

تأثیر روش‌های مختلف کاشت بر شوری خاک، عملکرد ریشه و کارایی مصرف آب روناس (*Rubia tinctorum* L.) در شرایط شور استان یزد

محمدحسین بناکار^۱، غلامحسین رنجبر^۱، ولی سلطانی گرد فرامرزی^۲

۱. عضو هیئت علمی مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

۲. کارشناس ارشد مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۸/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۱۷

چکیده

اگرچه کشت روناس (*Rubia tinctorum* L.) با هدف استخراج ترکیبات مفید در ریشه آن در بسیاری از مناطق شور بخصوص در مناطق پسته کاری معمول بوده است، با این حال تحقیقات اندکی بر روی جنبه‌های زراعی آن از جمله روش‌های مناسب کاشت انجام شده است. این تحقیق به منظور بررسی روش‌های مختلف کاشت روناس و مقایسه آن با روش سنتی، به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار طی سال‌های ۹۴-۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقات شوری صدوق اجرا گردید. تیمارهای مورد نظر شامل روش سنتی (کاشت به صورت کپه‌ای با ماسه‌بادی)، کاشت به صورت کپه‌ای با خاک، کاشت بالای پشته، کاشت در محل داغاب، کاشت ته جوی و کاشت به صورت خطی بود. مقدار بذر مصرفی برای تمام تیمارها ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار بود و آبیاری با آب شور ۱۰ دسی زیمنس بر متر انجام گرفت. در انتهای سال سوم در اواخر شهریورماه ریشه‌های روناس از خاک خارج و پس از خشک شدن وزن آن‌ها تعیین گردید. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد تر و خشک ریشه مربوط به روش کاشت خطی (به ترتیب ۱۸/۵۲ و ۴/۹۸ کیلوگرم در متر مربع) و کمترین آن مربوط به روش کاشت روی پشته (به ترتیب ۱/۳۱ و ۰/۳۴ کیلوگرم در متر مربع) بود. این امر به دلیل بالاتر بودن تراکم بوته و پایین تر بودن شوری خاک در روش کاشت خطی نسبت به روش کاشت بالای پشته بود. در مجموع، کاشت روناس به طریق خطی عملکرد خشک ریشه را به میزان ۲/۵ برابر نسبت به روش کاشت سنتی افزایش داد. بیشترین مقدار کارایی مصرف آب (۰/۷۹ کیلوگرم بر متر مکعب) نیز از روش کاشت خطی حاصل گردید. به نظر می‌رسد کاشت روناس به روش خطی در شرایط شور، بتواند ضمن بهبود عملکرد ریشه و کارایی مصرف آب، موجب کنترل مطلوب تر شوری خاک نیز گردد.

واژه‌های کلیدی: آب‌شور، آلیزارین، خاک شور، رنگرزی، کاشت جوی و پشته، گیاهان دارویی

مقدمه

علوفه و روغن، موارد صنعتی، بهداشتی و دارویی و یا اصلاح خاک سوق داده شود (Ranjbar et al., 2017).

روناس (*Rubia tinctorum* L.)، یکی از گیاهانی است که از دیرباز نزد کشاورزان و زارعین به‌عنوان یک گیاه متحمل به شوری مطرح بوده و با توجه به کاربردهای گوناگون آن از قدیم‌الایام در مناطق مختلف مورد کشت قرار گرفته است. در ایران کاشت روناس در مناطقی از یزد، تبریز، ارومیه، اردبیل، اراک، فارس و کرمان از روزگاران قدیم متداول بوده است. امروزه در اکثر این مناطق کاشت روناس به دست فراموشی

کشاورزی شورزیست در مناطق با محدودیت منابع آب شیرین و وجود آب‌های شور در کشور یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر به شمار می‌آید که باید توجه بیشتری به خود جلب کند. کشاورزی شورزیست بهره‌برداری از منابع آب و خاک شور برای تولید محصولات زراعی و باغی است. برای رهایی از بحران کم‌آبی در کشور بایستی تغییری در نگرش متخصصان کشاورزی پدید آید و مطالعات به سمت استفاده از آب‌های شور و نامتعارف برای پرورش گیاهان شورزی با هدف تولید

در شوری خاک تا ۱۸ دسی زیمنس بر متر و شوری آب آبیاری تا بیش از ۲۰ دسی زیمنس بر متر نیز گزارش شده است (Sadri and Sanaii, 1993).

تجربه نشان داده است که کاشت مستقیم بذور حتی اگر آبیاری با آب غیر شور انجام شود موفقیت‌آمیز نبوده و لذا کشاورزان بذور را به صورت کپه‌ای نزدیک یکدیگر می‌کارند. در حال حاضر کشاورزان مقادیر بذر تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار را نیز مصرف می‌کنند. هنوز علت اصلی کم سبز شدن بذور در کاشت مستقیم بذر معلوم نیست. در واقع، بذرها و گیاهچه‌ها در لایه سطحی خاک شرایط فیزیکی نامطلوبی نظیر شوری، دمای بالا، خشک شدن سریع خاک سطحی و ایجاد سله را تجربه می‌کنند. در چنین شرایطی بذور گیاهان به سستی جوانه‌زده و گیاهچه‌های حاصله ضعیف بوده و از رشد و نمو کمی برخوردارند.

بررسی منابع نشان می‌دهد علی‌رغم اهمیت روناس به عنوان یک گیاه صنعتی با سابقه کاشت طولانی، تحقیقات اندکی بر روی جنبه‌های زراعی مختلف آن انجام شده است. احتمالاً یکی از دلایل این امر این است که تولید روناس و مخصوصاً استخراج ریشه‌ها کاری سخت و طاقت‌فرسا است و لذا کشورهای خارجی بیشتر متمایل به وارد کردن ریشه آن به منظور فراوری پس از برداشت می‌باشند (Angelini et al., 1997).

در ایران تحقیقات انجام شده بر روی روناس بیشتر در حوزه رنگرزی بوده و تحقیقات انگشت‌شماری در خصوص جنبه‌های کشاورزی و زراعی آن انجام شده است. حتی نشریات داخلی موجود که به جمع‌آوری اطلاعات کاشت، داشت و برداشت روناس پرداخته‌اند - که بسیار ارزشمند نیز می‌باشند - بیشتر مبتنی بر تجربیات روناس‌کاران و مشاهدات مزرعه‌ای بوده و از سابقه تحقیقاتی چندانی برخوردار نیستند. یکی از معدود تحقیقات مزرعه‌ای انجام شده در زمینه زراعت روناس توسط مروتی (Morrovti, 1998) انجام شده که در آن مقدار ۲۵۰ کیلوگرم بذر در هکتار بهترین میزان بذر برای کاشت روناس از طریق مرسوم (کاشت به صورت کپه‌ای) تعیین شده است.

به نظر می‌رسد در مورد این گیاه نیز همانند سایر گیاهان زراعی، تعیین روش کاشت مناسب به منظور حصول حداکثر عملکرد ریشه در شرایط شور ضروری است. کریمی و همکاران (Karimi et al., 2011)، در آزمایشی روش‌های کاشت خطی در کرت و جوی و پشته‌ای (با ترکیب سه، شش و نه خط روی

سپرده شده و تنها در بخش‌هایی از استان یزد (شهرستان‌های اردکان و بافق) این گیاه مورد کشت قرار می‌گیرد (Mirabzabeh Ardakani, 1998). تقریباً در هیچ نقطه‌ای از ایران به‌غیر از استان یزد، روناس به‌عنوان یک گیاه زراعی کشت نمی‌شود (Tabatabaai et al., 1993). زراعت این گیاه در منطقه اشتغال‌زا بوده و برای کشاورزان منطقه سودآور و درآمدزا است. روناس‌کاران معمولاً کاشت قلمه ریشه (ریزوم) و کاشت مستقیم بذر را مورد استفاده قرار داده‌اند (Mirabzabeh Ardakani, 1998). در تکثیر این گیاه از طریق بذر، کشاورزان همواره مقادیر زیادی بذر را برای داشتن درصد سبز مطلوب و عملکرد رضایت‌بخش مصرف می‌کنند. از نظر تحمل به شوری، روناس یکی از گیاهان زراعی نیمه‌متحمل به شوری است که حد آستانه تحمل به شوری آن حدود ۴ دسی زیمنس بر متر و شیب کاهش عملکرد آن به ازای افزایش هر واحد شوری بیشتر از میزان آستانه تحمل گیاه، ۲/۳ درصد است. به این ترتیب، با فرض کاهش ۱۵ درصدی عملکرد نسبی، حداکثر شوری آب آبیاری برای این گیاه ۷ دسی زیمنس بر متر و نیاز آبی آن ۲۵ درصد توصیه شده است (Banakar et al., 2013). با این حال با توجه به خفیف بودن شیب کاهش عملکرد ناشی از شوری، مقدار ۵۰ درصد کاهش عملکرد در روش کاشت بذری در شوری عصاره اشباع خاک ۲۶/۹۴ دسی زیمنس بر متر به دست آمد (Banakar, 2010). به‌طور کلی تحمل به شوری یک گیاه در مرحله جوانه‌زنی نسبت به مرحله سبز شدن بیشتر است (Banakar and Khorsandi, 2012; Khorsandi and Banakar, 2011). این در حالی است که سپاسخواه و بیروتی (Sepaskhah and Beyrouiti, 2010) در یک آزمایش گلدانی حد آستانه تحمل به شوری روناس را با اعمال ۳۰ درصد جز آبیویی، ۱۵/۳ و ۸/۵ دسی زیمنس بر متر به ترتیب برای شوری خاک و شوری آب آبیاری گزارش کردند. دشتکیان و بحرانی (Dashtekian and Bohrani, 2010) در آزمایشی تأثیر میزان نوع نمک را بر رشد و ترکیبات شیمیایی روناس در شرایط گلخانه‌ای مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که گیاهان تیمار شده با نمک‌های مختلف کاهش رشد داشته و خسارت ناشی از کاربرد کلرید سدیم بیشتر از کاربرد توأم آن با سولفات سدیم و یا سولفات سدیم به‌تنهایی بود. این محققین نشان دادند که روناس می‌تواند تا شوری حاصل از املاح ساختگی ۱۴ دسی زیمنس بر متر را بدون تنش تحمل کند. در برخی منابع کاشت روناس

با توجه به اینکه تاکنون تحقیقی که روش‌های مختلف کاشت را از طریق بذر مورد بررسی قرار داده باشد انجام نشده است، این تحقیق در نظر دارد روش‌های مختلف کاشت را برای تولید رونا س مورد مطالعه قرار دهد. انتظار می‌رود با انجام این تحقیق روش کاشت مناسب‌تری برای تولید رونا س حاصل آید که موجب توسعه کشت این محصول ارزشمند گردد که از نظر اقتصادی- اجتماعی برای کشاورزی در عرصه‌های شور حائز اهمیت است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقات شوری صدوق طی سه سال زراعی (۹۴-۱۳۹۱) اجرا شد. ابتدا از خاک مزرعه در نقاط مختلف نمونه‌گیری به عمل آمد تجزیه کامل خاک انجام گردید (جدول ۱). قبل از کاشت، کوددهی با کود دامی به مقدار ۵۰ تن در هکتار انجام شد و پس از شخم، کلوخه‌شکنی و تسطیح، زمین مورد نظر به کرت‌هایی به ابعاد ۳ در ۴/۵ متر کرت بندی گردید. به منظور حذف اثرات حاشیه‌ای فاصله کرت‌ها در هر تکرار ۱/۵ متر و بین تکرارها ۲ متر در نظر گرفته شد. کاشت بذرها در ۲۸ اسفندماه انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل روش کاشت سنتی (کاشت به صورت کپه‌ای با ماسه‌بادی)، کاشت به صورت کپه‌ای با خاک، کاشت یک‌خطی در بالای پشته، کاشت یک‌خطی در محل داغاب (کاشت در طرفین پشته)، کاشت یک‌خطی در ته جوی و کاشت به صورت خطی بود.

پشته) را بر روی عملکرد و اجزای عملکرد گندم مطالعه و نشان دادند که بیشترین عملکرد دانه و کاه مربوط به تیمار کاشت سه خطی گیاه بر روی پشته بود (Karimi et al., 2011). یزدان‌دوست (Yazdandoust, 2015) روش‌های کاشت مسطح و جوی و پشته‌ای را در زراعت کلزا مورد بررسی قرار داده و روش کاشت جوی و پشته را در مواردی که خاک سنگین بوده و احتمال سله بستن سطح خاک وجود دارد توصیه کردند. در آزمایشی تأثیر شوری روی عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ در دو روش کاشت درون جوی و روی پشته مطالعه و نشان داده شد که با تغییر روش کاشت از روی پشته که محل تجمع املاح است به درون جوی خسارت ناشی از شوری به میزان ۴/۷ درصد کاهش یافت (Bahadorkhah and Kazemini, 2014). در روش کاشت جوی و پشته‌ای پس از انجام آبیاری بسته به وضع ناهمواری زمین توزیع نمک در نقاط مختلف زمین یکسان نخواهد بود و شوری به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای از ته جوی تا بالای پشته‌ها تغییر می‌کند (Abedi et al., 2002). در حقیقت صعود موئینگی باعث حرکت آب نفوذ یافته به بالای پشته‌ها می‌شود، این آب مورد استفاده گیاه قرار گرفته و یا تبخیر می‌شود و املاح آن در سطح خاک بر جای می‌ماند. تجمع نمک‌ها به اندازه کافی زیاد است به طوری که در انتهای فصل آبیاری از جوانه‌زنی و توسعه گیاه ممانعت به عمل می‌آورد. مطابق آنچه در نشریه شماره ۲۹ فائو آمده است در این حالت بهتر است بذور در بالای سطح آب و یا دو طرف پشته‌ها به صورت ساده یا شیب‌دار کاشت شوند. در این حالت چنانچه شوری مانع جوانه‌زنی باشد کمتر تأثیرگذار خواهد بود (Ayers and Westcot, 1989).

جدول ۱. نتایج تجزیه نمونه خاک مرکب قبل از کاشت

Table 1. Some soil physicochemical properties

Soil Characteristic	عمق (cm) Depth	عمق (cm) Depth		Soil Characteristic	ویژگی خاک	عمق (cm) Depth	
		0-30	30-60			0-30	30-60
EC _e (dS/m)	هدایت الکتریکی	15.24	9.75	Soil texture	بافت خاک	S.C.L	S.C.L
pH	اسیدیته	7.43	7.54	K ⁺ (meq/l)	پتاسیم	0.85	0.6
C (%)	کربن آلی	0.351	0.312	Na ⁺ (meq/l)	سدیم	107.96	71.44
N (%)	ازت کل	0.03	0.027	Mg ⁺⁺ (meq/l)	منیزیم	26.8	14
P (mg/kg)	فسفر قابل جذب	15.05	9.26	Ca ⁺⁺ (meq/l)	کلسیم	21.6	13.6
K (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب	134	121	SO ₄ ⁻ (meq/l)	سولفات	18.71	16.59
Sand (%)	شن	51	53	Cl ⁻ (meq/l)	کلر	135.5	2.75
Silt (%)	سیلت	26	24.6	HCO ₃ ⁻ (meq/l)	بی‌کربنات	3	3
Clay (%)	رس	23	22.4	SAR	نسبت جذب سدیم	21.95	19.23

نرم‌افزار SAS آنالیز شده، مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

اثر روش کاشت بر شوری خاک

متوسط شوری عصاره اشباع خاک در طول فصل رشد در سال زراعی ۹۲-۹۱ برای روش‌های مختلف کاشت اندازه‌گیری شد (جدول ۲). نتایج نشان داد که میانگین شوری عصاره اشباع خاک در عمق توسعه ریشه (۶۰-۰ سانتیمتر) برای روش‌های کاشت خطی، کپه‌ای با ماسه‌بادی (روش سنتی) و کپه‌ای با خاک برابر ۱۱/۹۷ دسی زیمنس بر متر بود. این مقدار برای روش کاشت در بالای پشته برابر ۲۱/۴۶ دسی زیمنس بر متر، کاشت در محل داغاب برابر ۱۶/۱۰ دسی زیمنس بر متر و برای کاشت در ته جوی برابر ۱۳/۷۱ دسی زیمنس بر متر بود. داده‌های ارائه‌شده در جدول ۲ نشان می‌دهد که با افزایش عمق، شوری خاک افزایش یافت به‌جز در روش کاشت در بالای پشته که شوری در لایه سطحی خاک بیشتر از لایه عمقی بود.

در سال زراعی ۹۳-۹۲ میانگین شوری عصاره اشباع خاک در عمق توسعه ریشه برای روش‌های کاشت خطی، کپه‌ای با ماسه‌بادی (روش سنتی) و کپه‌ای با خاک برابر ۱۲/۷۶ دسی زیمنس بر متر بود. این مقدار برای روش کاشت در بالای پشته برابر ۱۲/۶۸ دسی زیمنس بر متر، کاشت در محل داغاب برابر ۱۱/۷۷ دسی زیمنس بر متر و برای کاشت در ته جوی برابر ۱۲/۶۲ دسی زیمنس بر متر بود.

در سال زراعی ۹۴-۹۳ میانگین شوری عصاره اشباع خاک در عمق توسعه ریشه برای روش‌های کاشت خطی، کپه‌ای با ماسه‌بادی (روش سنتی) و کپه‌ای با خاک برابر ۹/۶۱ دسی زیمنس بر متر بود. این مقدار برای روش کاشت در بالای پشته برابر ۱۵/۳۷ دسی زیمنس بر متر، کاشت در محل داغاب برابر ۱۶/۳۳ دسی زیمنس بر متر و برای کاشت در ته جوی برابر ۱۱/۳۴ دسی زیمنس بر متر بود (جدول ۲). داده‌های ارائه‌شده در جدول ۲ نشان می‌دهد که در سال زراعی سوم میزان شوری عصاره اشباع خاک در تمام روش‌های کاشت به‌جز روش کاشت در ته جوی با افزایش عمق کاهش یافت. این کاهش در روش‌های کاشت خطی، کپه‌ای با ماسه‌بادی، کپه‌ای با خاک و کاشت در ته جوی نامحسوس و در روش کاشت در بالای پشته قابل توجه بود. در روش کاشت در محل داغاب، با افزایش عمق میزان شوری اندکی افزایش یافت.

در روش‌های کاشت در بالای پشته، کاشت در محل داغاب، کاشت در ته جوی و کاشت خطی، روی بذرها با ماسه‌بادی پوشانیده شد. در تیمار شاهد روش کاشت سنتی اجرا شد بدین‌صورت که با استفاده از بیلچه‌های مخصوص گودال‌هایی به عمق ۵ سانتیمتر و به فاصله ۲۵ سانتیمتر از یکدیگر ایجاد شده و تعداد ۲۰-۱۵ عدد بذر در آن ریخته و روی آن با ماسه‌بادی نرم پوشانیده شد. در روش کاشت خطی، بذرها در داخل کرت در خطوطی به‌موازات هم با فواصل ۲۰ سانتیمتری کشت شدند. در روش کاشت جوی و پشته‌ای فاصله پشته‌ها از هم ۵۰ سانتیمتر در نظر گرفته شد و بذرها بسته به نوع روش کاشت در بالای پشته، ته جوی و یا محل داغاب به‌صورت خطی کشت شدند.

میزان بذر مصرفی برای تمام تیمارها ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد. آبیاری در ابتدا با آب غیر شور (۲ دسی زیمنس بر متر) بود و پس از استقرار گیاه با آب شور ۱۰ دسی زیمنس بر متر و به عمق ۱۰ سانتیمتر انجام شد و در طول دوره رشد در همین سطح شوری ادامه یافت. به‌منظور کنترل شوری خاک، متوسط شوری عصاره اشباع خاک در عمق‌های مختلف خاک در طول فصل رشد در نمونه‌های خاک گرفته شده برای هر یک از تیمارها اندازه‌گیری شد. این نمونه‌گیری چندین بار قبل از هر آبیاری و از منطقه توسعه ریشه گیاهان انجام گرفت.

طرح آزمایشی به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. به‌منظور حفاظت ریشه‌ها از سرما و یخبندان، مخلوطی از ماسه‌بادی نرم و کود دامی پوسیده به‌طور یکنواخت بر روی کرت‌ها توزیع گردید. در سال دوم و سوم نیز مراحل داشت مطابق سال اول انجام گرفته و روی کرت‌ها مخلوطی از ماسه‌بادی نرم و کود دامی پوسیده قرار گرفت. در ۳۰ مهرماه سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳، ریشه‌های روناس با استفاده از بیل‌های مخصوص از خاک خارج و توزین گردیدند. سپس ریشه‌ها به آزمایشگاه منتقل و در آون با درجه حرارت ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفته و وزن خشک آن‌ها تعیین گردید. میزان آب آبیاری در هر بار آبیاری اندازه‌گیری شد (۱/۳۵ متر مکعب برای هر یک از روش‌های کاشت کپه‌ای با ماسه‌بادی، خاک و خطی و ۰/۷۸۴ متر مکعب برای هر یک از روش‌های کاشت جوی و پشته‌ای). با توجه به اندازه‌گیری کل حجم آب آبیاری برای هر روش کاشت در طول دوره رشد، کارایی مصرفی آب از تقسیم عملکرد خشک ریشه به آب مصرفی تعیین شد. داده‌های حاصله با استفاده از

در جدول ۳ متوسط شوری عصاره اشباع خاک (dS/m) در عمق توسعه ریشه در طول سه سال اجرای آزمایش (۹۴-۹۱) ارائه شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود میانگین شوری عصاره اشباع خاک در عمق توسعه ریشه برای روش‌های کاشت خطی، کپه‌ای با ماسه‌بادی (روش سنتی) و کپه‌ای با خاک برابر ۱۰/۹۹ دسی زیمنس بر متر بود. این مقدار برای روش کاشت در بالای پشته برابر ۱۵/۹۱ دسی زیمنس بر متر، کاشت در محل داغاب برابر ۱۳/۷۱ دسی زیمنس بر متر و برای کاشت در ته جوی برابر ۱۲/۱۱ دسی زیمنس بر متر بود. به‌طور کلی، در طول دوره رشد متوسط شوری عصاره اشباع خاک در روش کاشت در بالای پشته با افزایش عمق کاهش یافت. این در حالی است میزان شوری در عمق توسعه ریشه برای سایر روش‌های کاشت با افزایش عمق اندکی افزایش پیدا کرد.

جدول ۲. متوسط شوری عصاره اشباع خاک (dS/m) در عمق توسعه ریشه در طول فصل رشد

Table 2. Mean root zone salinity of saturated soil extract (dS/m) at rooting depth over growing season

Planting method	روش کاشت	عمق (cm) Depth		میانگین
		0-30	30-60	Mean
		Crop year (2012-2013)		سال زراعی ۹۱-۹۲
کاشت خطی، کپه‌ای با ماسه‌بادی (روش سنتی) و کپه‌ای با خاک				
Planting as a row, as a clump covering with sandstorm (traditional method) or soil		10.77	13.17	11.97
Planting over the ridge	کاشت در بالای پشته	22.95	19.98	21.46
Planting at beside slopes of a ridge	کاشت در محل داغاب	14.91	17.29	16.10
Planting at bottom of a furrow	کاشت در ته جوی	13.44	13.99	13.71
		Crop year (2013-2014)		سال زراعی ۹۲-۹۳
کاشت خطی، کپه‌ای با ماسه‌بادی (روش سنتی) و کپه‌ای با خاک				
Planting as a row, as a clump covering with sandstorm (traditional method) or soil		11.82	13.70	12.76
Planting over the ridge	کاشت در بالای پشته	13.46	11.90	12.68
Planting at beside slopes of a ridge	کاشت در محل داغاب	11.28	12.27	11.77
Planting at bottom of a furrow	کاشت در ته جوی	11.93	13.31	12.62
		Crop year (2014-2015)		سال زراعی ۹۳-۹۴
کاشت خطی، کپه‌ای با ماسه‌بادی (روش سنتی) و کپه‌ای با خاک				
Planting as a row, as a clump covering with sandstorm (traditional method) or soil		9.64	9.59	9.61
Planting over the ridge	کاشت در بالای پشته	18.13	12.62	15.37
Planting at beside slopes of a ridge	کاشت در محل داغاب	17.68	14.98	16.33
Planting at bottom of a furrow	کاشت در ته جوی	10.81	11.87	11.34

جدول ۳. متوسط شوری عصاره اشباع خاک (dS/m) در عمق توسعه ریشه در طول سه سال (۹۴-۹۱)

Table 3. Mean root zone salinity of saturated soil extract (dS/m) throughout three years (2011-15)

Planting method	روش کاشت	عمق (cm) Depth		
		0-30	30-60	Mean
کاشت خطی، کپه‌ای با ماسه‌بادی (روش سنتی) و کپه‌ای با خاک				
Planting as a row, as a clump covering with sandstorm (traditional method) or soil		10.38	11.60	10.99
Planting over the ridge	کاشت در بالای پشته	17.53	14.29	15.91
Planting at beside slopes of a ridge	کاشت در محل داغاب	13.61	13.80	13.71
Planting at bottom of a furrow	کاشت در ته جوی	11.67	12.55	12.11

ریشه روناس حاصل از این روش کمترین مقدار به دست آمد (شکل‌های ۱ و ۲). برعکس، در روش‌های کاشت خطی و کپه‌ای شوری خاک کمترین مقدار است (۱۰/۹۹ دسی زیمنس بر متر).

اثر روش کاشت بر عملکرد تر و خشک ریشه

نتایج ارائه شده در جدول ۴ تجزیه واریانس را برای صفات اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود به‌طور کلی روش‌های مختلف کاشت مورد بررسی تفاوت آماری بسیار معنی‌داری را در سطح یک درصد نشان دادند.

از نظر مشاهده‌ای، در روش‌های کاشت خطی، کپه‌ای با ماسه‌بادی، کپه‌ای با خاک، کاشت در محل داغاب و کاشت در ته جوی یکنواختی سبز شدن مشاهده شد، معذالک، در روش کاشت در بالای پشته سبز شدن بذرها به‌صورت غیریکنواخت بوده و میزان رشد آن‌ها نیز کمتر بود. علت این عدم یکنواختی در سبز شدن و رشد ضعیف گیاهچه‌ها که با از بین رفتن تدریجی برخی از آن‌ها در طول فصل رشد همراه بود، افزایش تدریجی شوری و تجمع آن در بالای پشته‌ها و نزدیک محل استقرار گیاهچه‌ها بود که تنک شدن سطح پشته و مرگ آن‌ها را به دنبال داشت.

داده‌های مندرج در جدول ۳ نشان می‌دهد که در روش‌های کاشت خطی، کپه‌ای با ماسه‌بادی و کپه‌ای با خاک، در مجموع متوسط شوری عصاره اشباع خاک نزدیک به شوری آب آبیاری (۱۰ دسی زیمنس بر متر) بود. البته باید خاطر نشان شود که این نزدیکی در هر یک از سه سال آزمایش بدین‌سان نبود، به‌طوری‌که در سال زراعی اول و دوم میزان شوری عصاره اشباع خاک بیشتر از شوری آب آبیاری (به ترتیب ۱۱/۹۷ و ۱۲/۷۶ دسی زیمنس بر متر) و در سال سوم این میزان کمتر از شوری آب آبیاری (۹/۶۱ دسی زیمنس بر متر) بود. تقی نژاد (Taqi-Nejhad, 2015) گزارش کرد که کاشت دو ردیفه سویا بر روی پشته موجب یکنواختی سبز شدن بذر و افزایش عملکرد محصول گردید. این در حالی است که نتایج این تحقیق نشان داد که کمترین مقدار عملکرد از روش کاشت بر روی پشته به دست آمد. این امر به دلیل افزایش شوری ناشی از تجمع املاح روی پشته‌ها است که سبز شدن و عملکرد را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار می‌دهد (Abedi, et al., 2002). نتایج متوسط شوری عصاره اشباع خاک اندازه‌گیری شده در طول فصل رشد طی سه سال نشان داد که در روش کاشت روی پشته میزان شوری خاک در مقایسه با روش‌های دیگر بیشترین مقدار بود (۱۵/۹۱ دسی زیمنس بر متر). این در حالی است که عملکرد تر و خشک

جدول ۴. میانگین مربعات برای صفات مختلف اندازه‌گیری شده

Table 4. Mean squares for different measured traits

Source of variation	منابع تغییر	درجه آزادی	وزن تر ریشه Root Fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	کارایی مصرف آب Water Used Efficiency
Replication	تکرار	2	85.1658 ^{ns}	6.4480 ^{ns}	0.0021 ^{ns}
Planting Method	روش کاشت	5	12011.1384 ^{**}	867.536 ^{**}	0.1802 ^{**}
Error	خطا	10	75.3172	5.6166	0.0016
CV (%)	ضریب تغییرات (%)	-	12.78	13.39	12.63

** : significant at 1%, ^{ns}: not significant

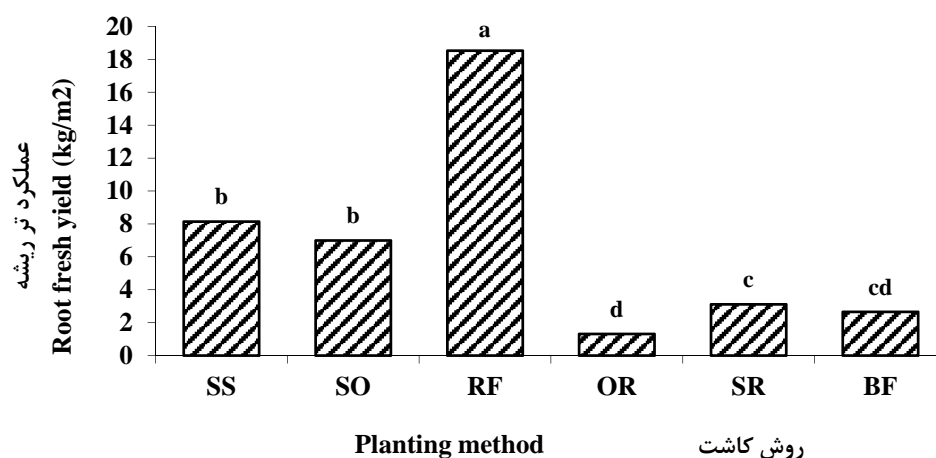
** : معنی‌دار در سطح ۱٪، ^{ns}: غیرمعنی‌دار

نیز تفاوت معنی‌داری با کاشت در ته جوی نداشت لیکن عملکرد تر ریشه در این روش (۳/۱۱ کیلوگرم در متر مربع) در مقایسه با کاشت در بالای پشته به‌طور معنی‌داری بالاتر بود. نتایج همچنین نشان داد که روش کاشت سنتی (کپه‌ای با ماسه‌بادی) و کپه‌ای با خاک تفاوت آماری معنی‌داری با یکدیگر از نظر اثر بر عملکرد تر ریشه ندارند، هرچند که

روش کاشت خطی با تولید ۱۸/۵۲ کیلوگرم در متر مربع موجب افزایش بسیار معنی‌دار عملکرد تر نسبت به سایر روش‌ها شد (شکل ۱). کمترین مقدار عملکرد تر (۱/۳۱ کیلوگرم در متر مربع) از روش کاشت در بالای پشته به دست آمد هرچند که کاشت در بالای پشته تفاوت معنی‌داری با روش کاشت در ته جوی نشان نداد. کاشت در محل داغاب

در شکل ۱ نشان می‌دهد که کاشت روناس به صورت خطی موجب افزایش چشمگیر عملکرد تر ریشه گردید. در واقع، کاشت روناس به صورت سنتی مقدار ۸/۱۴ کیلوگرم در متر مربع عملکرد تر ریشه تولید کرد، این در حالی است که در کاشت خطی عملکرد تر ریشه بیش از دو برابر نسبت به روش کاشت سنتی (کیپه‌ای با ماسه‌بادی) افزایش یافت.

عملکرد تر ریشه حاصل از هر روش‌های کاشت اخیر به‌طور قابل‌توجهی بالاتر از هر یک از روش‌های کاشت جوی و پشته‌ای است، به‌طوری‌که کاشت روناس به روش کیپه‌ای با ماسه‌بادی موجب افزایش بیش از ۲/۵ برابر نسبت به کاشت در محل داغاب گردید. همچنین، این روش کاشت عملکرد تر ریشه را بیش از سه و شش برابر به ترتیب نسبت به روش‌های کاشت در بالای پشته و ته جوی افزایش داد. نتایج ارائه شده

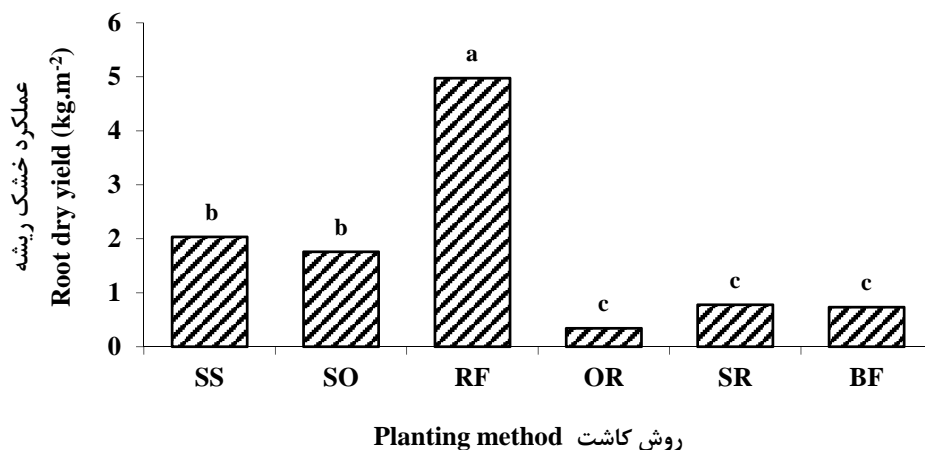


شکل ۱. مقایسه عملکرد تر (kg/m²) ریشه‌های روناس برای هر یک از روش‌های مختلف کاشت (SS: کیپه‌ای با ماسه‌بادی، SO: کیپه‌ای با خاک، SR: کاشت در محل داغاب، OR: کاشت در بالای پشته، BF: کاشت در ته جوی، RF: کاشت خطی)

Fig. 1. Comparison of root fresh yield (kg/m²) of madders for different planting methods (SS: planting as a clump covering with sandstorm, SO: planting as a clump covering with soil, OR: planting over the ridge, SR: planting at beside slopes of a ridge, BF: planting at bottom of a furrow and planting as a row in a flat bed).

کیلوگرم در متر مربع) بود. این در حالی است که سایر روش‌های کاشت جوی و پشته‌ای نظیر کاشت در ته جوی و کاشت در بالای پشته به ترتیب ۰/۷۳ کیلوگرم در متر مربع و ۰/۳۴ کیلوگرم در متر مربع ریشه خشک تولید کردند. بر اساس نتایج ارائه شده در شکل ۲، هیچ یک از روش‌های کاشت جوی و پشته‌ای تفاوت آماری معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند. همان‌طور که قبلاً گفته شد بیشترین مقدار عملکرد خشک ریشه از روش کاشت خطی به دست آمد که به‌طور چشمگیری بالاتر از عملکرد حاصل از روش‌های کاشت جوی و پشته‌ای بود، به‌طوری‌که این روش کاشت مقدار عملکرد خشک ریشه را بیش از شش برابر نسبت به روش‌های کاشت در محل داغاب و کاشت در ته جوی افزایش داد.

بیشترین مقدار عملکرد خشک ریشه در روش کاشت خطی (۴/۹۸ کیلوگرم در متر مربع) به دست آمد که به‌طور معنی‌داری بیشتر از روش کاشت سنتی (۲/۰۴ کیلوگرم در متر مربع) و کیپه‌ای با خاک (۱/۷۶ کیلوگرم در متر مربع) بود (شکل ۲). در حقیقت، کاشت خطی موجب افزایش حدود ۲/۵ برابر عملکرد خشک ریشه نسبت به روش کاشت سنتی گردید. همچنین، عملکرد خشک ریشه حاصل از دو روش کاشت سنتی و کیپه‌ای با خاک تفاوت آماری معنی‌داری با یکدیگر نداشت. نتایج ارائه شده در شکل ۲ بیانگر این است که عملکرد دو روش اخیر به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای بیشتر از هر یک از روش‌های کاشت جوی و پشته‌ای بود. عملکرد خشک ریشه روناس در روش کاشت سنتی بیش از ۲/۵ برابر بیشتر از روش کاشت در محل داغاب (۰/۷۸)



شکل ۲. مقایسه عملکرد خشک (kg/m²) ریشه‌های روناس برای هر یک از روش‌های مختلف کاشت (SS: کپه‌ای با ماسه بادی، SO: کپه‌ای با خاک، SR: کاشت در محل داغاب، OR: کاشت در بالای پشته، BF: کاشت در ته جوی، RF: کاشت خطی)

Fig. 2. Comparison of root dry yield (kg/m²) of madders for different planting methods (SS: planting as a clump covering with sandstorm, SO: planting as a clump covering with soil, OR: planting over the ridge, SR: planting at beside slopes of a ridge, BF: planting at bottom of a furrow and planting as a row in a flat bed).

اثر روش کاشت بر کارایی مصرف آب

بیشترین مقدار کارایی مصرف آب (۰/۷۹) کیلوگرم بر متر مکعب) از روش کاشت خطی حاصل گردید که به‌طور قابل توجهی بالاتر از سایر روش‌های کاشت مورد استفاده بود (شکل ۳). این در حالی است که کمترین مقدار کارایی مصرف آب (۰/۰۹) کیلوگرم بر متر مکعب) از روش کاشت در بالای پشته به دست آمد.

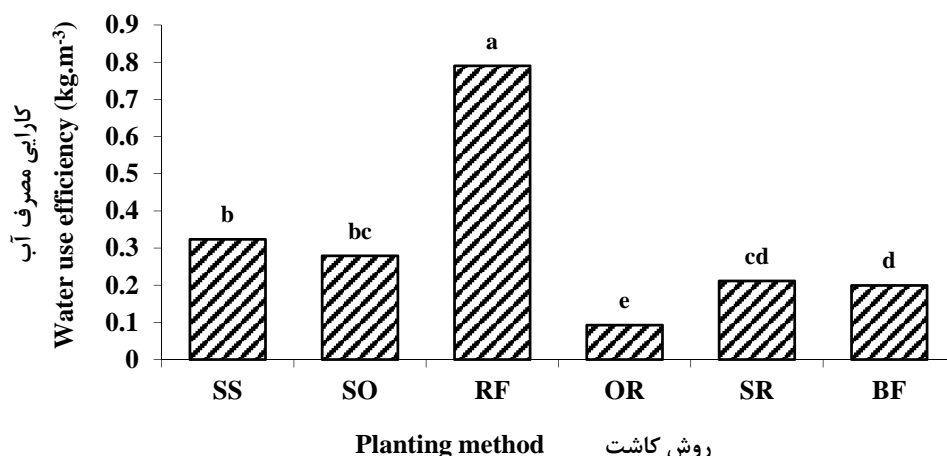
نتایج این آزمایش همچنین نشان داد که کارایی مصرف آب در روش سنتی و کپه‌ای تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (شکل ۳). به‌علاوه، روش کاشت کپه‌ای با خاک از نظر کارایی مصرف آب اختلاف معنی‌داری با روش کاشت در محل داغاب نشان نداد. از طرف دیگر، کارایی مصرف آب برای روش کاشت در محل داغاب نیز اختلاف معنی‌داری با روش کاشت در ته جوی نداشت.

همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده است کاشت روناس به روش خطی کارایی مصرف آب را نسبت به روش کاشت سنتی تقریباً به میزان ۲/۵ برابر افزایش داد. این افزایش در مقایسه با سایر روش‌های کاشت مورد بررسی از این مقدار بیشتر بود. در حقیقت، اگرچه در روش کاشت خطی در مجموع حجم آب بیشتری نسبت به هر یک از روش‌های کاشت جوی و پشته‌ای در طول دوره رشد مصرف شد، لیکن کارایی مصرف آب در روش‌های جوی و پشته‌ای به‌طور چشمگیری پایین‌تر از روش کاشت خطی بود (شکل ۳). از

نتایج تأثیر روش‌های مختلف کاشت بر روی عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ نشان داد که روش کاشت کرتی نسبت به روش کاشت جوی و پشته به‌طور معنی‌داری موجب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گردید (Pourqasemi and Zahedi, 2009). این نتایج با نتایج تحقیق حاضر که بیان می‌دارد روش کاشت خطی در مقایسه با روش کاشت جوی و پشته‌ای و روش سنتی به‌طور معنی‌داری موجب افزایش عملکرد تر و خشک ریشه می‌گردد، همخوانی دارد. بهادر خواه و کاظمینی (Bahadorkhah and Kazemini, 2014)، نیز گزارش کردند که در گلرنگ با تغییر روش کاشت از روی پشته که محل تجمع املاح است به درون جوی خسارت ناشی از شوری به میزان ۴/۷ درصد کاهش یافت. معدلک، در ذرت بالاترین عملکرد دانه از الگوی کاشت ته جوی و تبدیل جوی به پشته و کاشت دو ردیفه روی یک پشته به دست آمد. در این حالت آب آبیاری غیر شور بوده و بنابراین مشکل تجمع نمک روی پشته‌ها نمی‌تواند وجود داشته باشد (Afsharmanesh, 2014). این نتیجه با نتایج تحقیق حاضر که بیانگر کمتر بودن مقدار عملکرد در روش کاشت روی پشته‌هاست تفاوت داد. دلیل این امر شور بودن منابع آب‌و خاک مورد استفاده و تجمع نمک در روی پشته‌هاست که رشد و عملکرد روناس را به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر قرار داده است.

عملکرد بیشتر، بالاترین مقدار کارایی مصرف آب (۰/۷۹) کیلوگرم بر متر مکعب) در این روش به دست آمد.

طرف دیگر، نتایج این تحقیق نشان داد که اگرچه در روش کاشت خطی حجم آب بیشتری در مقایسه با روش‌های کشت جوی و پشته‌ای مورد مطالعه مصرف شد، لیکن به دلیل



شکل ۳. مقایسه کارایی مصرف آب (kg/m³) روناس برای هر یک از روش‌های مختلف کاشت (SS: کپه‌ای با ماسه بادی، SO: کپه‌ای با خاک، SR: کاشت در محل داغاب، OR: کاشت در بالای پشته، BF: کاشت در ته جوی، RF: کاشت خطی)

Fig. 3. Comparison of water use efficiency (kg/m³) of madders for different planting methods (SS: planting as a clump covering with sandstorm, SO: planting as a clump covering with soil, OR: planting over the ridge, SR: planting at beside slopes of a ridge, BF: planting at bottom of a furrow and planting as a row in a flat bed).

به نظر می‌رسد این افزایش قابل توجه در عملکرد بیش از آنکه به نوع روش کاشت مربوط باشد به تراکم کاشت وابسته است. در واقع، اگرچه میزان بذر مصرفی در تمام روش‌های کاشت مورد بررسی مشابه بود اما فاصله کاشت و به عبارتی تراکم بوته در همه موارد یکسان نبود به طوری که در روش کاشت خطی با فاصله خطوط ۲۰ سانتیمتر بیشترین تراکم کاشت را نسبت به سایر روش‌های کاشت مورد بررسی داشت. این عامل همراه با پایین بودن مقدار شوری خاک در روش کاشت اخیر موجب افزایش عملکرد ریشه گردید؛ بنابراین، در مجموع روش کاشت خطی با فاصله خطوط ۲۰ سانتیمتر به منظور تولید روناس در شرایط شور توصیه می‌شود. برتری این روش به خاطر حصول عملکرد ریشه بالاتر، کارایی مصرف آب بالا، سهولت کشت، سهولت انجام عملیات به زراعی، هزینه کمتر عملیات کشت نسبت به روش سنتی و روش کپه کاری با خاک، سهولت برداشت، پایین تر بودن شوری خاک است.

چراغی (Cheraghi, 2012) گزارش کرد که کارایی مصرف آب گندم در شرایط شور دشت آزادگان در روش‌های نواری (۰/۹۶ کیلوگرم بر متر مکعب) به میزان قابل توجهی بیشتر از روش مرسوم زارع (۰/۵۳ کیلوگرم بر متر مکعب) بود. در آزمایش دیگری رنجبر (Ranjbar, 2016) گزارش کرد که کارایی مصرف آب گندم با انتخاب برخی راهکارهای مدیریتی از جمله روش کشت مناسب می‌تواند از ۰/۵۱ کیلوگرم بر متر مکعب در شرایط کشت سنتی به ۰/۸۶ کیلوگرم بر متر مکعب افزایش یابد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد تر (۱۸/۵۲ کیلوگرم در متر مربع) و خشک (۴/۹۸ کیلوگرم در متر مربع) ریشه از روش کاشت خطی حاصل گردید. معذک،

منابع

- Abedi, M.J., Neyrizi, S., Ebrahimi Birang, N., Maherani, M., Mehrdadi, N., Khalei, H., Cheraghi, S.A.M. 2002. Use of Saline Water in Sustainable Agriculture: Working group Irrigation systems in the field. Iran National Irrigation and Drainage Committee Inc. thehran. Iran. 273p. [In Persian].
- Afsharmanesh, G.R. 2014. Effect of planting pattern on grain yield and agronomic traits of corn cultivars in Jiroft. Journal of Agronomy (Pajuhesh and Sazandegi). 102, 124-130. [In Persian with English Summary].
- Angelini, L.G., Pistelli, L., Belloni, P., Bertoli, A., Panconeri, S. 1997. *Rubia tinctorum* a source of natural dyes: Agronomic evaluation. Quantitative analysis of alizarin and industrial assays. Industrial Crops and Products. 6, 303-311.
- Ayers, R.S., Westcot, D.W. 1989. Water Quality for Agriculture. FAO. No. 29. 175p.
- Bahadorkhah, F., Kazemini, S.A. 2014. Effect of salinity and sowing method on yield, yield component and oil content of two cultivars of spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Iranian Journal of Field Crops Research. 12(2), 264-272. [In Persian with English Summary].
- Banakar, M.H., Khorsandi, F. 2012. Vegetative growth of *Robia tinctorum* as affected by salinity and planting method. Asian Journal of Experimental Biological Sciences. Vol. 3 (1). 203-208.
- Banakar, M.H. 2010. Salt tolerance evaluation of madders at germination and establishment stages with two planting methods. Final Report of Research Project. National Salinity Research Center. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO). Yazd. Register No: 89/565. [In Persian].
- Banakar, M.H., Ranjbar, G.H., Rahimian, M.H. 2013. Determination of salt tolerance threshold, slope of yield reduction and leaching requirement for madders under field conditions. Journal of Iran Water Research. 7 (12), 77-84. [In Persian with English Summary].
- Cheraghi, S.A.M. 2012. Water use efficiency improvement in saline region of lower part of Kharkheh river basin. National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO). Final Report no.1-007-300000-08-0000-8506. [In Persian with English Summary].
- Dashtekian, K., Bohrani, M.J. 2010. Salinity tolerance threshold of madder (*Rubia tinctorum* L.). 159-166. In: Cheraghi, S.A.M., Banakar, M.H., Mirabzadeh Ardakani, M., Salim, N. (ed.). Proceedings of the 1th National Workshop of Madders, May. 2010. National Salinity Research Center. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO). Yazd. [In Persian with English Summary].
- Karimi, K., Meskbarashi, M., Nebipour, M., Boroumandesabz, S. 2011. Investigation of quantitative and qualitative characteristics of two wheat cultivars under different conditions of planting and irrigation course. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production. 21(4), 95-104. [In Persian with English Summary].
- Khorsandi F., Banakar, M.H. 2011. Salt Tolerance of *Robia tinctorum* at Germination stage. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences. 11 (4), 547-550.
- Miranzadeh Ardakani, M. 1998. Madder, a desert gold. Journal of Water, Soil and Machin. 37, 42 [In Persian].
- Morrovati, Y. 1998. Effect of planting time, harvesting year and density on root yield in both seed and root sowing methods. Final Report of Research Project. Agricultural and Natural Resources of Research Center of Yazd Province. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO). Yazd. Register No: 4014. [In Persian].
- Pourqasemi, N., Zahedi, M. 2009. Effects of Planting Pattern and Level of Soil Moisture on Yield and Yield Components of Two Safflower Cultivars in Isfahan. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources. 13(47), 545-555. [In Persian with English Summary].
- Ranjbar, Gh. 2016. Effect of research findings on yield enhancement and improvement of water use efficiency of wheat in LKRB. National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO). Final Report no. 3-23-2353-92104. [In Persian].

- Ranjbar, G.H., Pirasteh-Anushe, H., Banakar, M.H., Miri, H.R. 2018. A review on halophytes researches in Iran: explanation of challenges and solutions. *Journal of Plant Ecophysiology*. 9: 117-129. [In Persian with English Summary].
- Sadri, M.H., Sanaii, H. 1993. Evaluating of soil and water constraints on madder yield. Iranian Research Organization for Science and Technology. Yazd. Technical Report. 13. 56p. [In Persian].
- Sepaskhah, A., Beyrouiti, Z. 2010. Effect of irrigation interval and water salinity on growth of madder (*Rubia tinctorum* L.). 47-68. In: Cheraghi, S.A.M., Banakar, M.H., Mirabzadeh Ardakani, M., Salim, N. (ed.). *Proceedings of the 1th National Workshop of Madders*, May. 2010. National Salinity Research Center. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO). Yazd. [In Persian].
- Tabatabaai, S.H., Kamali, K., Mirvakili, S.M. 1993. A comprehensive research plan for madders. Iranian Research Organization for Science and Technology. Yazd. Final Report. [In Persian].
- TaqiNejhad, J. 2015. Soybean planting two rows on a stack. Technical Report. Agricultural and Natural Resources of Research Center of Ardabil Province. Register No: 48073. [In Persian].
- Yazdandoust, M. 2015. Rapeseed cultivation and irrigation methods. Extension Report. Jihad-e-Agriculture. Hamadan Province. 1-22. [In Persian].