاشی و اثر متقابل این دو تیمار و عدم تأثیر این دو عامل بر ارتفاع بوته، این احتمال وجود دارد که در مرحله رشد رویشی بوته‌های روی ردیف بر سر جذب مواد غذایی وآب با یکدیگر رقابت داشته‌اند و لذا با افزایش شاخه‌دهی میزان نور مورد نیاز خود را تامین می‌کنند، لذا همین عامل منجر به عدم اختلاف معنی‌دار ارتفاع بوته در محلول‌پاشی‌های مختلف گردیده است (Garder et al., 2010).

نتایج همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد خاکشیر شیرین بر اساس ضریب همبستگی پیرسون نشان داد که عملکرد دانه دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و همبستگی منفی با تعداد شاخه جانبی در بوته بود. همچنین عملکرد بذر بیشترین همبستگی مثبت ($r=۰/۹۰^{**}$) و منفی ($r=-۰/۴۶^{ns}$) را به ترتیب با وزن خشک اندام‌های هوایی و تعداد شاخه جانبی در بوته داشت. بالاترین ضریب همبستگی مربوط به عملکرد بیولوژیک با وزن خشک اندام‌های هوایی ($r=۰/۹۷^{**}$) بود. سایر صفات از قبیل وزن هزار دانه، تعداد شاخه‌های جانبی و ارتفاع بوته تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بذر در خاکشیر شیرین نداشت (جدول ۴).

بنظر می‌رسد چنانچه در پایان مراحل رشد رویشی، گیاه به اندازه کافی بزرگ نشده باشد، میزان فتوسنتز و تولید اندام‌های زایشی تأثیرگذار بر عملکرد کاهش می‌یابد. همبستگی بالای بین عملکرد بذر با عملکرد بیولوژیک ($r=۰/۹۶^{**}$) نیز این موضوع را تایید می‌کند. لذا با توجه به این همبستگی بالا، تفاوت در تولید ماده خشک را نیز می‌توان عامل ایجاد اختلاف در عملکرد بذر دانست که این امر متأثر از تفاوت در میزان جذب تشعشع فعال فتوسنتزی و نیز کارایی استفاده از نور جذب شده توسط گیاه می‌باشد. بر این اساس، به نظر می‌رسد کلیه راهکارهای مدیریتی که به نوعی باعث بهبود رشد اندام‌های هوایی شود افزایش عملکرد دانه را در گیاه خاکشیر شیرین موجب می‌گردد. لذا پیشنهاد می‌شود با بهبود اجزای عملکرد، عملکرد بذر خاکشیر را بهبود داد. با توجه به اینکه بذر حاصل فعالیت فتوسنتزی اندام‌های رویشی همچون شاخه و برگ در طول فصل رشد می‌باشد، همبستگی بالا و مثبت بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک دور از انتظار نمی‌باشد و می‌توان چنین نتیجه گرفت که برای دستیابی به عملکرد بالا به گیاهانی با رشد رویشی بالا نیاز است (Karimi Afshar et al., 2016)، البته نقش و تاثیر مدیریت تغذیه نیز نباید از نظر دور بماند.

نتیجه‌گیری

لزوم برنامه‌ریزی دقیق برای استفاده بهینه از منابع موجود برای دستیابی به تولید پایدار در تولید گیاهان دارویی در بوم‌نظام‌های زراعی امری ضروری است. گیاه خاکشیر، گیاهی مقاوم و سازگار به شرایط مختلف آب و هوایی می‌باشد که دوره رشدآن منطبق با بارندگی‌های زمستانه و بهاره می‌باشد و میزان مقاومت به شرایط نامساعد طبیعی، بیشتر از بسیاری از گیاهان دارویی ارزشمند است. با توجه به این مطالعه تراکم ۴۰ بوته در متر مربع و محلول‌پاشی برگی کود کامل با غلظت پنج درصد در زمان ۱۵ تا ۳۰ فروردین ماه منجر به افزایش عملکرد این محصول در منطقه جنوب و شرق خراسان می‌گردد. رویکرد جهانی در تولید گیاهان زراعی و دارویی به سوی استفاده از نظام‌های کشاورزی پایدار و به کارگیری روش‌های مدیریتی همچون کاربرد محلول‌پاشی برای ارتقای عملکرد کمی و کیفی گیاهان است که این امر بهبود کارایی مصرف نهاده‌ها و کاهش هزینه‌های تولید همراه با بهره‌وری پایدار از منابع آبی را به دنبال دارد. لذا با توجه به شرایط آب و هوایی و کمبود آب در منطقه خراسان جنوبی، توسعه کشت این گیاه می‌تواند مزایای اقتصادی بالایی برای بهبود وضعیت اقتصادی و معیشت کشاورزان منطقه به دنبال داشته باشد. البته احتمال دارد که مصرف سایر تیمارهای کودی و تراکم‌های بیشتر نیز موجب بهبود پتانسیل این گیاه دارویی گردد که این امر نیازمند مطالعات تکمیلی می‌باشد.

منابع

Adedrian, J., Taiwo, L.B., Akande, M.O., Sobulo, R.A., and Idowu, O.J. 2004. Application of organic and inorganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. Journal of Plant Nutrition 27: 1163-1181.

Adriana, M., Chamorro, L., Tamagno, N., Bezus, R., and Santiago, J. 2002. Nitrogen accumulation partition and nitrogen use efficiency in canola under different nitrogen availabilities. Soil Science Plant Analysis 33: 493-504.

Arasteh, E., and Farnia, A. 2013. Investigation the effect of drought tension and plant density on quality and quantity characteristics of rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars in Lorestan climate conditions. Crop Physiology 5(19): 99-111. (In Persian with English Summary)

Baskin, P., Milberg, L., Andersson, J., and Baskin, M. 2004. Germination ecology of seeds of the annual weeds *Capsella bursa-pastoris* and *Descurainia sophia* originating from high northern latitudes. Weed Research 44(1): 60-68.

Danesh-Shahraki, A., Kashani, A., Mesgarbashi, M., Nabipour, M., and Koohi-Dehkordi, M. 2008. The effect of plant densities and time of nitrogen application on some agronomic characteristic of rapeseed. Pajouhesh and Sazandegi 79: 10-17. (In Persian with English Summary)

Darzi, M., and Akhani, A. 2016. Effects of biofertilizer and plant density on yield and essential oil of *Coriandrum sativum* L. Journal of Medicinal and Aromatic Plants 31(6): 1086-1095. (In Persian with English Summary)

Darzi, M., and Nadeali, A. 2015. Study of the Effect of nitroxin nitrogen fertilizer and plant density on yield, yield components and essential oil of *Anisum pimpinella* L. in Firoozkooh region. Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants 3(1): 63-72. (In Persian with English Summary)

Donald, C.M., and Hamblin, J. 1976. The biological yield and harvest and cereal as aronomic and plant breeding criteria. Advances in Agronomy 28: 361-405.

Efeoğlu, B., Ekmekçi, Y., and Çiçek, N. 2009. Physiological responses of three maize cultivars to drought stress and recovery. South African Journal of Botany 75: 34–42.

Eilkaee, M.N., and Emam, Y. 2003. Effect of plant density on yield and yield components in two winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) cultivars. Iranian Journal of Agricultural Sciences 3(34): 509-515. (In Persian with English Summary)

Gardner, F.P., Pearce, B., and Mitchell, R. 2010. Physiology of Crop Plants. Scientific Publishers. Crops 327 pp.

Ghasemi, S., Sharifi Ashoorabadi, E. 2014. Effects of density and intercropping of safflower (*Carthamus tinctorious* L.) and rocket sativa (*Eruca sativa* L.) on yield and land equivalent ratio. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 30(2): 342-352. (In Persian with English Summary)

Ghobadi, M., Jahanbin, S., Motalebi Fard, R., and Parvizi, K. 2011. The effect of biological phosphate fertilizers to yield and yield components of potato. Sustainable Agriculture and Production Science 21(2): 117-130. (In Persian with English Summary)

Heidari, F., Zehtab Salmasi, S., Javanshir, A., Aliari, H., and Dadpoor, M.R. 2008. The effects of application of microelements and plant density on yield and essential oil of peppermint (*Mentha piperita* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 24: 1-9. (In Persian with English Summary)

Hosseinpour, M., Habibi, H., and Fotokian, M. 2012. Effect of chemical and biological nitrogen on quality and quantity of anise (*Pimpinella anisum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 28(3): 551-566. (In Persian with English Summary)

Huang, M., Liang, T., Ou-Yang, Z., Wang, L., Zhang, C., and Zhou, C. 2011. Leaching losses of nitrate nitrogen and dissolved organic nitrogen from a yearly two crops system, wheat-maize, under monsoon situations. Nutrient Cycling in Agroecosystems 91: 77-89.

ISTA. 2010. International rules for seed testing. Glattbrugg, Switzerland. 290 p.

Jones, C., Olson- Rutz, K., and Pariera Dinkins, C. 2011. Nutrient uptake timing by crop: to assist with fertilizing decisions. Report of Project in Department of Land Resources and Environmental Sciences p. 1-8.

Kandil, A.A., El-Mahands, S.I., and Mahrous, N.M. 1996. Genotypic and phenotypic variety heritability and inter relationships of some characters in oil seed rape. Canadian Journal of Plant Science 65: 275-284.

Karimi Afshar, A., Baghizadeh, A., and Mohammadi-Nejad, G. 2016. Evaluation of relationships between morphological traits and grain yield in cumin (*Cuminum cyminum* L.) under normal and drought conditions. Journal of Crop Breeding 8(18): 159-165. (In Persian with English Summary)

Lebaschy, M.H., and Sharifi, E. 2004. Application of physiological growth indices for suitable harvesting of *Hypericum perforatum*. Pajouhesh v Sazandegi (65): 65-75. (In Persian with English Summary)

Mae, T., Inaba, A., Kaneta, Y., Masaki, S., Sasaki, M., Aizawa, M., Okawa, S., Hasegawa, S., and Makino, A. 2008. A large -grain rice cultivar, Akita 63, exhibits high yield with high physiological nitrogen use efficiency. Field Crops Research 34(4): 123-139.

Malakouti, M.J., Keshavarz, P., and Karimian, N. 2008. A comprehensive approach towards identification of nutrients deficiencies and optimal fertilization for sustainable agriculture. Tarbiat Modarres University Press, Tehran, Iran. 755 p. (In Persian)

Marroti, M., Piccaglia, R., and Giovanelli, E. 1996. Differences in essential composition of basil (*Ocimum basilicum* L.) Italian cultivars related to morphological characteristics. Journal of Agriculture and Food Chemistry 44: 3926-3929.

Mostafavi, M.J. 2014. The effect of chemical and biological fertilizers on quantitative and qualitative yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) in Mashhad climate condition. MS.c. Thesis. Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Najafpour Navaei, M., Golipour, M., and Parsa, E. 2008. The effects of densities and planting dates on seed yield of *Agrimonia eupatoria* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 24(2): 198-206. (In Persian with English Summary)

Norouzi, A., and Shahbazi, I. 2011. The role of extension education in development of organic agriculture in Iranian villages. Community Development (Rural and Urban Communities) 2(2): 1-22.

Ozgüven, M., Muzaffer, K., Şener, B., Orhan, I., Şeeroğlu, N., Kartal, M., and Kaya, Z. 2008. Effects of varying nitrogen doses on yield, yield Components and artemisinin content of *Artemissia annua* L. Industrial Crops and Products 27: 60-64.

Rassam, G.A., Naddaf, M., and Sephidkon, F. 2007. Effects of sowing time and plant density on yield and yield components of seed in Anise (*Pimpinella anisum)*. Pajouhesh v Sazandegi 75: 127-132. (In Persian with English Summary)

Rezvani Moghaddam, P., Mohammadabadi, A., and Moradi, R. 2011. The effect of application of chemical and organic fertilizers on yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.) in different plant densities. Journal of Agroecology 2(2): 256-265. (In Persian with English Summary)

Roose, T. 2000. Mathematical model of plant nutrient uptake. PhD. Thesis. University of Oxford, UK.

Tosi Kehal, P., Esfahani, M., Rabiei, M., and Rabiei, B. 2011. Effect of concentration and time of supplementary nitrogen fertilizer application on yield and NUE of rapeseed (*Brassica napus* L.) as a second crop in paddy field. Iranian Journal of Field Crop Science 42(2): 387-396. (In Persian with English Summary)

Yates, D.J., and Steven, M.D. 1987. Reflection and absorption of solar radiation by flowering canopies of oilseed rape (*Brassica napus* L.). The Journal of Agricultural Science 109: 495-502.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.1, Spring 2019, p. 1-15

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۱۵-۱

Effects of Plant Density and Leaf Spraying o Growth, Yield and Yield Components of Flixweed (*Descurainia sophia* L.) as a Medicinal Plant

A. Mollafilabi[1*], A., and M.R.[2] Gazikinejad,

Submitted: 24-07-2018
Accepted: 29-10-2018

Mollafilabi, A., and Gazikinejad, M.R. 2019. Effects of plant density and leaf spraying o growth, yield and yield components of flixweed (*Descurainia sophia* L.) as a medicinal plant. Journal of Agroecology. 11(1): 1-15.

Introduction

Biodiversity of medicinal and aromatic plants contributes significantly towards human livelihood and development and thus plays a predominant role in the wellbeing of the global population. According to WHO reports, around 80 % of the global population still relies on traditional medicines and natural substances. *Descurainia sophia* L. seed, also known as flixweed, a commonly used herbal medicine in Iranian folk medicine is one of those medicinal herbs with prevalent use. Agronomic practices are required to be standardized for realizing yield potential. Among the different agronomic practices, foliar spray of macronutrients is most important factor in determining the yield. Plant density is another important agronomic factor that manipulates micro- environment and affects growth, development and yield of plants. Within certain limits, increase of plant population density declines the growth and yield per plant but the reverse occurs for yield per unit area. The optimum plant density to attain highest yield may vary with the genotype and agronomic factor. Hence the purpose of this study was to determine the effects of plant density and leaf spraying on growth, yield and yield components of flixweed under Torbat-e Jam climatic conditions.

Materials and Methods

In order to study the effects of plant density and leaf spraying of growth, biological yield, seed yield, yield components and harvest index of flixweed, an experiment was conducted as factorial layout based on a randomized complete block design with three replications at the Agricultural Research Station, Azad University of Torbt-e Jam, Khorasan-e Razavi during growing season of 2016-2017. Treatments included four plant densities (10, 20 and 40 plants.m^{-2}) and leaf straying at three plant stages (such as emergence, before flowering and early seed formation stages) and control (without spraying). Leaf spraying was done using complete fertilizer (5:1000). Studied traits were plant height, number of branches per plant, 1000- seed weight, seed yield, biological yield, dry weight of shoot, fresh weight of shoot and harvest index. The treatments were run as an analysis of variance (ANOVA) to determine if significant differences existed among treatments means. Multiple comparison tests were conducted for significant effects using the Duncan's test.

Results and Discussion

The results showed that the simple effect of plant density was significant ($p\leq0.05$) on number of branches per plant and harvest index of flixweed. The simple effect of foliar spraying was significant ($p\leq0.05$) on number of branches per plant and 1000-seed weight of flixweed. The interaction effect between plant density and foliar spraying had significant effect on number of branches per plant, dry weight of shoot, seed yield, biological yield and harvest index of flixweed. The highest seed yield, biological yield and dry weight of shoot were recorded in 40 plants.m^{-2}+ foliar spraying at early seed formation with 99, 495 and 396 g.m^{-2}, respectively. The minimum seed yield was observed in 10 plants.m^{-2}+ without spraying with 35 g.m^{-2}. The lowest biological yield and dry weight were obtained in 20 plants.m^{-2}+ foliar spraying at early seed formation with 168 and 126 g.m^{-2}, respectively. The results for correlation coefficients between yield and yield components revealed that the highest coefficient was calculated for biological yield and dry weight of shoot (r=0.97**).

Conclusion

Agronomic management strategies had significantly effect on growth, yield, and yield components of flixweed. Generally, plant density and nutrient management are two effective techniques for agronomic

۱- Assistant Professor, Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran
2- MSc in Horticulture
(*- Corresponding Author Email: a.filabi@rifst.ac.ir)
DOI: 10.22067/jag.v11i1.75552

management of medicinal plants such as flixweed that may decline the necessity for chemical and intensive approaches to the plant. The findings of the present study indicate that foliar spraying would be an advisable treatment that produces higher seed yield. In total, according to the results, the plant density of 40 plants.m^{-2}+ foliar spraying at early seed formation is recommended to realize maximum seed yield flixweed cultivation in Torbat-e Jam region, Iran.

Keywords: Complete fertilizer, Early seed formation, Dry weight of shoot, Seed yield