

## اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر صفات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد شاهدانه (*Cannabis sativa* L.)

### Effect of planting date and plant density on morphological traits, yield and yield components of *Cannabis sativa* L.

نسرین فرهمندراد<sup>۱</sup>، سید غلامرضا موسوی<sup>۲\*</sup>، محمد حسین صابری<sup>۳</sup>

۱. گروه زراعت، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران
۲. گروه زراعت، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران، (نگارنده مسئول)
۳. عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی، بیرجند، خراسان جنوبی، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۱۷ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۱۴ - شناسانه برنمود رقمی: 10.22092/aj.2019.115031.1180

#### چکیده

فرهمند راد، ن.، موسوی، س. غ.، صابری، م. ح.، اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر صفات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد شاهدانه (*Cannabis sativa* L.)

نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۲ - شماره ۰۱ - پایبند ۱۲۱ بهار ۹۸: ۴۹-۲۸

به منظور ارزیابی اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر صفات مورفولوژیکی و عملکردی شاهدانه، آزمایشی در سال ۱۳۹۲ در مرکز تحقیقات کشاورزی بیرجند به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. در این آزمایش سه تاریخ کاشت ۲۳ اردیبهشت، ۷ خرداد و ۲۲ خرداد ماه به عنوان عامل اصلی و سه تراکم ۲۲/۲۲، ۱۱/۱۱ و ۷/۴ بوته در متر مربع به عنوان عامل فرعی مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد همه صفات به طور معنی داری تحت تاثیر تاریخ کاشت و تراکم بوته قرار گرفتند. تاخیر در کاشت از ۲۳ اردیبهشت به ۲۲ خرداد قطر ساقه، تعداد انشعابات ساقه اصلی، ارتفاع بوته، تعداد دانه در بوته و واحد سطح، عملکردهای دانه و بیولوژیک در بوته و متر مربع و شاخص برداشت را به طور معنی داری و به ترتیب ۲۰/۳، ۲۲/۲، ۲۰/۳، ۴۹/۲، ۴۳/۲، ۵۳، ۳۶/۹، ۴۸، ۳۶/۹ و ۱۷/۶ درصد کاهش داد. همچنین نتایج نشان داد با کاهش تراکم از ۲۲/۲ به ۷/۴ بوته در متر مربع، تعداد دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در متر مربع به ترتیب به میزان ۱۳/۷ و ۱۹/۵ درصد کاهش و قطر ساقه، تعداد انشعابات ساقه اصلی، تعداد دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در بوته و وزن هزار دانه به ترتیب به میزان ۴۰/۷، ۲۲/۷، ۷۲/۷، ۱۱۲/۳، ۱۴۱/۴ و ۳۲ درصد به طور معنی داری افزایش یافت. به طور کلی بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۳۵۶/۶۰ گرم در متر مربع از تاریخ کاشت ۲۳ اردیبهشت و تراکم بوته ۲۲/۲ بوته در متر مربع بدست آمد و از اینرو به منظور رسیدن به عملکرد اقتصادی مطلوب در زراعت گیاه دارویی شاهدانه در منطقه بیرجند، کشت زود هنگام (ترجیحا دهه سوم اردیبهشت) و نسبتا متراکم (۲۲/۲ بوته در واحد سطح) آن را می توان توصیه کرد.

واژه های کلیدی: گیاه دارویی، زمان کاشت، تعداد بوته، شاخص برداشت، تعداد دانه، ارتفاع بوته

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: s\_reza1350@yahoo.com

## مقدمه

شاهدانه با نام علمی *Cannabis sativa* L. گیاهی علفی و یکساله از تیره شاهدانگان (*Cannabinaceae*) و تنها گونه از جنس *Cannabis* می باشد که در صنایع روغن کشی و نساجی مورد استفاده قرار می گیرد و دارای خواص دارویی متعددی می باشد. از دانه آن به عنوان نیروبخش، مسهل و ملین، نرم کننده، مدر و برای تهیه داروهای مسکن و ضد انگل استفاده می شود (Dadkhah, 2010).

رشد و نمو گیاهان متأثر از عوامل ژنتیکی و محیطی بوده و حداکثر عملکرد، تنها زمانی حاصل می شود که ترکیب مناسبی از عوامل محیطی برای گیاه فراهم شود. تاریخ کاشت مناسب می تواند نقش به سزایی در بهبود عملکرد گیاهان دارویی در واحد سطح داشته باشد و تغییر در تاریخ کاشت گیاه می تواند از طریق تاثیر شرایط محیطی بر مراحل رشد گیاه و میزان رشد رویشی و زایشی و در نهایت بر عملکرد موثر باشد. تاریخ کاشت از طریق انطباق مراحل رشد و نمو گیاه با وضعیت خاک و هوا، طول روز، بارندگی و سایر عوامل محیطی بر استقرار و کمیت و کیفیت عملکرد گیاه تاثیر می گذارد و یکی از مهمترین عوامل موثر بر خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و عملکرد گیاهان می باشد (Seghatoleslami & Ahmadi Bonkdar, 2010).

باقرپور و همکاران (Bagherpour et al., 2015) در بررسی سه تاریخ کاشت ۱۰، ۲۰ و ۳۰ اردیبهشت گزارش کردند که بیشترین عملکرد دانه شاهدانه از تاریخ کاشت ۱۰ اردیبهشت

بدست آمد و با تاخیر ۲۰ روزه در کاشت از ۱۰ به ۳۰ اردیبهشت، وزن هزار دانه و عملکرد دانه به طور معنی دار و به ترتیب ۱۴/۷ و ۴۶/۴ درصد کاهش یافت. در بررسی ۵ تاریخ کاشت مختلف دریافتند که بیشترین ارتفاع بوته شاهدانه از تاریخ کاشت ۲۵ نوامبر بدست آمد (Hall et al., 2013). در بررسی تاثیر تاریخ های کاشت ۱۵ فروردین، ۳۰ فروردین و ۱۵ اردیبهشت بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی سیاهدانه گزارش شد که تاریخ کاشت اول با میانگین عملکرد دانه ۱۵۲۹ کیلوگرم در هکتار بیشترین و تاریخ کاشت سوم با میانگین ۱۲۳۶ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد (Tabed & Behzadi, 2015). صفایی و همکاران (Safaei et al., 2017) گزارش کردند که با تاخیر در کاشت ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته و عملکرد دانه سیاهدانه به طور معنی داری کاهش می یابد.

تراکم مناسب کاشت از جمله عوامل به زراعی مهم دیگری است که در نتیجه آن تمامی عوامل محیطی (آب، هوا، نور و خاک) مورد استفاده کامل قرار گرفته و در عین حال رقابت های درون و برون بوته ای به حداقل می رسد (Rezvanimoghadam & Ahmadzade, 2007). اگر فاصله کشت گیاهان بیش از حد معمول باشد، مسلماً تعداد بوته در واحد سطح کاهش یافته و عملکرد با نقصان مواجه خواهد شد. همچنین اگر فاصله کاشت خیلی کم بوده و تراکم کاشت بالا باشد، رقابت درون گونه ای پیش می آید و این امر نیز می تواند موجب کاهش عملکرد شود

(Rezvanbidokhti *et al.*, 2012) نیز در بررسی تاثیر تراکم های ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ بوته در متر مربع در سیاهدانه گزارش کردند که تراکم اثر معنی داری بر عملکرد دانه داشت و تراکم های ۱۵۰ و ۲۰۰ بوته در متر مربع برای کشت این گیاه در دامغان مناسب می باشد. طبق مطالعات موسی زاده و برادران (Mosazadeh & Baradaran, 2011) با افزایش تراکم بوته، عملکرد دانه سیاهدانه افزایش یافت. بر این اساس هدف از انجام این تحقیق، دستیابی به مناسب ترین تاریخ کاشت و نیز تراکم بهینه در زراعت گیاه دارویی - زراعی شاهدانه در منطقه اکولوژیک بیرجند است.

#### مواد و روش ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی ایستگاه تحقیقات کشاورزی محمدیه واقع در ۱۸ کیلومتری جاده بیرجند- کرمان با عرض جغرافیایی ۵۲' و ۳۲" و طول جغرافیایی ۵۹' و ۵۸"، ارتفاع ۱۳۸۱ متر از سطح دریا و میانگین بارندگی سالیانه حدود ۱۴۷ میلیمتر اجرا گردید. شرایط دمایی و مجموع ساعات آفتابی ماههای مختلف طی دوره رشد گیاه در جدول ۱ و نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه نیز در جدول ۲ آمده است.

(HashemAbady & Sedaghat, 2007).

هال و همکاران (Hall *et al.*, 2014) گزارش کردند که با افزایش تراکم بوته در شاهدانه قطر ساقه به طور معنی داری کاهش یافت. در تحقیق دیگری محققین گزارش کردند که در تراکم های ۱۲۴ تا ۳۴۶ بوته شاهدانه در هکتار، عملکرد دانه در دامنه ۸۰۴ تا ۹۳۴ کیلوگرم در هکتار تغییر کرد و یک رابطه خطی مثبت بین افزایش عملکرد و تراکم بوته بدست آمد (Townshend & Boleyn, 2014). همچنین گزارش شد که بیشترین عملکرد دانه در شاهدانه با کاربرد مقادیر ۱۰ تا ۲۰ کیلوگرم بذر در هکتار حاصل می گردد و افزایش مصرف بذر و تراکم بوته، منجر به کاهش عملکرد می شود (Burczy *et al.*, 2009). گارسیا تاجرو و همکاران (Garcia-Tejero *et al.*, 2014) با بررسی تراکم های ۱۰، ۲۰ و ۴۰ بوته شاهدانه در جنوب غربی اسپانیا نتیجه گیری کردند که تراکم های ۲۰ و ۴۰ بوته در متر مربع بهترین عملکرد را به خود اختصاص دادند. اصغری پور و همکاران (Asgharipour *et al.*, 2006) در بررسی اثر تراکم های مختلف شاهدانه در دو منطقه شیروان و مشهد گزارش کردند که سرعت توسعه کانوپی و عملکرد بیولوژیک این گیاه در هر دو منطقه با افزایش تراکم گیاهی به طور معنی داری افزایش یافت. محققین گزارش کردند که با افزایش تراکم بوته و کاهش فاصله ردیف کاشت از ۴۰ به ۷۰ سانتیمتر در سیاهدانه عملکرد دانه به طور معنی داری و به میزان ۹۳/۲ درصد افزایش پیدا کرد (Bahraminejad & Papzan, 2006). رضوان بیدختی و همکاران

جدول ۱- میانگین شاخص های آب و هوایی شهرستان بیرجند از اردیبهشت تا آبان سال ۱۳۹۲

Table 1. Average of climatic parameters from April to November in Birjand city in the year of 2013

ماه	میانگین کمینه دما (°C)	میانگین بیشینه دما (°C)	میانگین ماهانه دما (°C)	مجموع ساعات آفتابی
Month	Average of minimum temperature (°C)	Average of maximum temperature (°C)	Average of monthly temperature (°C)	Total sum of sunny hours
اردیبهشت	7.6	29	18.3	269.9
April-May				
خرداد	13.3	34	23.6	324.2
May-June				
تیر	17.6	35.6	26.6	366.1
June-July				
مرداد	18.65	36.58	27.6	356.9
July-August				
شهریور	17.72	33.29	25.5	343.9
August-September				
مهر	13.99	30.11	22	278.2
September- October				
آبان	11.75	19.31	15.5	277.2
October-November				

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق ۰-۳۰ سانتی متری

Table 2. Physicochemical properties of the soil at the experimental location (0-30 cm)

منگنز	آهن	روی	پتاسیم	فسفر	کربنات کلسیم	نیتروژن	ماده آلی	هدایت الکتریکی	اسیدیته	بافت خاک
(میلی گرم در کیلوگرم)			(پی پی ام)			(درصد)	(میلی زیمنس بر سانتی متر)		pH	Soil texture
Mn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	K (ppm)	P (ppm)	CaCO <sub>3</sub> (%)	N (%)	OC (%)	Ec (ms/cm)		
3.81	5.72	0.69	231	6.07	16.9	0.035	0.18	2.23	8.28	لوم Loam

در خاک مخلوط گردید. بذور در تاریخ های کاشت تعیین شده به صورت دستی در عمق ۲-۳ سانتی متر خاک کاشت شد و بلافاصله آبیاری انجام گرفت. سپس در مرحله چهارم برگی، بوته ها تنک و تراکم های مورد نظر در مزرعه اعمال گردید. طی فصل رشد مبارزه با علف های هرز به صورت وجین دستی در سه نوبت انجام

مزرعه آزمایشی در سال قبل آیش بود. پس از زدن شخم بر اساس نتایج تجزیه خاک، کود مورد نیاز شامل ۱۰ تن در هکتار کود پوسیده دامی از نوع گاوی، همچنین سولفات روی، سولفات پتاسیم و سولفات منگنز به ترتیب به میزان ۵۰، ۱۵۰ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت در مزرعه پاشیده شد و با دیسک عمیق

گرفت. آبیاری از زمان کاشت تا زمان سبز شدن و استقرار گیاهچه، هر چهار روز و پس از آن دور آبیاری به ده روز تغییر کرد. کود اوره به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در دو نوبت به صورت سرک (۱/۲) در مرحله رشد رویشی و (۱/۲ در زمان شروع گلدهی) در مزرعه پخش گردید.

برای تعیین صفات مورفولوژیکی با رعایت اثر حاشیه ای تعداد ۶ بوته ماده از قسمت میانی هر کرت آزمایشی به طور تصادفی انتخاب شده و ارتفاع بوته به وسیله متر، قطر ساقه (بین گره دوم و سوم) توسط کولیس و تعداد انشعابات ساقه اصلی در اواخر دوره رشد اندازه گیری و یادداشت گردید. همچنین صفات عملکردی شامل عملکرد دانه و بیوماس تک بوته، تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در متر مربع، وزن هزار دانه، عملکرد های دانه و بیولوژیک در واحد سطح و شاخص برداشت اندازه گیری و ثبت گردید. به این منظور ۵۰ سانتی متر از ابتدا و ۵۰ سانتی متر از انتهای ردیف های دوم و سوم کاشت و تمام ردیف اول و چهارم به عنوان اثر حاشیه ای در نظر گرفته شد و بوته های بقیه کرت برداشت گردید. بوته های برداشت شده شمارش گردید. سپس بوته ها در پاکت های کاغذی بسته بندی و به مدت ۷۲ ساعت در درجه حرارت ۷۰ درجه سانتی گراد در آون قرار گرفت. پس از خارج کردن بوته ها از محیط آون، به منظور تعیین عملکرد بیولوژیک وزن آنها با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه گیری گردید. پس از بوجاری بذرها عملکرد در واحد سطح بدست آمد. تعداد دانه در بوته و تعداد دانه در متر مربع

از تقسیم تعداد کل دانه های بوجاری شده و شمارش شده با دستگاه بذرشمار به ترتیب بر تعداد بوته برداشت شده و سطح برداشت شده هر کرت آزمایشی محاسبه شد. برای تعیین وزن هزار دانه ابتدا از توده بذرها بوجاری شده هر کرت به طور تصادفی تعداد ۱۰۰۰ بذر به وسیله دستگاه بذرشمار، شمارش و سپس توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شد. شاخص برداشت دانه از فرمول زیر محاسبه گردید:

عملکرد بیولوژیک = عملکرد اقتصادی = شاخص برداشت عملکرد دانه و بیوماس تک بوته نیز به ترتیب از تقسیم عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در واحد سطح بر تعداد بوته در واحد سطح بدست آمد.

با توجه به این که اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر تعداد بوته های نر و ماده در این تحقیق معنی دار نشد، بنابراین تعداد بوته های ماده و عملکرد دانه در هر کرت از طریق تجزیه کواریانس تصحیح و بدست آمد (Yazdi Samadi *et al.*, 2013). تجزیه واریانس داده ها با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین ها به روش آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۰۵ انجام گرفت و نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel رسم گردید.

## نتایج و بحث

### صفات مورفولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر تاریخ کاشت بر ارتفاع بوته، تعداد انشعابات ساقه اصلی و قطر ساقه در سطح ۵٪ معنی دار بود. تراکم بوته نیز بر تمامی صفات مورفولوژیکی مذکور معنی دار شد و اثر متقابل تاریخ کاشت و تراکم بوته تنها ارتفاع بوته را تحت تاثیر قرار داد (جدول ۳).

مقایسه میانگین ها حاکی از آن است که با تاخیر در کاشت از تاریخ ۲۳ اردیبهشت به ۲۲ خرداد ماه، صفات ارتفاع بوته، تعداد انشعابات ساقه اصلی و قطر ساقه به ترتیب ۲۰/۳، ۲۲/۲

و ۲۰/۲ درصد کاهش یافت (جدول ۴). به نظر می رسد تأخیر در کاشت باعث تسریع در رفتن گیاه به فاز زایشی شده و به ویژه در تاریخ کاشت ۲۲ خرداد، گیاه فرصت لازم برای فتوسنتز و اختصاص مواد فتوسنتزی کافی به بخش های رویشی را نداشته است و صفات مورفولوژیکی ارتفاع بوته، قطر ساقه و تعداد انشعابات ساقه اصلی به طور معنی داری کاهش یافته است. نتیجه بدست آمده با نتایج طبیعی و برادران (Tabiei & Baradaran, 2014) در عدس الملک (*Securiger securidaca* L.) و رهنما (Rahnema, 2013) در کلزا (*Brassica napus* L.) همچنین کشت

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک شاهدانه تحت تاثیر تاریخ کاشت و تراکم بوته

Table 3. Results of analysis of variance for morphological traits of cannabis as affected

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares		
		ارتفاع بوته Plant height	تعداد انشعابات ساقه اصلی Branch number per main stem	قطر ساقه Stem diameter
تکرار Replication	2	174.92 <sup>ns</sup>	0.97 <sup>ns</sup>	0.033 <sup>ns</sup>
تاریخ کاشت (A) Planting date (A)	2	1924.93*	96.36*	0.139*
خطای a Erro a	4	133.25	6.85	0.009
تراکم بوته (B) Plant density (B)	2	101.65*	122.78**	0.0108**
A × B	4	141.59**	11.90 <sup>ns</sup>	0.012 <sup>ns</sup>
خطای b Error b	12	26.28	4.36	0.008
ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%)	-	7.9	9.69	8.80

ns، \* و \*\* به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد

ns, \* and \*\* show non-significance, significance at 5 and 1% probability levels, respective

این آزمایش نشان داد که ارتفاع بوته در هر سه تاریخ کاشت با افزایش تراکم از ۷/۴ به ۲۲/۲ بوته در متر مربع به طور معنی داری افزایش یافت. تیمارهای تاریخ کاشت ۲۳ اردیبهشت و تراکم ۲۲/۲ بوته در مترمربع با میانگین ۱۴۵/۴ سانتی متر، بیشترین و تاریخ کاشت ۲۲ خرداد و تراکم ۷/۴ بوته در متر مربع با میانگین ۸۷/۶ سانتی متر، کمترین ارتفاع بوته را به خود اختصاص داد (شکل ۱).

تاخیری، کاهش ارتفاع بوته و تعداد شاخه های جانبی در بوته در کاسنی (Zarei *et al.*, 2014)؛ (Foaadedini *et al.*, 2015)، کاهش قطر ساقه در ارزن (Azari Nasrabad & Mirzaei, 2012) و کاهش ارتفاع بوته در سویا (Akter *et al.*, 2016) را موجب شده است. همچنین در بررسی باقرپور و همکاران (Bagherpour *et al.*, 2015) بیشترین ارتفاع بوته از تاریخ کاشت ۲۰ اردیبهشت با میانگین ۱۸۵ سانتی متر بدست آمد که از برتری معنی دار ۱۳/۴ درصدی نسبت به تاریخ کاشت ۳۰ اردیبهشت برخوردار بود.

افزایش تراکم بوته در واحد سطح، ارتفاع بوته های شاهدانه را افزایش داد و با افزایش تراکم از ۷/۴ به ۲۲/۲ بوته در متر مربع ارتفاع بوته ۴/۷ درصد افزایش یافت (جدول ۴). نتایج

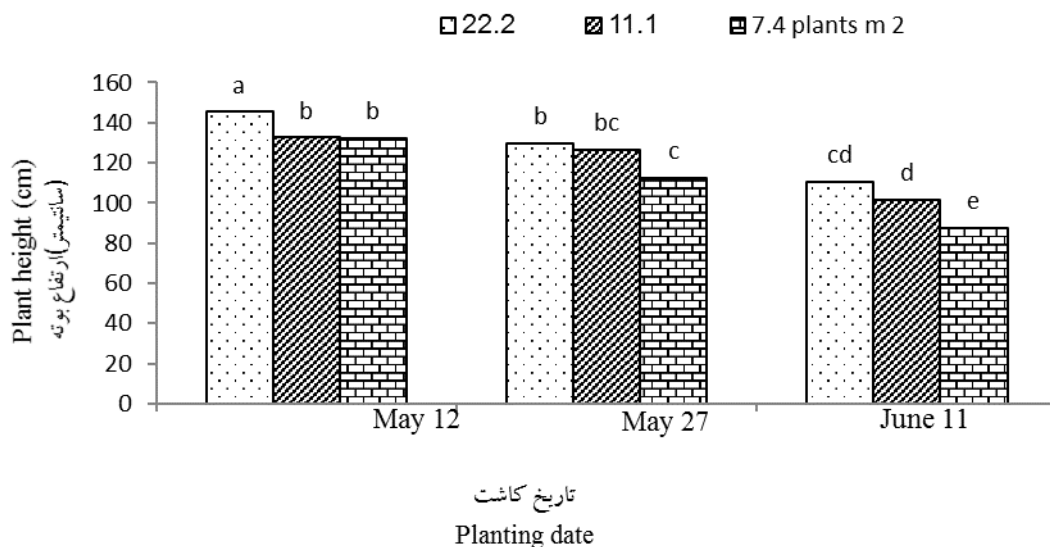
جدول ۴- مقایسه میانگین های اثرات ساده تاریخ کاشت و تراکم بوته بر صفات مورفولوژیک شاهدانه

Table 4. Means comparison for simple effects of planting date and plant density on morphological traits of cannabis

Treatment	ارتفاع بوته (سانتیمتر) Stem diameter (cm)	تعداد انشعابات ساقه اصلی Branch number per main stem	قطر ساقه (سانتیمتر) Plant height(cm)
تاریخ کاشت Planting date			
23 اردیبهشت			
May 12 7 خرداد	144.33 <sup>a</sup>	25.31 <sup>a</sup>	1.19 <sup>a</sup>
May 27 22 خرداد	129.75 <sup>ab</sup>	19.60 <sup>b</sup>	1.14 <sup>a</sup>
June 11	114.98 <sup>b</sup>	19.68 <sup>b</sup>	0.95 <sup>b</sup>
تراکم (بوته در متر مربع) Density (plant m <sup>-2</sup> )			
22.2	131.95 <sup>a</sup>	17.37 <sup>b</sup>	0.97 <sup>b</sup>
11.1	131.22 <sup>a</sup>	22.77 <sup>a</sup>	1.11 <sup>a</sup>
7.4	125.80 <sup>b</sup>	24.44 <sup>a</sup>	1.19 <sup>a</sup>

میانگین های دارای حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد فاقد تفاوت آماری معنی دار می باشند

Means followed by similar letter are not significantly different by Duncan's test at 5% probability level



شکل ۱- اثر متقابل تاریخ کاشت و تراکم بوته بر ارتفاع بوته شاهدانه

Fig. 1. Interaction effect of planting date and plant density on the height of the *Sibbanga* plants.

باشد. همچنین کمبود نور در جامعه گیاهی سبب افزایش غلظت هورمون اکسین در میانگره های پایین ساقه به علت عدم تجزیه نوری اکسین شده و در نتیجه رشد طولی گیاه افزایش می یابد (Ghanbari & Taheri Mazandarani, 2003). در بررسی تاثیر تاریخ کاشت و تراکم بوته در عدس، افزایش معنی دار ارتفاع بوته با افزایش تراکم از ۱۸ به ۷۲ بوته در متر مربع گزارش شد (Delarami & Moosavi, 2016). احتمالاً افزایش ارتفاع بوته های شاهدانه در تاریخ کاشت زودتر و تراکم بیشتر (شکل ۱) می تواند به وجود فرصت کافی برای رشد رویشی گیاه در تاریخ کاشت زود هنگام و همچنین کمبود نور در لایه های کانوپی و رقابت بوته ها با یکدیگر برای دریافت نور و عدم تجزیه نوری اکسین در تراکم بالاتر مربوط باشد.

در سیاهدانه (Motlagh, 2007) نیز (Rezvanimoghadam & Ahmadzade

نتایج مقایسه میانگین ها نشان داد که با کاهش تراکم بوته، قطر ساقه روندی افزایشی داشت، با این وجود هر دو تراکم ۷/۴ و ۱۱/۱ بوته در متر مربع در گروه آماری برتر قرار گرفتند که از برتری معنی دار به ترتیب ۲۲/۷ و ۱۴/۴ درصدی نسبت به تراکم ۲۲/۲ بوته در متر مربع برخوردار بودند (جدول ۴). همچنین مقایسه میانگین ها نشان داد که با افزایش تراکم بوته از تعداد انشعابات ساقه اصلی شاهدانه کاسته شد، به طوری که با افزایش تراکم از ۷/۴ به ۲۲/۲ بوته در متر مربع، تعداد انشعابات ساقه اصلی ۲۸/۹ درصد و به طور معنی داری کاهش یافت. با این وجود تغییر تراکم از ۷/۴ به ۱۱/۱ بوته در متر مربع تفاوت معنی داری را در صفت مذکور باعث نشد (جدول ۴).

افزایش ارتفاع بوته در تراکم های بالا می تواند به دلیل کمبود نور در سایه انداز گیاهی و رقابت شدید گیاهان جهت کسب نور بیشتر



و خارمریم (Dadkhah *et al.*, 2009) نیز بیانگر تاثیر منفی افزایش تراکم بوته بر قدرت شاخه زایی گیاه می باشد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

### اجزای عملکرد

اثر تاریخ کاشت بر صفات تعداد دانه در بوته و تعداد دانه در مترمربع در سطح ۱٪ و بر صفت وزن هزار دانه در سطح ۵٪ معنی دار شد. تغییر در تراکم بوته در واحد سطح تمامی اجزای عملکرد را به طور معنی داری در سطح ۱٪ تحت تاثیر قرار داد، اما اثر متقابل تاریخ کاشت و تراکم بوته تنها تعداد دانه در متر مربع را به طور معنی داری تحت تاثیر قرار داد (جدول ۵). مقایسه میانگین ها نشان داد که با تأخیر ۳۰ روزه کاشت از ۲۳ اردیبهشت به ۲۲ خرداد تعداد دانه در بوته و تعداد دانه در متر مربع به ترتیب ۴۹/۲ و ۴۳/۲ درصد کاهش یافت (جدول ۶). همچنین مقایسه میانگین ها نشان داد که تاریخ کاشت دوم (۷ خرداد ماه) با وزن هزار دانه ۱۰/۳۶ گرم از برتری معنی دار ۲۴/۸ و ۲۲ درصدی به ترتیب نسبت به تاریخ های کاشت اول و سوم برخوردار بود (جدول ۶).

به نظر می رسد تاخیر ۳۰ روزه در کاشت از ۲۳ اردیبهشت به ۲۲ خرداد از طریق کوتاه کردن دوره رشد رویشی (به علت دماهای بالا در این مرحله) و کاهش پتانسیل فتوسنتزی گیاه باعث شد تا ارتفاع بوته و تعداد شاخه های زایشی در بوته و در واحد سطح کاهش یافته و در نتیجه تعداد دانه در بوته و در واحد سطح به طور معنی داری کاهش یابد. همچنین می توان گفت با تأخیر در کاشت، میانگین دمای

نتایج مشابهی گزارش شده است، به طوری که بیشترین ارتفاع بوته سیاهدانه از تراکم حداکثر (۳۵۰ بوته در متر مربع) و تاریخ کاشت ۲۵ فروردین بدست آمد. این محققین اظهار داشتند که با تاخیر در کاشت از ۲۵ فروردین به ۱۰ و ۲۵ اردیبهشت ارتفاع بوته به علت برخورد گیاه با شرایط نامساعد محیطی و کوتاه شدن دوره رشد کاهش می یابد و از طرفی افزایش تراکم به علت کاهش نفوذ نور به داخل کانوپی، افزایش غلظت اکسین و در نتیجه افزایش فاصله میانگره ها باعث افزایش ارتفاع بوته می گردد.

به نظر می رسد علت افزایش معنی دار قطر ساقه در تراکم های کمتر نیز رقابت کمتر بوته ها برای دریافت آب و مواد غذایی از خاک و جذب بیشتر نور خورشید و در نتیجه توان فتوسنتزی بیشتر هر بوته و اختصاص مواد بیشتر به ساقه ها باشد. محققین در شاهدانه کاهش قطر ساقه در اثر افزایش تراکم بوته در واحد سطح را گزارش کردند (Townshend & Boleyn, 2014) که نتایج این تحقیق را تایید می کند. این محققین با بررسی تراکم های ۱۵۰ تا ۲۵۰ بوته در متر مربع با هدف تولید الیاف در شاهدانه نتیجه گیری کردند که افزایش تراکم بوته به علت کاهش دسترسی بوته به منابع و کاهش توان فتوسنتزی آن، منجر به کاهش شدید قطر ساقه این گیاه می گردد. همچنین به نظر می رسد با افزایش سه برابری تراکم بوته در واحد سطح در اثر رقابت بین بوته ای زیاد و کاهش توان فتوسنتزی و فضای لازم برای رشد هر بوته، تعداد شاخه فرعی کاهش می یابد. یافته های محققین در کاسنی (Zarei *et al.*, 2014)

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد مشاهده تحت تاثیر تاریخ کاشت و تراکم بوته  
 Table 5. Results of analysis of variance for yield and yield components of cannabis as affected by planting date and plant density

منابع تغییرات	df	میانگین مربعات											
		تعداد دانه	تعداد دانه	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیکی	شاخص برداشت	عملکرد دانه تک بوته	بیوماس تک بوته	Seed number per 1000-seed plant	Seed number per m <sup>2</sup>	Seed yield of single plant	Biological yield of single plant
تکرار	2	1866143.49*	2194929.259 <sup>ns</sup>	0.75 <sup>ns</sup>	295.23 <sup>ns</sup>	5107.20 <sup>ns</sup>	33.8 <sup>ns</sup>	41.00 <sup>ns</sup>	1469.44 <sup>ns</sup>				
Replication	2	1866143.49*	2194929.259 <sup>ns</sup>	0.75 <sup>ns</sup>	295.23 <sup>ns</sup>	5107.20 <sup>ns</sup>	33.8 <sup>ns</sup>	41.00 <sup>ns</sup>	1469.44 <sup>ns</sup>				
تاریخ کاشت (A)	2	22470573.44**	639039414.5**	10.95*	58770.2**	357532.0**	170.7*	1886.57**	10955.5**				
Planting date (A)	2	22470573.44**	639039414.5**	10.95*	58770.2**	357532.0**	170.7*	1886.57**	10955.5**				
خطای	4	267071.96	22650380.31	1.18	1632.21	8684.68	16.49	32.500	404.5				
Error a	4	267071.96	22650380.31	1.18	1632.21	8684.68	16.49	32.500	404.5				
تراکم بوته (B)	2	14901686.49**	505228875.3**	14.12**	3164.45*	88707.26**	35.23*	1894.03**	14848.59**				
Plant density (B)	2	14901686.49**	505228875.3**	14.12**	3164.45*	88707.26**	35.23*	1894.03**	14848.59**				
A × B	4	1127205.18 <sup>ns</sup>	24212678.85*	0.69 <sup>ns</sup>	2662.23*	1161.34 <sup>ns</sup>	16.26 <sup>ns</sup>	143.52 <sup>ns</sup>	843.73 <sup>ns</sup>				
خطای	12	1001142.12	25209553.85	0.34	661.45	337.68	9.48	52.25	569.47				
Error b	12	1001142.12	25209553.85	0.34	661.45	337.68	9.48	52.25	569.47				
ضریب تغییرات (درصد)	-	20.69	16.61	6.47	10.15	11.71	9.60	17.96	19.20				
C.V. (%)	-	20.69	16.61	6.47	10.15	11.71	9.60	17.96	19.20				

ns \* و \*\* به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد

ns, \* and \*\* show non-significance, significance at 5 and 1% probability levels, respectively

جدول ۶- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد تحت تاثیر اثرات ساده تاخیر کاشت و تراکم بوته در شاهانه

Table 6. Means comparison for simple effects of yield and yield components of cannabis as affected by planting date and plant density

تیمار	تعداد	تعداد	وزن	عملکرد	عملکرد	شاخص برداشت	عملکرد دانه	بیوماس
	دانه	دانه	هزار دانه	دانه	بیولوژیک	(درصد)	تک بوته	تک بوته
	در متر مربع	در بوته	(گرم)	(گرم در متر مربع)	(گرم در متر مربع)		(گرم)	(گرم)
Treatment	Seed number per plant	Seed number per m <sup>2</sup>	1000-seed weight (g)	Seed yield (g m <sup>-2</sup> )	Biological yield (g m <sup>-2</sup> )	Harvest index (%)	Seed yield of single plant (g)	Biological yield of single plant (g)
<b>تاریخ کاشت</b>								
<b>Planting date</b>								
23 اردیبهشت								
May 12	36236.54 <sup>a</sup>	5662.69 <sup>a</sup>	8.30 <sup>b</sup>	308.98 <sup>a</sup>	925 <sup>a</sup>	33.40 <sup>a</sup>	50.28 <sup>a</sup>	68.21 <sup>a</sup>
7 خرداد								
May 27	33834.47 <sup>a</sup>	5512.543 <sup>a</sup>	10.36 <sup>a</sup>	290.31 <sup>a</sup>	875.46 <sup>a</sup>	33.16 <sup>a</sup>	45.74 <sup>a</sup>	64.56 <sup>a</sup>
22 خرداد								
June 11	20589.55 <sup>b</sup>	3028.66 <sup>b</sup>	8.49 <sup>b</sup>	160.62 <sup>b</sup>	583.61 <sup>b</sup>	27.52 <sup>b</sup>	23.65 <sup>c</sup>	43.04 <sup>b</sup>
22.2	38627.54 <sup>a</sup>	3538.79 <sup>c</sup>	7.83 <sup>c</sup>	270.15 <sup>a</sup>	845.05 <sup>a</sup>	30.69 <sup>b</sup>	25.76 <sup>c</sup>	38.07 <sup>c</sup>
11.1	27783.95 <sup>b</sup>	4852.87 <sup>b</sup>	9.08 <sup>b</sup>	256.65 <sup>ab</sup>	820.58 <sup>a</sup>	31.30 <sup>b</sup>	40.22 <sup>b</sup>	74.54 <sup>b</sup>
7.4	24249.07 <sup>b</sup>	6112.11 <sup>a</sup>	10.34 <sup>a</sup>	233.10 <sup>b</sup>	680.31 <sup>b</sup>	34.26 <sup>a</sup>	54.57 <sup>a</sup>	91.89 <sup>a</sup>

میانگین های دارای حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد فاقد تفاوت آماری معنی دار میباشند

Means followed by similar letter are not significantly different by Duncan's test at 5% probability leve

اسفند، ۲۹ اسفند، ۲۰ فروردین و ۹ اردیبهشت از روند غیر منظمی پیروی کرد، به طوری که با تاخیر در کاشت ابتدا به طور معنی داری کاهش و سپس افزایش یافت. کاهش معنی دار وزن هزار دانه در تاریخ کاشت سوم نسبت به تاریخ کاشت دوم را نیز می توان به کاهش توان فتوسنتزی شاهدانه به علت سرد شدن هوا و کوتاه شدن روزها در طی دوره فتوسنتز جاری گیاه و نیز کاهش سرعت انتقال مواد فتوسنتزی به دانه ها مربوط دانست. به عبارتی هر چند در این تاریخ کاشت تعداد مخازن فیزیولوژیکی (دانه) در واحد سطح کاهش معنی داری یافته است و انتظار می رود که وزن هزار دانه تا حدی افزایش یابد، اما کاهش مقدار و سرعت انتقال مواد فتوسنتزی به علت سرد شدن هوا در مرحله پر شدن دانه ها از یک سو و محدودیت منبع از سوی دیگر کاهش وزن هزار دانه در تاریخ کاشت سوم را به دنبال داشته است.

نتایج بیانگر این واقعیت است که تعداد دانه در متر مربع با افزایش تراکم بوته روند افزایشی داشته است، به طوری که تراکم ۲۲/۲ بوته در متر مربع با میانگین ۳۸۶۲۷/۵ دانه در متر مربع در گروه آماری برتر نسبت به دو تراکم دیگر قرار گرفت (جدول ۵). مقایسه میانگین ها حاکی از آن است که با افزایش تراکم از ۷/۴ به ۲۲/۲ بوته در متر مربع، تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه به ترتیب از کاهش معنی داری به میزان ۴۲/۱ و ۲۴/۳ درصد برخوردار بودند (جدول ۶). در خصوص تاثیر تراکم بوته در واحد سطح بر تولید دانه در بوته شاهدانه می توان گفت که در تراکم های زیاد به علت افزایش رقابت

محیط در طول دوره گلدهی افزایش یافته و این موضوع باعث کاهش طول دوره گلدهی و احتمالاً افزایش عقیم شدن گل ها شده و در نتیجه کاهش تعداد دانه در بوته و واحد سطح می گردد. این درحالی است که در تاریخ های کاشت اول و دوم به علت وجود شرایط دمایی مناسب تر و فرصت کافی، تعداد شاخه های فرعی و ارتفاع بوته بیشتر بوده و در نتیجه گیاه با داشتن سطح برگ بیشتر (منبع قوی تر) و اختصاص مواد فتوسنتزی بیشتر به اندام های زایشی، شرایط مناسبی را برای افزایش واحد های زایشی و به دنبال آن افزایش تعداد دانه در بوته و واحد سطح فراهم آورده است. کاهش تعداد دانه در بوته و در واحد سطح با تاخیر کاشت در خلر (Tomaj *et al.*, 2012) و شاهدانه (Niroomand Bagherpour *et al.*, 2015) و گشنیز (Lootfalizadeh *et al.*, 2011) نیز گزارش شده است.

همچنین می توان گفت از آنجا که تعداد دانه در بوته و متر مربع در تاریخ کاشت ۷ خرداد نسبت به تاریخ کاشت ۲۳ اردیبهشت کاهش یافته است و به عبارتی تعداد مخازن فیزیولوژیک کاهش یافته است و احتمالاً گیاهان کاشته شده در ۷ خرداد در مرحله پر شدن دانه در شرایط دمایی مناسب تری بوده اند، مواد فتوسنتزی بیشتری در این تاریخ کاشت در اختیار هر دانه قرار گرفته و در نتیجه وزن هزار دانه افزایش یافته است (جدول ۶). بررسی های ثقه الاسلامی و احمدی بنکدار (Seghatoleslami & Ahmadi, 2010) نیز نشان داد که تغییرات وزن هزار دانه در شنبلله در تاریخ های کاشت ۹

شده است. هال و همکاران (Hall et al., 2014) نیز گزارش کردند که افزایش تراکم بوته در شاهدانه منجر به کاهش معنی دار تعداد دانه در بوته می گردد که نتایج تحقیق حاضر را تأیید می کند.

بیشترین و کمترین تعداد دانه در واحد سطح با میانگین های ۴۶۱۱۵ و ۱۷۵۰۵ به ترتیب از تاریخ کاشت ۲۳ اردیبهشت با تراکم ۲۲/۲ بوته در متر مربع و تاریخ کاشت ۲۲ خرداد با تراکم ۷/۴ بوته در متر مربع حاصل گردید (شکل ۲). بین تراکم های ۷/۴، ۱۱/۱ و ۲۲/۲ بوته در متر مربع در تاریخ کاشت ۲۲ خرداد و نیز بین تراکم های ۷/۴ و ۱۱/۱ بوته در متر مربع در تاریخ های کاشت ۲۳ اردیبهشت و ۷ خرداد از نظر تعداد دانه در واحد سطح تفاوت آماری مشاهده نشد، اما افزایش تراکم از ۱۱/۱ به ۲۲/۲ بوته در متر مربع، تعداد دانه در متر مربع را در تاریخ کاشت ۲۳ اردیبهشت به طور معنی دار و به میزان ۴۵/۸ درصد افزایش داد (شکل ۲). به نظر می رسد عدم اختلاف معنی دار تعداد دانه در متر مربع در سطوح مختلف تراکم در تاریخ کاشت ۲۲ خرداد را می توان به کوتاه شدن دوره رشد و عدم وجود فرصت کافی برای شاخه زایی در گیاه مربوط دانست. به عبارتی به نظر می رسد گرمتر شدن هوا و تسریع در رفتن گیاه به فاز زایشی باعث گردید تا دوره زمانی کاشت تا گلدهی با تأخیر در کاشت کاهش یابد و در این تاریخ کاشت پتانسیل شاخه زنی در بوته در تراکم های مختلف شاهدانه تفاوت چندانی نداشته باشد، از اینرو تفاوت معنی داری بین تراکم های مورد بررسی در این تاریخ کاشت

بوته ها در استفاده از مواد غذایی، رطوبت و خصوصاً نور، تولید شاخه های فرعی کاهش یافته و در نتیجه تعداد دانه در بوته کاهش می یابد. به عبارتی با توجه به رشد نامحدود گیاه شاهدانه و همزمان شدن تشکیل گل ها با افزایش شاخ و برگ در گیاه، افزایش تراکم بوته در واحد سطح باعث گردیده است تا نور مناسب برای گل انگیزی به لایه های پایین کانوپی نفوذ نکرده و از اینرو بخش پایین بوته (شاخه های اولیه) تنها رشد رویشی داشته و تشکیل گل به لایه های بالا و نورگیر کانوپی محدود شده است و از این جهت با افزایش تراکم بوته در واحد سطح و کاهش واحد های زایشی در بوته، تعداد دانه در بوته هم کاهش می یابد. در بررسی تاثیر تراکم های ۳۰، ۴۰ و ۵۰ بوته کنجد در متر مربع گزارش شد که بیشترین تعداد دانه در بوته از تراکم حداقل بدست آمد (Koocheki et al., 2017). با این وجود به نظر می رسد در تراکم بالا به رغم کاهش تعداد دانه در بوته (جدول ۵)، تعداد دانه در واحد سطح به علت افزایش تعداد گیاه در متر مربع افزایش یافت. افزایش معنی دار تعداد دانه در متر مربع با افزایش تراکم بوته در شاهدانه (Townshend & Boleyn, 2014) و خلر (Tomaj et al., 2012) نیز گزارش شده است. همچنین با وجود کاهش چشمگیر تعداد دانه در بوته در تراکم های بالا، افزایش سایه اندازی بوته ها و رقابت بیشتر برای دریافت منابع خصوصاً نور خورشید در این تراکم ها باعث افزایش تنفس و کاهش فتوسنتز موثر در بوته (محدودیت منبع) شده و کاهش معنی دار وزن هزار دانه را سبب

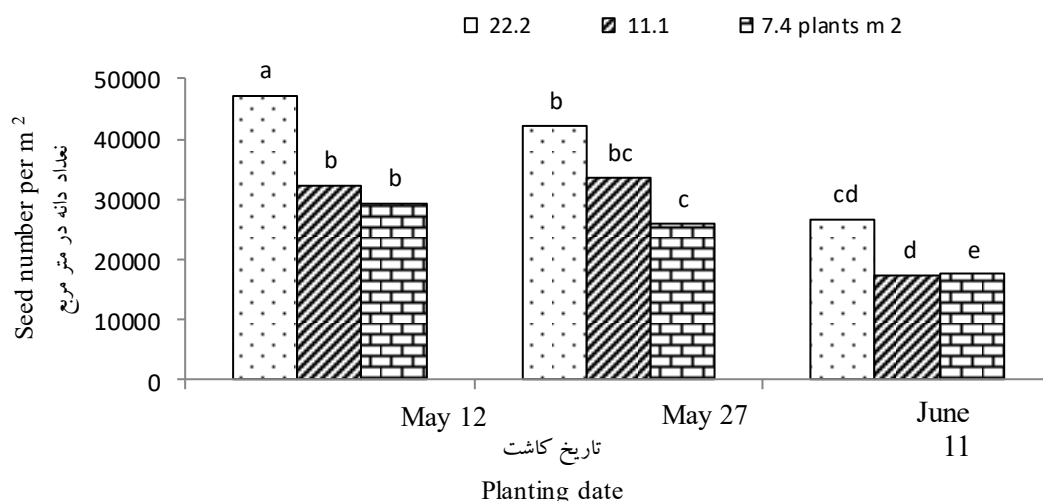
تک بوته به طور معنی دار و در سطح ۱٪ تحت تاثیر تیمارهای تاریخ کاشت و تراکم بوته قرار گرفت، اما اثر متقابل تاریخ کاشت و تراکم بوته بر این صفات معنی دار نشد (جدول ۵).

مقایسه میانگین ها نشان داد که با تاخیر در کاشت از ۲۳ اردیبهشت به ۲۲ خرداد، عملکرد دانه به طور معنی دار و به میزان ۴۸ درصد کاهش یافت. بیشترین عملکرد دانه از تاریخ کاشت ۲۳ اردیبهشت حاصل گردید، با این وجود بین تاریخ کاشت های ۲۳ اردیبهشت و ۷ خرداد از این نظر تفاوت آماری مشاهده نشد (جدول ۶). همان طور که در جدول ۶ مشاهده می شود تاریخ کاشت ۲۳ اردیبهشت با میانگین تولید ۹۲۵ گرم ماده خشک در متر مربع از بیشترین عملکرد بیولوژیک برخوردار بود و با تاریخ کاشت ۷ خرداد در یک گروه آماری قرار گرفت. لازم به ذکر است که با به تاخیر افتادن کاشت از ۲۳ اردیبهشت و ۷ خرداد به

از نظر تعداد دانه در متر مربع مشاهده نشد. این در حالی است که در تاریخ کاشت اول (۲۳ اردیبهشت)، وجود فرصت کافی، شدت نور، دما و طول روز مناسب در طی مرحله رشد رویشی و زیایشی باعث گردید تا هر چند افزایش تراکم به علت کاهش فضای لازم برای هر بوته، باعث کاهش قدرت شاخه زنی بوته های شاهدانه و تولید دانه در بوته گردد اما دو برابر شدن تعداد بوته (افزایش تراکم از ۱۱/۱ به ۲۲/۲ بوته در متر مربع) منجر به افزایش معنی دار تعداد دانه در واحد سطح گردید.

#### عملکرد دانه و بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد دانه شاهدانه به طور معنی داری تحت تاثیر اثرات ساده و متقابل تاریخ کاشت و تراکم بوته قرار گرفت، اما عملکرد بیولوژیک تنها تحت تاثیر اثرات ساده تاریخ کاشت و تراکم بوته قرار گرفت. همچنین عملکرد دانه و بیوماس



شکل ۲- اثر متقابل تاریخ کاشت و تراکم بوته بر تعداد دانه شاهدانه در متر مربع  
 Fig 2. Interaction effect of planting date and plant density on seed number of cannabis per m<sup>2</sup>

۶). مقایسه میانگین های عملکرد بیولوژیک در واحد سطح نیز در تراکم های مختلف بیانگر آن است که افزایش تراکم از ۷/۴ به ۲۲/۲ بوته در متر مربع، عملکرد بیولوژیک شاهدانه را به طور معنی دار و به میزان ۲۴/۲ درصد افزایش داد، اما با تغییر تراکم از ۱۱/۱ به ۲۲/۲ بوته در متر مربع تفاوت معنی داری در این صفت مشاهده نشد. همچنین افزایش تراکم بوته از ۷/۴ به ۲۲/۲ بوته در متر مربع، عملکرد دانه و بیوماس تک بوته را به ترتیب ۵۲/۸ و ۵۸/۶ درصد کاهش داد (جدول ۶). به نظر می رسد در تراکم های بالا به رغم کاهش عملکرد دانه در بوته (جدول ۵)، عملکرد دانه در واحد سطح از طریق افزایش تعداد واحد زایشی (دانه) و تعداد گیاه در متر مربع به طور معنی داری افزایش می یابد. گزارش شده است که در گیاه خلر افزایش تراکم از ۳۰ به ۵۰ بوته منجر به افزایش معنی دار عملکرد در واحد سطح شد (Tomaj *et al.*, 2012) (Niroomand)، که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. برخی محققین نیز گزارش کردند که به ازای افزایش هر بوته در متر مربع، عملکرد دانه شاهدانه، ۰/۸۲۳ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت (Townshend & Boleyn, 2014).

همچنین در تراکم ۲۲/۲ بوته در متر مربع اگر چه از بیوماس تک بوته به طور معنی دار و به میزان ۴۸/۹ درصد نسبت به تراکم ۱۱/۱ بوته در متر مربع کاسته شد اما تعداد بیشتر گیاه در تراکم ۲۲/۲ بوته در متر مربع (دو برابر شدن تراکم)، جبران کاهش بیوماس تک بوته را نمود و به همین دلیل هر دو تراکم مذکور از نظر عملکرد بیولوژیک در واحد سطح در گروه

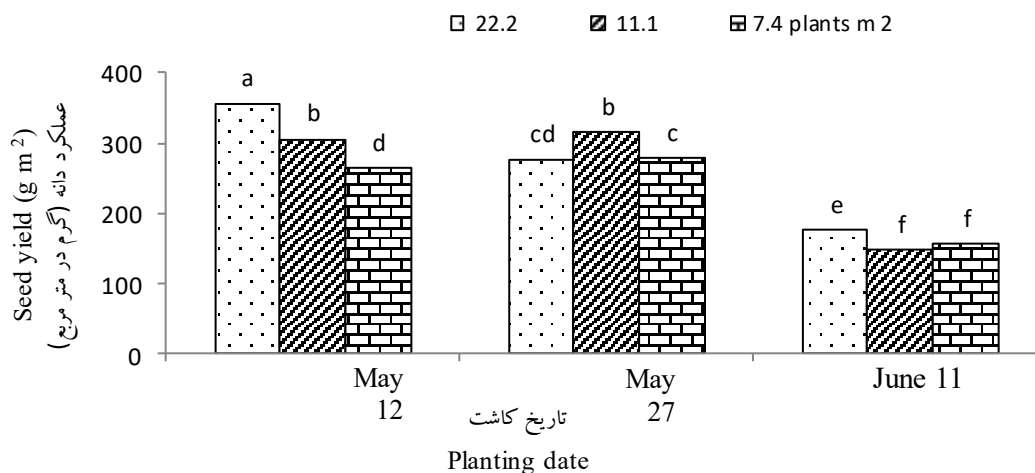
۲۲ خرداد، عملکرد بیولوژیک به ترتیب ۳۳/۳ و ۳۶/۹ درصد نسبت به تاریخ کاشت ۲۳ اردیبهشت کاهش یافت. همچنین با تاخیر ۳۰ روزه در کاشت از ۲۳ اردیبهشت به ۲۲ خرداد ماه، عملکرد دانه در بوته و بیوماس تک بوته نیز به ترتیب به میزان ۵۳ و ۳۶/۹ درصد کاهش یافت (جدول ۶). به نظر می رسد تاریخ کاشت ۲۳ اردیبهشت با بهره گیری از شرایط محیطی مطلوب از جمله درجه حرارت مناسب و دوره رشد طولانی تر همراه با شاخه زنی بیشتر، تولید ماده خشک بیشتر و اختصاص مواد فتوسنتزی بیشتر به اندام های زایشی شرایط مناسبی را برای افزایش عملکرد دانه و بیوماس در تک بوته و در واحد سطح فراهم آورد. به عبارتی با توجه به کاهش فاصله سبز شدن تا گلدهی در کشت دیرهنگام، گیاه قبل از رسیدن به رشد رویشی مناسب و شاخص سطح برگ کافی وارد فاز زایشی گردیده و کاهش دریافت انرژی نورانی توسط برگ ها باعث کاهش عملکرد دانه و بیوماس در کاشت های تاخیری شده است. محققین در گیاهان شاهدانه (Bagherpour *et al.*, 2015) و سویا (Akter *et al.*, 2016) نیز نشان دادند که تاخیر در کاشت، عملکرد دانه و بیولوژیک را کاهش می دهد.

تغییرات تراکم بوته باعث شد تا بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۲۷۰/۲ گرم در متر مربع از تراکم ۲۲/۲ بوته در متر مربع بدست آید که هر چند به لحاظ آماری با تراکم ۱۱/۱ بوته در متر مربع در یک گروه آماری قرار گرفت، اما از برتری معنی دار ۱۵/۹ درصدی نسبت به تیمار تراکم ۷/۴ بوته در متر مربع برخوردار بود (جدول

یافت، اما در تاریخ کاشت ۷ خرداد بیشترین عملکرد دانه در واحد سطح از تراکم ۱۱/۱ بوته در متر مربع بدست آمد، به طوری که با کاهش تراکم از ۲۲/۲ به ۱۱/۱ بوته در متر مربع، عملکرد دانه ۱۲/۳ درصد و به طور معنی داری افزایش یافت. در این تاریخ کاشت هر چند بین تراکم های ۷/۴ و ۲۲/۲ بوته در متر مربع تفاوت آماری مشاهده نشد، اما کاهش تراکم از ۱۱/۱ به ۷/۴ کاهش معنی دار ۹ درصدی عملکرد دانه را به دنبال داشت (شکل ۳). لازم به ذکر است که بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۳۵۶/۶۰ گرم در متر مربع، از تاریخ کاشت ۲۳ اردیبهشت و تراکم ۲۲/۲ بوته در متر مربع بدست آمد (شکل ۳). در خصوص اثر متقابل تاریخ کاشت و تراکم بر عملکرد دانه شاهدانه می توان گفت که توان فتوسنتزی بیشتر گیاه به علت مساعد بودن شرایط محیطی به ویژه درجه حرارت و نور مناسب در طی دوره رشد رویشی در تاریخ کاشت اول (۲۳ اردیبهشت) و افزایش طول دوره گلدهی و فرصت لازم برای شکل گیری دانه بیشتر در این تاریخ کاشت از یک طرف و جبران کاهش تعداد دانه در بوته از طریق افزایش تعداد گیاه در واحد سطح در تراکم بالاتر از طرف دیگر باعث شد تا تیمار تاریخ کاشت اول و تراکم ۲۲/۲ بوته در متر مربع، بیشترین تولید دانه در واحد سطح را با میانگین ۳۵۶/۶ گرم در متر مربع به خود اختصاص دهد (شکل ۳). در بررسی تاثیر تاریخ کاشت و تراکم بوته در گشنیز (Lootfalizadeh et al., 2011) نیز گزارش شد که بیشترین عملکرد دانه از تاریخ کاشت اول (۱۰ اسفند) و تراکم حداکثر (۴۰ بوته در متر مربع) بدست آمد.

آماری برتر نسبت به تراکم ۷/۴ بوته در متر مربع قرار گرفتند. (جدول ۶). لازم به ذکر است که تراکم های بیشتر به دلیل جذب موثرتر نور و فتوسنتز بیشتر، بیوماس بیشتری تولید کرده، در صورتی که کاهش تراکم به ۷/۴ بوته در متر مربع (پایین تر از حد مطلوب) باعث شده تا تعداد بوته و شاخص سطح برگ برای جذب تابش خورشیدی و فتوسنتز در واحد سطح تا حد زیادی پایین آمده و در نتیجه تولید ماده خشک (عملکرد بیولوژیک) کاهش یافت. در شاهدانه (Tomaj et al., 2014) و خلر (Garcia-Tejero et al., 2012) نیز افزایش عملکرد بیولوژیک با افزایش تراکم بوته در واحد سطح گزارش شده است. علت کاهش عملکرد دانه و بیوماس تک بوته با افزایش تراکم بوته جدول ۶ را نیز می توان تشدید رقابت بین بوته ها و استفاده کمتر از نور، آب و مواد غذایی موجود در خاک در تراکم های بیشتر دانست. کاهش معنی دار عملکرد دانه و بیوماس تک بوته با افزایش تراکم بوته در خلر (Tomaj et al., 2012) و اسفرزه (Moosavi, 2011) نیز گزارش شده است. همچنین برومند رضازاده و همکاران (Boroomand-Rezazadeh et al., 2005) طی تحقیقی دریافتند که تاخیر در کاشت زنیان سبب کاهش عملکرد بیوماس و دانه در واحد سطح و در تک بوته می شود. مقایسه میانگین های اثر متقابل تاریخ کاشت در تراکم بوته حاکی از آن است که در تاریخ های کاشت ۲۳ اردیبهشت و ۲۲ خرداد با افزایش تراکم از ۷/۴ به ۲۲/۲ بوته در متر مربع، عملکرد دانه در واحد سطح به طور معنی داری افزایش





شکل ۳- اثر متقابل تاریخ کاشت و تراکم بوته بر عملکرد دانه شاهدانه

Fig 3. Interaction effect of planting date and plant density on seed yield of cannabis

شد که نتیجه این تحقیق را تایید می کند.

### شاخص برداشت

در تحقیق حاضر شاخص برداشت به طور معنی دار و در سطح ۵٪ تحت تاثیر اثرات ساده تاریخ کاشت و تراکم بوته قرار گرفت، اما اثر متقابل تاریخ کاشت و تراکم بر شاخص برداشت معنی دار نشد (جدول ۵). مقایسه میانگین ها نشان داد که تاریخ های کاشت ۲۳ اردیبهشت و ۷ خرداد به ترتیب با ۳۳/۴ و ۳۳/۲ درصد بالاترین شاخص برداشت را به خود اختصاص دادند و از برتری آماری معنی داری نسبت به تاریخ کاشت ۲۲ خرداد با میانگین شاخص برداشت ۲۷/۵ درصد برخوردار بودند (جدول ۶). به نظر می رسد که تاریخ های کاشت ۲۳ اردیبهشت و ۷ خرداد نسبت به تاریخ کاشت ۲۲ خرداد درصد بیشتری از مواد فتوسنتزی تولید شده را به دانه انتقال داده اند و به همین دلیل از شاخص برداشت دانه بیشتری برخوردار شدند. علت این امر را می توان شرایط دمایی مناسب تر در این تاریخ های کاشت نسبت به تاریخ کاشت سوم برای فتوسنتز فعال و انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی

همچنین به نظر می رسد افزایش معنی دار عملکرد دانه در تراکم ۱۱/۱ بوته در متر مربع نسبت به تراکم ۲۲/۲ بوته در متر مربع در تاریخ کاشت ۷ خرداد ناشی از افزایش جذب تشعشع خورشیدی و کارایی بیشتر فتوسنتز پوشش گیاهی در این تیمار باشد که با نتایج سفارودی و همکاران (Shafaroodi *et al.*, 2012) در لوبیا مطابقت دارد. به عبارتی در تاریخ کاشت دوم (۷ خرداد) با افزایش تراکم از ۱۱/۱ به ۲۲/۲ بوته در متر مربع احتمالاً به علت سایه اندازی شدید و افزایش تنفس نگهداری و نیز کاهش تعداد دانه در واحد سطح، عملکرد دانه در واحد سطح کاهش یافت. با این وجود کاهش تراکم از ۱۱/۱ به ۷/۴ بوته در متر مربع در این تاریخ کاشت، باعث عدم بهره برداری مناسب از نور خورشید به علت کافی نبودن سطح برگ، تولید مواد فتوسنتزی و در نهایت کاهش معنی دار عملکرد دانه شاهدانه گردید (شکل ۳). طبق گزارش اصغرنژاد و همکاران (Askharnejad *et al.*, 2015) بیشترین عملکرد دانه در خردل سیاه از تاریخ کاشت اول با بیشترین تراکم بوته حاصل

قابلیت تولید دانه در واحد سطح، کاهش معنی دار عملکرد شاهدانه را به دنبال داشته است. به طور کلی نتایج تحقیق حاضر حاکی از آن است که تاریخ کاشت و تراکم مناسب نقش موثری در افزایش عملکرد دارد، به طوری که بر اساس نتایج این تحقیق استفاده از تراکم ۲۲/۲ بوته در متر مربع در تاریخ های کاشت ۲۳ اردیبهشت و ۲۲ خرداد و تراکم ۱۱/۱ بوته در تاریخ کاشت ۷ خرداد بیشترین عملکرد دانه را باعث شد. لازم به ذکر است که بر اساس نتایج این تحقیق به منظور رسیدن به عملکرد اقتصادی مطلوب در زراعت گیاه دارویی شاهدانه در منطقه بیرجند، کشت زود هنگام (ترجیحا دهه سوم اردیبهشت) و نسبتاً متراکم (۲۲/۲ بوته در واحد سطح) آن را می توان توصیه کرد.

به مخازن فیزیولوژیکی (دانه ها) مربوط دانست. در اسفرزه (Moosavi, 2011) نیز کاهش معنی دار این شاخص با تاخیر در کاشت از ۲۰ اردیبهشت به ۱۰ خرداد گزارش گردید.

طبق نتایج به دست آمده با افزایش تراکم بوته در واحد سطح از ۷/۴ به ۱۱/۱ و ۲۲/۲ بوته در متر مربع، شاخص برداشت به طور معنی دار و به ترتیب ۲۲/۴ و ۲۰/۹ درصد کاهش یافت (جدول ۶). در تراکم های پایین، سایه اندازی کمتر بوته های مجاور و کاهش تنفس نگهداری و در نتیجه انتقال فعال مواد فتوسنتزی به دانه را می توان علت برتری شاخص برداشت دانست. از طرف دیگر با توجه به این که بین اندام های رویشی و زایشی جهت دریافت مواد فتوسنتزی رقابت درون بوته ای وجود دارد، با افزایش تراکم بوته و رقابت بین گیاهان، این رقابت داخلی نیز تشدید می شود و از این جهت که مخازن زایشی دیرتر از مخازن رویشی به وجود می آیند، معمولاً اثرات سوء ناشی از رقابت در درجه نخست بر مخازن زایشی (عملکرد اقتصادی) اثر گذاشته (Gholinejad *et al.*, 2009) و کاهش شاخص برداشت را سبب شده است. محققین در شنبلیله (Seghatoleslami & Koocheki, 2010) و کنبج (Ahmadi Bonkdar, 2017) نیز کاهش شاخص برداشت را با افزایش تعداد بوته در واحد سطح گزارش کرده اند که نتایج تحقیق حاضر را تأیید می کند.

### نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که تاخیر ۳۰ روزه کاشت در گیاه شاهدانه و کاهش تراکم از ۲۲/۲ به ۷/۴ بوته در متر مربع عمدتاً از طریق کم کردن

## References

- Akter, N., Amin, A.K.M.R., Haque, M.N., and Masum, S.M. 2016. Effect of sowing date and weed control method on the growth and yield of soybean. *Poljoprivreda*, 22: (1) 19-27.
- Askharnejad, M.R., Zareie, Gh.R., and Zarezadeh, A. 2015. Study of planting dates and plant density on yield and yield components of *Brassica nigra* in climatic conditions of Abarkho. *Electronic Journal of Crop Production*, 8(3): 183-194. (In Persian with English Summary)
- Asgharipour, M.R., Rashed Mohasel, M.A., and Rafiee, M. 2006. Effect of plant density and nitrogen fertilizer on light absorption and dry matter yield in cannabis (*Cannabis sativa* L.). *Iranian Crop Research*, 4(2): 217-230. (In Persian with English Summary)
- Azari Nasrabad, A., and Mirzaei, M. R. 2012. Effect of sowing date on grain yield and yield components of foxtail millet (*Setaria italica*) promising lines. *Seed and Plant Production Journal*, 28(1): 95-105. (In Persian with English Summary)
- Bagherpour, H.R., Azizpour, K., Sameh Andabjadid, S., and Kardan, J. 2015. Effect of sowing date on yield and yield components of cannabis. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 6(4): 292-295.
- Bahraminejad, S., and Papzan, A. 2006. Effect of row spacing on different characteristics of black cumin (*Nigella sativa* L.) under Kermanshah conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 8(3): 241-249. (In Persian with English Summary)
- Boroomand-Rezazadeh, Z., Rezvani Moghaddam, P., and Rashed Mohassel, M. 2005. Study of effect of sowing date and plant density on yield components and morphological traits of *Trachyspermum copticum* L. Proceedings of National Conference of Medicinal Herbs Sustainable Development. Mashad, Iran. p 215. (In Persian)
- Burczyk, H., Grabowska, L., Strybe M., and Konczewicz, W. 2009. Effect of sowing density and date of harvest on yields of industrial hemp. *Journal of Natural Fibers*, 6(2): 204-218.
- Garcia-Tejero, I.F., Duran-Zuazo, V.H., Perez-Alvarez, R., Hernandez, A., Casano, S., Moron, M., and Muriel-Fernandez, J.L. 2014. Impact of plant density and irrigation on yield of hemp (*Cannabis sativa* L.) in a mediterranean semi-arid

- environment. *Journal of Agriculture Sciences and Technology*, 16: 887-895.
- Dadkhah, A., Kafi, M., and Rasam, G. 2009. The effect of planting date and plant density on growth traits, yield quality and quantity of *Matricaria (Matricaria chamomilla)*. *Journal of Horticultural Sciences*, 23(2): 100-107. (In Persian with English Summary)
- Dadkhah, A. 2010. Salinity effect on germination and seedling growth of four medicinal plants. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 26(3): 353-369. (In Persian with English Summary)
- Delarami, R., and Moosavi, S.G. R. 2016. Effect of sowing date and plant density on yield and morphophenological traits of lentil in Zabol. *Plant Ecophysiology*, 8(25): 170-181. (In Persian with English Summary)
- Foaadedini, M., Seghatoleslami, M. J., and Moosavi, S. G. R. 2015 . Effect of water deficit stress on traits of chichory (*Cichorium intybus L.*) in different planting dates. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 31(3): 383-395. (In Persian with English Summary)
- Ghanbari, A.K., and Taheri Mazandarani, M. 2003 . Effects of sowing date and plant density on yield of pinto bean. *Seed and Plant Journal*, 19(4):483-496. (In Persian with English Summary)
- Gholinejad, E., Aeenehband, A., Hasanzade Ghorttappe, A., Barnoosi, I., and Rezaei, H. 2009. Evaluation of effective drought stress on yield, yield components and harvest index of sunflower hybrid iroflor at different levels of nitrogen and plant population in Urmieh climate conditions. *Journal of Plant Production*, 16(3): 1-27. (In Persian with English Summary)
- Hashem Abadi, D., and Sedagat, S.H. 2007. Study of the effect sowing date and plant density on yield and yield components of Mazandaran winter broad bean (*Vicia faba L.*). *Agricultural Science*, 12(1): 135- 142. (In Persian with English Summary)
- Hall, J., Bhattarai, S.P., and Midmore, D.J. 2013. The effects of different sowing times on maturity rates, biomass, and plant growth of industrial fiber hemp. *Journal of Natural Fibers*, 10(1): 40-50.
- Hall, J., Bhattarai, S.P., and Midmore, D.J. 2014. Effect of industrial hemp (*Cannabis sativa L.*) planting density on weed suppression, crop growth, physiological responses, and fibre yield in the subtropics. *Renew Bioresour*, 10: 1-7.
- Koocheki, A., Nasiri Mohalati, M., Noorbakhsh, F., and Nehbandani, A. 2017.

- Effect of planting arrangement and plant density on yield and yield components of *seasamum indicum*. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 15(1): In Press. (In Persian with English Summary)
- Lootfalizadeh, M., Vakily, S. M. A., and Kudori, M. R. 2011. Effect of planting date and plant density on yield and yield components of coriander of Kerman region, Iran. Abstract of the 1<sup>th</sup> conference of new subjects in agriculture, Saveh Branch, Islamic Azad University, Saveh, Iran. (In Persian with English Summary)
- Moosavi, S. G. R. 2011. Effects of different sowing dates and plant densities on yield and agronomic traits of fennel, isabgol and roselle in Birjand, Iran. Final report of research design in Islamic Azad University, Birjand Branch, Birjand, Iran. (In Persian with English Summary)
- Mosazadeh, M., and Baradaran, R. 2011. Effect of plant density and nitrogen spray time on essential oil yield of *Nigella sativa* L. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 9(3): 422-427. (In Persian with English Summary)
- Niroomand Tomaj, I., Jami Al-Ahmadi, M., Zamani, G.H., and Riasi, A. 2012. Effects of sowing date and plant density on yield and yield components of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) in Birjand region. *Journal of Crop Production and Processing*, 2(3): 57-66. (In Persian with English Summary)
- Rahnema, A. 2013. Study of phenology, seed yield and its components of canola (*Brassica napus* L.) in different sowing date in Khuzistan province of Iran. *Seed and Plant Production Journal*, 29(2): 201-213. (In Persian with English Summary)
- Rezvanbidokhti, S., Sanjani, Dahtban, S., and Hesamarefi, A.E. 2012. Evaluation of yield and yield components of *Nigella sativa* L. in different plant densities under low irrigation conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 10(2): 382-391. (In Persian with English Summary)
- Rezvanimoghadam, P., and Ahmadzade Motlagh, M. 2007. Study of planting dates and plant density on yield of *Nigella sativa* in Quaeen conditions. *Pajouhesh and Sazandegi, Journal of Iranian Ministry of Agriculture*, 76: 62-68. (In Persian with English Summary)
- Safaei, Z., Azizi, M., Davarynejad, G., and Aroiee, H. 2017. The effect of planting seasons on quantitative and qualitative characteristics of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Journal of Medicinal Plants and By-products*, 1: 27-33. (In Persian

with English Summary)

- Seghatoleslami, M.J., and Ahmadi Bonakdar, K. 2010. The effect of sowing date and plant density on yield and yield components of fenugreek (*Trigonella foenumgracum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 26(2): 265-274. (In Persian with English Summary)
- Shafaroodi, A., Zavareh, M., Peyvafst, G., and Dorri, H.R. 2012. Effect of sowing date and plant density on grain yield and yield components in dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces. *Agricultural Science and Sustainable Production*, 22(3): 47-60. (In Persian with English Summary)
- Tabed, M.A., and Behzadi, A. 2015. Effect of planting date and weed control on yield and yield components of *Nigella sativa* in Marivan. First Conference of Medicinal Herbs and Herbal Medicines, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)
- Tabiei, H., and Baradaran, R. 2014. Effect of irrigation intervals and planting date on agronomic characteristics of *Securiger securidaca* L. in Birjand region. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 12(1): 80-91. (In Persian with English Summary)
- Townshend, J.M., and Boleyn, J.M. 2014. Plant density effect on oil seed yield and quality of industrial hemp cv. Fasamo in Canterbury. *Agronomy Society of New Zealand*, 13(S): 85-91.
- Yazdi Samadi, B., Rezaie, A.M., and Valizadeh, M. 2013. Statistical Designs in Agricultural Research. Tehran University. 764 P. (In Persian)
- Zarei, G.H., Shamsi Mahmoodabadi, H., Tabatabaei, S.A., and Mohtaram, S.A. 2014. Effect of sowing date and plant density on yield of chicory (*Cichorium intybus* L.). *Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi)*, 104: 136-141. (In Persian with English Summary)

## Effect of planting date and plant density on morphological traits, yield and yield components of *Cannabis sativa* L.

N. Frahmand Rad<sup>1</sup>, S. Gh. Moosavi<sup>2</sup>, M. H. Saberi<sup>3</sup>

1. Department of Agronomy, Birjand Branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran.
2. Department of Agronomy, Birjand Branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran. (Corresponding author)
3. Faculty Member of Agricultural Research Center, Birjand, South Khorasan, Iran

Received: August 2017 - Accepted: May 2019 - DOI: 10.22092/aj.2019.115031.1180

### Extended Abstract

**Frahmand Rad, N., Moosavi, S. Gh., Saberi, M. H.,** Effect of planting date and plant density on morphological traits, yield and yield components of *Cannabis sativa* L.

**Applied Research in Field Crops Vol 32, No. 01, 2019- Page: 07-09:** 28-49(in Persian)

**Introduction:** Cannabis has long been used for hemp fibre, hemp oils, medicinal purposes, and also as a recreational drug. Given the importance of maximum utilization of environmental parameters during growth period, it is crucially important to choose an appropriate sowing date and plant density for crops cultivation. Hence, the objective of the present study was to evaluate the effect of sowing date and plant density on morphological and yield traits of cannabis.

**Materials and Methods:** This experiment was carried out as a split-plot based on randomized complete block design with three replications at the field of agricultural research center of Birjand, Iran in 2013 cropping season. The main plots consisted of three sowing dates of May 12, May 27 and June 11 and the sub-plots were plant densities at four levels of 7.4, 11.1 and 22.2 plants m<sup>-2</sup>. The measured traits were as follows: plant height, stem diameter, branch number of main stem, seed number per plant and m<sup>2</sup>, 1000-seed weight, seed yield, biological yield, harvest index and seed and biomass yields of single plant. The texture of the soil at the research farm was loamy with a pH of 8.28, electrical conductivity of 2.23 mmhos/cm and organic carbon, total N, P, and K content were 0.18%,

---

Email address of the corresponding author: s\_reza1350@yahoo.com

0.035%, 6.04.4 ppm and 231 ppm at the soil depth of 0-30 cm, respectively. All the data obtained from the experiment were analyzed by MSTAT-C statistical software and means were compared by Duncan multiple range test at 5% probability level.

**Results and Discussion:** The results showed that all the traits were significantly affected by sowing date and plant density. Also, the interaction effects of planting date and plant density significantly affected plant height, seed number per m<sup>2</sup> and seed yield of cannabis. The delay in sowing from May 12 to June 11 significantly decreased stem diameter, branch number in main stem, plant height, seed number per single plant and m<sup>2</sup>, seed and biological yields per single plant and m<sup>2</sup> and harvest index by 20.2, 22.2, 20.3, 49.2, 43.2, 53, 36.9, 48, 36.9 and 32%, respectively. It can be said that delaying of sowing date from May 12 to June 11 was associated with increased temperature and shortened days and as a consequence, the plants did not have enough time for vegetative growth and production of branches (Shafaroodi *et al.*, 2012). This led to decreased number of seed per plant and m<sup>2</sup>, which ultimately reduced seed and biological yields. Also means comparison showed that with decrease in density from 22.2 to 7.4 plants/m<sup>2</sup>, the traits including seed number, seed and biological yields per m<sup>2</sup> decreased by 37.2, 13.7 and 19.5%, respectively. In contrast, the traits including stem diameter, branch number in main stem, seed number, seed and biological yields per single plant and 1000-seed weight increased by 40.7, 22.7, 72.7, 112.3, 141.4 and 32%, respectively. It appears that the increase in seed yield with the increase in plant density was a result of higher leaf area, effective utilization of solar radiation during growth period (Niroomand Tomaj *et al.*, 2012; Delarami & Moosavi, 2016) and enhanced photosynthetic capacity and production of more pods per unit area.

**Conclusions:** The results of this study showed that longer growth period and production of more assimilates at earlier sowing dates can be a main reason for better yield of cannabis. Moreover, higher plant density allowed maximum utilization of solar radiation by the plant, which resulted in increased photosynthetic capacity. Also, the higher yield at the first sowing date under density of 22.2 plants m<sup>-2</sup> was due to the effective utilization of solar radiation by increasing leaf area. In total, sowing date of May 12 with the density of 22.2 plants m<sup>-2</sup> produced the highest average seed yield of 356.60 g m<sup>-2</sup>.

**Keywords:** Medicinal plant, sowing time, plant number, harvest index, seed number, plant height.



## References

- Delarami, R., and Moosavi, S.G. R. 2016. Effect of sowing date and plant density on yield and morphophenological traits of lentil in Zabol. *Plant Ecophysiology*, 8(25): 170-181. (In Persian with English Summary)
- Niroomand Tomaj, I., Jami Al-Ahmadi, M., Zamani, G.H., and Riasi, A. 2012. Effects of sowing date and plant density on yield and yield components of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) in Birjand region. *Journal of Crop Production and Processing*, 2(3): 57-66. (In Persian with English Summary)
- Shafaroodi, A., Zavareh, M., Peyvašt, G., and Dorri, H.R. 2012. Effect of sowing date and plant density on grain yield and yield components in dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces. *Agricultural Science and Sustainable Production*, 22(3): 47-60. (In Persian with English Summary)