نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد چهاردهم، شماره اول، بهار ۱۴۰۰
۱۶۰-۱۴۵
http://ejcp.gau.ac.ir
DOI:10.22069/EJCP.2021.18704.2392

تأثیر محلول‌پاشی کود کمپلکس فلوریش میکروکُمبی و تراکم بوته بر عملکرد و برخی صفات کمی ارقام امیدبخش آفتابگردان

داود امیدی نسب[۱*]، موسی مسکرباشی[۲] و افراسیاب راهنما قهفرخی[۳]

[۱]دانشجوی دکتری، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران
[۲]استاد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران
[۳]دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۰۱

چکیده

سابقه و هدف: آفتابگردان متعلق به خانواده کاسنیان (Asteraceae) و به‌عنوان یکی از سه گیاه مهم روغنی در جهان، از درصد روغن دانه بالا (۵۰-۴۵ درصد) برخوردار است. یکی از دلایل اصلی پایین بودن عملکرد دانه آفتابگردان، کمبود ریزمغذی‌ها است. بنابراین، تقویت، حفظ بهره‌وری و تعیین مناسب‌ترین تراکم کشت، در ارقام جدید آفتابگردان جهت دستیابی به عملکرد مطلوب ضروری است. آزمایش حاضر نیز بر مبنای انتخاب مناسب‌ترین رقم امیدبخش آفتابگردان در بهترین تراکم بوته و سطوح کاربردی کود کمپلکس فلوریش میکروکُمبی در شهرستان دزفول اجرا گردید.

مواد و روش‌ها: به‌منظور ارزیابی عملکرد و برخی صفات کمّی ارقام امیدبخش آفتابگردان به محلول‌پاشی کمپلکس عناصر غذایی و رقابت درون‌گونه‌ای، آزمایشی به‌صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از سه تکرار و سه عامل تراکم به‌عنوان عامل اصلی (۷، ۹، ۱۱ و ۱۳ بوته در مترمربع)، کود کمپلکس به‌عنوان عامل فرعی اوّل (۰، ۱ و ۲ کیلوگرم در هکتار) از منبع کود کمپلکس فلوریش میکروکمبی تولیدی شرکت شیمی کُرد و رقم به‌عنوان عامل فرعی دوّم (فلیکس، شکیرا، اسکار، ساوانا، شمس، لاباد، سودیمانس و مونالیزا) در شرکت شهید رجائی دزفول در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ اجرا گردید. بذرهای ارقام مورد آزمایش از شرکت شهید رجائی دزفول تهیه شد. هر کرت آزمایشی دارای ۶ خط کاشت به طول ۱/۵ متر با فاصله خطوط ۷۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد و با توجه به تراکم ۷، ۹، ۱۱ و ۱۳بوته در متر مربع، بوته‌ها روی خطوط کاشت به‌ترتیب با فواصل ۱۸، ۱۵، ۱۲ و ۹ سانتی‌متر در مرحله سه تا چهار برگی تنظیم شدند. پس از رسیدگی فیزیولوژیک دانه‌ها و برداشت گیاهان، صفات ارتفاع ساقه، قطر ساقه، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن دانه‌ها در طبق، عملکرد دانه و عملکرد روغن اندازه‌گیری گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان‌دهندهٔ تأثیر معنی‌دار محلول‌پاشی کمپلکس عناصر غذایی و تراکم، بر صفات مورد بررسی بجزء ارتفاع ساقه بود. رقم شمس با ۱۹۸/۳۶ سانتی‌متر، حداکثر ارتفاع ساقه را داشت. براساس نتایج حاصله، محلول‌پاشی کمپلکس عناصر غذایی موجب افزایش قطر ساقه، تعداد دانه در طبق، وزن دانه‌ها در طبق و عملکرد دانه و روغن نسبت به شاهد می‌گردد. همچنین افزایش تراکم کاشت، علیرغم کاهش تعداد و وزن دانه در طبق، موجب افزایش عملکرد دانه گردید. با افزایش تراکم، عملکرد دانه تک گیاه کاهش یافت، امّا افزایش تعداد گیاهان در واحد سطح جبران‌کنندهٔ این کاهش بود. با توجه به بررسی نتایج مقایسه میانگین‌ها، محلول‌پاشی کمپلکس عناصر غذایی نیز از طریق بهبود اجزای عملکرد و کاهش تنش رقابتی بین بوته‌ها در تراکم‌های

*مسئول مکاتبه: davoudomidinasab@gmail.com

بالای کاشت، سبب افزایش عملکرد دانه در آفتابگردان گردید. بیش‌ترین عملکرد دانه و روغن نیز به‌ترتیب به‌میزان ۵/۴۰ و ۲/۶۴ تن در هکتار در تراکم ۱۱ بوته در متر مربع و محلول‌پاشی ۱ کیلوگرم عناصر غذایی توسط رقم فلیکس بدست آمد. عملکرد روغن تابعی از عملکرد دانه و درصد روغن آن است، بنابراین، به‌نظر می‌رسد که در آزمایش حاضر، عملکرد دانه بالاتر در تراکم ۱۱ بوته در متر مربع و بهبود فتوسنتز و دانه‌بندی مناسب در زمان محلول‌پاشی عناصر غذایی، موجب افزایش عملکرد روغن گردیده است.

نتیجه‌گیری: حال با آگاهی از پاسخ ارقام در تراکم‌های مختلف بوته در واحد سطح؛ به‌نظر می‌رسد که تأثیر سودمند محلول‌پاشی عناصر غذایی می‌تواند موجب کاهش خسارت ناشی از رقابت درون‌گونه‌ای و افزایش عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف آفتابگردان، در شرایط شهرستان دزفول و مناطق مشابه گردد.

واژه‌های کلیدی: رقابت درون گونه‌ای، کود کمپلکس، رقم فلیکس.

مقدمه

آفتابگردان متعلق به خانواده کاسنیان[1] و به‌عنوان یکی از سه گیاه مهم روغنی در جهان (۶)، از درصد روغن دانه بالا (۵۰ – ۴۵ درصد) برخوردار بوده و همچنین، دارای قابلیت کشت بهاره و تابستانه در مناطق سرد و معتدل و کشت پائیزه و زمستانه در مناطق گرمسیری می‌باشد. بنابراین، افزایش سطح زیر کشت آن می‌تواند در تأمین بخشی از نیاز روغن خوارکی کشور مؤثر باشد (۱۲). یکی از دلائل اصلی پائین‌بودن عملکرد دانه آفتابگردان، کمبود ریزمغذی‌ها بوده و استفاده از آن‌ها به نسبت مناسب و کمیّت بهینه، موجب تقویت و حفظ بهره‌وری محصول می‌گردد (۲۹). اکثر مواد ریزمغذی همانند آهن و منگنز و ... در خاک با pH قلیائی تثبیت شده و ریشه گیاه قادر به جذب آن‌ها نمی‌باشد، لذا رویکرد جدید، کاربرد به‌صورت محلول‌پاشی بر روی برگ می‌باشد (۳). بر اساس نتایج تحقیقات فرزانیان و همکاران (۲۰۱۰)، کاربرد برگ‌پاش مخلوط چهار عنصر ریزمغذی (روی، منگنز، آهن و بور)، موجب افزایش عملکرد دانه به‌میزان ۳۴/۲ درصد بیش‌تر از شاهد در آفتابگردان می‌گردد (۱۱). همچنین، تعیین مناسب‌ترین تراکم بوته برای ارقام جدید آفتابگردان از اقدامات ضروری جهت دستیابی به عملکرد مطلوب است. کرنوباراک و همکاران (۲۰۱۴) در کشور صربستان گزارش دادند؛ بیش‌ترین عملکرد دانه آفتابگردان در تراکم ۵۰۰۰۰ بوته در هکتار به‌میزان ۴/۲۱ تن در هکتار به‌دست می‌آید و در تراکم‌های بوته بالاتر از آن تا ۷۰۰۰۰ بوته در هکتار عملکرد دانه روند کاهشی داشته و به ۳/۸۹ تن در هکتار می‌رسد (۷). ارتفاع، شاخص سطح‌برگ، عملکرد دانه و تولید زیست‌توده در پاسخ به بالا رفتن تراکم بوته در کشت آفتابگردان، افزایش پیدا می‌کند، گرچه وزن دانه و وزن هزاردانه با افزایش تراکم بوته کاهش پیدا می‌کنند (۱۷). کشور ایران برای رفع نیازهای داخلی سالانه میلیاردها دلار صرف واردات روغن‌های گیاهی و کنجاله دانه‌های روغنی می‌نماید (۱۹). کاهش واردات روغن‌های گیاهی مستلزم برنامه‌ریزی همه‌جانبه و اصولی در زمینه حمایت از توسعه کشت دانه‌های روغنی می‌باشد. با وجود کاهش سطح زیر کشت آفتابگردان در سال‌های اخیر، به‌دلیل سازگاری وسیع این گیاه زراعی به شرایط آب و هوایی ایران، افزایش دوباره سطح زیر کشت آن دور از انتظار نیست. مطالعات زیادی جهت بررسی اثر تراکم مطلوب بوته و تغذیه

1. Asteraceae

کودی مناسب با عناصر ماکرو و میکرو بر عملکرد کمّی و کیفی آفتابگردان به صورت مجزا در نقاط مختلف ایران صورت گرفته است، اما در دزفول و مناطق مشابه شمال استان خوزستان به‌عنوان یکی از مناطق مستعد کشت آفتابگردان در کشور، مطالعات کم‌تری در این زمینه انجام شده است، لذا آزمایش حاضر بر مبنای انتخاب مناسب‌ترین رقم امیدبخش آفتابگردان در بهترین تراکم بوته و سطوح کاربردی کود مصرفی در شرایط شهرستان دزفول اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه آزمایشی شرکت کشت و صنعت رجائی شهرستان دزفول اجرا گردید. دزفول یکی از شهرستان‌های استان خوزستان با عرض جغرافیایی شمالی ۱۶/۳۲ درجه و عرض جغرافیایی شرقی ۲۵/۴۸ درجه بوده و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۴۹ متر و متوسط بارندگی سالیانه آن نیز ۲۵۰ میلی‌متر می‌باشد. نمونه‌برداری قبل از کشت از خاک مزرعه انجام که نتایج حاصله به شرح جدول ۱ می‌باشد.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش و حدود بحرانی و بهینه عناصر غذایی در خاک‌های زیر کشت آفتابگردان (۲۲).

Table 1- Physical and chemical characteristics soil site testing and critical and optimal levels of nutrients in soils under sunflower cultivation (22).

خصوصیات فیزیکی – شیمیایی Physical-Chemical Characteristics	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (ds/m)	اسیدیته pH	کربن آلی (درصد) O.C (%)	فسفر (قسمت در میلیون) P (ppm)	پتاسیم (قسمت در میلیون) K (ppm)
عمق ۰ – ۳۰ Depth 0-30	0.98	7.61	0.88	17.8	285
حد بحرانی Critical levels	-	-	-	15.0	250
حد بهینه Optimal levels	-	-	-	25-49	290

ادامه جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش و حدود بحرانی و بهینه عناصر غذایی در خاک‌های زیر کشت آفتابگردان (۲۲).

Continue Table 1- Physical and chemical characteristics soil site testing and critical and optimal levels of nutrients in soils under sunflower cultivation (22).

روی (قسمت در میلیون) Zn (ppm)	منگنز (قسمت در میلیون) Mn (ppm)	آهن (قسمت در میلیون) Fe (ppm)	مس (قسمت در میلیون) Cu (ppm)	ماسه (درصد) Sand (%)	لای (درصد) Silt (%)	رس (درصد) Clay (%)	بافت خاک Soil tissue
1.6	1.5	3.8	1.2	20	54	26	سیلتی‌لومی Si.L
1.0	5.0	7.0	1.0	-	-	-	-
1.5-6.9	15-99	20-249	6-24	-	-	-	-

آزمایش مورد نظر به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گردید. تراکم بوته به عنوان عامل اصلی (A) در چهار سطح (A_1:۷ ، ۹ :A_2 (شاهد منطقه)، ۱۱ :A_3 و ۱۳:A_4 بوته در متر مربع)، کود مصرفی به‌عنوان عامل فرعی (B) در سه سطح (۰ :B_1 (شاهد محلول‌پاشی)، ۱ :B_2 و ۲ :B_3 کیلوگرم در هکتار) از منبع کود کمپلکس فلوریش میکروکمبی[1] تولیدی شرکت شیمی کُرد (حاوی عناصر: آهن (۴/۲۵ درصد)، روی (۴/۲۵ درصد)، منگنز (۳/۲ درصد)، گوگرد (۲ درصد)، منیزیم (۱/۲۸ درصد)، بور (۱/۶۲

1. Flourish microcombi

درصد)، مس (۰/۶۰۴ درصد) و مولیبدن (۰/۰۵۹ درصد)) و مورد تأیید وزارت جهاد کشاورزی تأمین شد. تیمارهای محلول‌پاشی با غلظت‌های صفر (شاهد محلول‌پاشی)، ۱ و ۲ کیلوگرم در هکتار بر اساس نتایج آزمون خاک و نیاز گیاه آفتابگردان طراحی گشت (۲۲). برای محلول‌پاشی از سمپاش بادی پشتی با فشار دائم به حجم ۱۲ لیتر استفاده شد. نوع نازل سمپاش از نوع مارپیچی با طرح پاشش مخروط توپر و میزان پاشش ۰/۱ لیتر در متر مربع (۱۰۰۰ لیتر در هکتار) بود که پس از کاشت در مرحله ۸ – ۶ برگه شدن در سطح کرت‌های آزمایشی به‌کار رفت. رقم نیز به‌عنوان عامل فرعی فرعی (C)، در هشت سطح از ارقام میان‌رس (۱– فلیکس[1] (C_1)، ۲– ای اس شکیرا[2] (C_2)، ۳– اسکار[3] (C_3) – شاهد منطقه، ۴– ای اس ساوانا[4] (C_4)، ۵– شمس[5] (C_5)، ۶– لاباد[6] (C_6)، ۷– سودیمانس[7] (C_7)، ۸– مونالیزا[8] (C_8)) در نظر گرفته شد. کود شیمیایی پایه به مقدار ۷۵ کیلوگرم اوره (نصف در زمان کاشت و نصف دیگر به‌صورت سرک در مرحله ۸ – ۶ برگه شدن)، ۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات و ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در زمان کاشت قبل از اولین آبیاری در سطح مزرعه آزمایشی مصرف گردید. بذرهای ارقام مورد نظر از شرکت شهید رجائی دزفول تهیه و کشت در تاریخ ۱۳۹۷/۱۲/۱۱ (کشت بهاره)، به‌صورت دستی انجام گردید. آبیاری اول بلافاصله بعد از کشت، آبیاری دوم با فاصله زمانی ۱۰ روز و آبیاری‌های بعدی با فواصل هر ۱۵ روز یک‌بار، تا پایان فصل رشد انجام گرفت. هر کرت آزمایشی دارای ۶ خط کاشت به طول ۱/۵ متر با فاصله خطوط ۷۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد و با توجه به تراکم ۷، ۹، ۱۱ و ۱۳ بوته در متر مربع، بوته‌ها روی خطوط کاشت به ترتیب با فواصل ۱۸، ۱۵، ۱۲ و ۹ سانتی‌متر در مرحله سه تا چهار برگی تنظیم شدند. مبارزه با علف‌های هرز نیز به‌صورت وجین دستی اعمال گردید. برداشت پس از رسیدگی فیزیولوژیک دانه‌ها، هنگامی که پشت طبق در ۹۰ درصد بوته‌ها به رنگ زرد مایل به قهوه‌ای متمایل گردید و بذرها رطوبتی معادل ۳۰ درصد داشتند، از دو خط وسط هر کرت و پس از حذف حاشیه، انجام و سپس صفات ارتفاع ساقه با استفاده از متر از ناحیه طوقه تا زیر طبق، قطر ساقه (در ناحیه طوقه) با استفاده از کولیس دیجیتالی و قطر طبق پس از جداسازی و با استفاده از خط‌کش از حدفاصل لبه‌های خارجی، در بوته‌های مورد نظر محاسبه گردید. همچنین، میانگین دانه‌های موجود در ۵ نمونه تصادفی طبق به‌عنوان تعداد دانه در طبق با استفاده از دستگاه بذر شمار، محاسبه و ثبت گردید. با توزین دانه‌های هر طبق نیز بعد از پاک و بوجاری کردن به‌وسیله ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم و احتساب میانگین وزن کل دانه طبق‌های برداشت شده، به‌عنوان وزن دانه در طبق محاسبه و ثبت گردید. در نهایت بعد از بوجاری، دانه‌های برداشت شده از طبق‌های هر کرت، در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت در آون قرار گرفته و سپس با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم، برای تعیین عملکرد دانه در واحد سطح توزین شدند. برای محاسبه عملکرد روغن نیز مقدار درصد روغن (با استفاده از روش استخراج با حلال و دستگاه سوکسله[9]) در عملکرد دانه ضرب و بر عدد صد تقسیم شد. تجزیه واریانس داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.4 (۲۴) انجام و برای مقایسه میانگین‌ها هم از

1. Felix
2. ES Shakira
3. Oscar
4. ES Savana
5. Shams
6. Labad
7. Sudimance
8. Monaliza
9. Soxhlet

آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار فیشر[1] در سطح احتمال ۵ درصد (P<0.05)، استفاده گردید. ضمناً با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل برخی عوامل مورد بررسی برش‌دهی اثرات متقابل سه‌گانه در سطح هر تیمار تراکم با استفاده از نرم افزار SAS 9.4 صورت گرفت و مقایسه میانگین سطوح محلول‌پاشی و رقم و رتبه‌بندی آن‌ها در سطح هر تیمار تراکم به‌طور مجزا انجام شد. همچنین، رسم شکل‌ها نیز با کمک نرم‌افزار Excel 2016 انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) نشان داد که اثرات ساده رقم بر روی ارتفاع ساقه و اثرات ساده تراکم، محلول‌پاشی و رقم بر روی قطر طبق و تعداد دانه در طبق در سطح احتمال ۱ درصد (P<0.01)، برهمکنش محلول‌پاشی کود کمپلکس و رقم بر روی تعداد دانه در طبق در سطح احتمال ۵ درصد (P < 0.05)، برهمکنش تراکم، محلول‌پاشی کود کمپلکس، رقم بر روی وزن دانه‌ها در طبق و عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد (P<0.01) و بر روی قطر ساقه و عملکرد روغن در سطح احتمال ۵ درصد (P < 0.05) معنی‌دار می‌باشد (جدول تجزیه واریانس گزارش نشده است).

ارتفاع ساقه: ارتفاع یک صفت بسیار مهم در گیاه است، زیرا بر پایداری و مقاومت آن در مقابل ورس تأثیر می‌گذارد (۱۰). بر اساس نتایج حاصل، ارقام مورد نظر در این آزمایش به‌طور قابل توجهی از نظر ارتفاع ساقه متفاوت و دارای اختلاف معنی‌دار بودند، به‌طوری که رقم شمس و مونالیزا به ترتیب با ۱۹۸/۳۶ و ۱۵۶/۹۳ سانتی‌متر به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین ارتفاع ساقه را در تیمارهای مورد بررسی ایجاد نمودند (جدول ۴). ارتفاع گیاهان بسیار به شرایط آب و هوایی و خاک بستگی دارد و هرگونه تنش خشکی و تغذیه ضعیف خاک به‌شدّت آن را کاهش می‌دهد، از طرفی، با توجه به اینکه تراکم و محلول‌پاشی کود کمپلکس میکروکمبی تأثیر معنی‌داری بر روی ارتفاع ساقه نداشتند، اختلافات ایجاد شده ممکن است به‌دلیل رفتار ارقام باشد و نشان از آن دارد که ارتفاع ساقه بیش‌تر از تیمارهای به‌کار رفته در آزمایش، متأثر از تفاوت در ژنوتیپ‌های مختلف آفتابگردان بوده است. همچنین، ارقام پابلندتر به‌دلیل کاهش در قطر ساقه و داشتن ساقه‌های ضعیف‌تر، در برابر ورس آسیب‌پذیرتر هستند. به‌نظر می‌رسد درجه حرارت‌های بالا و وزش باد گرم در اواخر دوره رشد و نیز اختلاف ژنتیکی بین ارقام از نظر میزان کودپذیری موجب بروز اختلاف در بین ارقام مورد مطالعه گردیده است. در این راستا مختاری و موسوی (۲۰۱۸) و زارعی و رضائی‌زاد (۲۰۱۷) نیز در تحقیقات جداگانه به‌وجود تفاوت در ارتفاع ساقه ارقام مختلف آفتابگردان اشاره کرده‌اند (۲۰، ۳۰).

قطر ساقه: اهمیت اساسی این صفت در تحمل وزن طبق و القای مقاومت در برابر ورس است. بر اساس نتایج حاصله، تیمارهای مختلف تراکم و محلول‌پاشی عناصر غذایی تأثیری معنی‌دار بر روی قطر ساقه ایجاد نموده‌اند (جدول ۵) و این موضوع نشان از آن دارد که قطر ساقه تحت تأثیر محیط رشد گیاه قرار گرفته است، به‌طوری که رقم ساوانا در تراکم ۱۳ بوته در متر مربع و سطح شاهد (بدون محلول‌پاشی) و همین رقم در تراکم ۹ بوته در متر مربع و تیمار ۲ کیلوگرم محلول‌پاشی کود کمپلکس میکروکمبی به‌ترتیب با میانگین‌های ۱۴/۱۶ و ۳۲/۸۶ میلی‌متر، کم‌ترین و بیش‌ترین قطر ساقه را در بین تمامی تیمارها ایجاد نمود. بنابراین، چنین می‌توان اظهار داشت که هر چند قطر ساقه بیش‌تر تحت تأثیر ژنتیک است، امّا ارقام

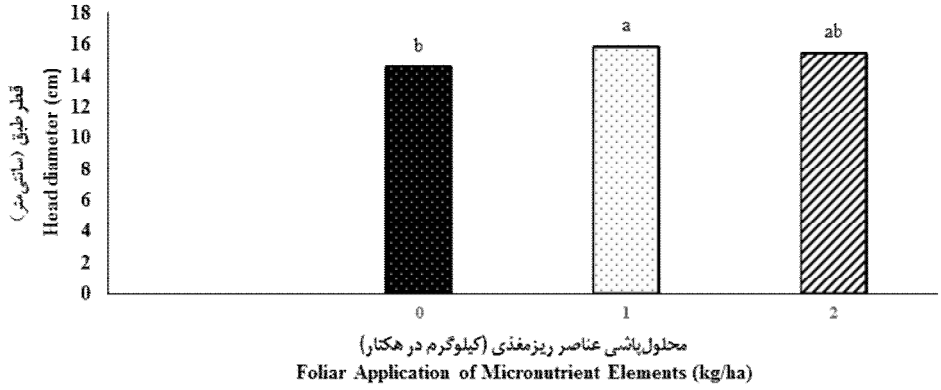
1. Least Significant Difference (LSD) Fisher test

مورد نظر در شرایط این آزمایش، تحت تأثیر محلول‌پاشی کود کمپلکس میکروکمبی و تراکم‌های کم‌تر کشت، قطر ساقه را به‌میزان بیش‌تری افزایش دادند. افزایش قطر ساقه در تراکم‌های پائین به‌دلیل کاهش رقابت بین بوته‌ها در جذب نور، آب و عناصر غذایی می‌باشد، به‌عبارت دیگر، در تراکم‌های کم‌تر، سطح‌برگ و بهره‌گیری بوته از عوامل محیطی زیاد شده و به‌علت توان ماده‌سازی و رشد بیش‌تر بوته، در نهایت قطر ساقه نیز افزایش می‌یابد (۱۹). افزایش قطر ساقه با کاربرد عناصر غذایی نیز ممکن است نتیجه انتقال کربوهیدرات‌ها و قندهای محلول با استفاده از تشکیل کمپلکس‌ها باشد (۲۹). بنابراین، کمبود عناصر غذایی با توجه به نقش آن‌ها در فعال کردن بسیاری از آنزیم‌ها مانند پروتئیناز[1] و پپتیدازها[2]، هورمون‌های رشدی و سایر واکنش‌های بیوشیمیایی (کشیدگی سلول، فتوسنتز و تعرق)، قطر ساقه را کاهش می‌دهد (۱۶). همچنین، به‌نظر می‌رسد عناصر غذایی در تقابل با افزایش تراکم بوته، با ایجاد تعادل تغذیه‌ای در گیاه، موجب کاهش اثرات رقابت بین‌بوته‌ای و افزایش قطر ساقه گردیده‌اند؛ به‌طوری که در تراکم ۱۳ بوته در متر مربع، بیش‌ترین قطر ساقه در تیمار محلول‌پاشی ۲ کیلوگرم کود کمپلکس میکروکمبی، توسط رقم شکیرا به‌میزان ۲۲/۶۶ میلی‌متر به‌دست آمد (جدول ۵). بررسی‌های پیشین از جمله پورسخی و خواجه‌پور (۲۰۱۳)، زارعی و رضائی‌زاد (۲۰۱۷) و نورآئین و همکاران (۲۰۱۹) نیز این یافته را تأیید کرده است (۲۱، ۲۳، ۳۰). قطر ساقه معیاری از رشد رویشی است و ساقه‌های با قطر مناسب موجب تحمل بهتر وزن طبق و پایداری آن در مقابل شرایط نامساعد محیطی و ورس گردیده و این احتمال نیز وجود دارد که با کاهش قطر ساقه، ضمن تأثیر منفی بر روند پرشدن دانه، وزن دانه‌ها در طبق و در نهایت عملکرد دانه هم کاهش یابد.

قطر طبق: بررسی اثرات ساده تراکم بر روی قطر طبق نشان می‌دهد، تراکم‌های مختلف بر روی قطر طبق اختلاف معنی‌دار ایجاد نموده و روند آن از تراکم ۷ تا ۱۳ بوته در متر مربع به‌صورت نزولی و موجب کاهش ۱۷/۱۴ درصدی در قطر طبق می‌شود، به‌طوری که بیش‌ترین و کم‌ترین قطر طبق در تراکم‌های ۷ و ۱۳ بوته در متر مربع به ترتیب با میانگین ۱۶/۷۴ و ۱۳/۸۷ سانتی‌متر به‌دست آمد (جدول ۳). این روند با تغییرات قطر ساقه هم‌آهنگ بود. با افزایش تراکم بوته، رقابت برای بهره‌مندی از عوامل مؤثر در رشد به‌ویژه آب، عناصر غذایی و نور افزایش پیدا می‌کند و در اثر این رقابت اندام‌های گیاهی همچون طبق کوچک‌تر می‌شوند (۲۲). این نتایج با یافته‌های علی و همکاران (۲۰۱۱) نیز مطابقت دارد (۱). بر اساس نتایج حاصله، محلول‌پاشی کود کمپلکس میکروکمبی موجب افزایش ۸/۲۵ درصدی و معنی‌دار در قطر طبق نسبت به شاهد گردید و بیش‌ترین مقدار نیز در سطح محلول‌پاشی ۱ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد، به‌طوری که شاهد با میانگین ۱۴/۵۶ و تیمار ۱ کیلوگرم محلول‌پاشی کود کمپلکس میکروکمبی در هکتار نیز با میانگین ۱۵/۸۷ سانتی‌متر به‌ترتیب کم‌ترین و بیش‌ترین قطر طبق را ایجاد نمودند (شکل ۱). علی‌رغم افزایش قطر طبق با کاربرد کود کمپلکس عناصر غذایی، اختلاف معنی‌داری در هر دو سطح محلول‌پاشی وجود نداشت و با توجه به اینکه حد مصرفی برای عناصر غذایی مورد نیاز در داخل گیاه وجود دارد، استفاده بیش از آن میزان به همان نسبت قطر طبق را افزایش نداده است و این احتمال وجود دارد که تجمع عناصر در بافت سلولی در تیمار محلول‌پاشی ۲ کیلوگرم در هکتار، حالت سمیّت در سلول گیاهی و تأثیر منفی بر روند افزایشی قطر طبق

1.Proteinase
2.Peptidases

ایجاد کرده باشد. کاربرد برگ‌پاش عناصر غذایی، موجب بهبود عملکرد دانه آفتابگردان از طریق افزایش قطر طبق و تعداد دانه در طبق می‌گردد (۱۵). به‌نظر می‌رسد می‌توان جذب سریع و آسان عناصر غذایی و افزایش رشد رویشی و توسعه اندام‌های هوایی گیاه در اثر مصرف کودهای کمپلکس دارای عناصر ریزمغذی را علت اصلی تولید طبق‌های بزرگ در روش محلول‌پاشی دانست. در بین ارقام مورد بررسی نیز از نظر قطر طبق اختلاف معنی‌داری وجود داشت، رقم اسکار با میانگین ۱۶/۶۹ سانتی‌متر و رقم مونالیزا با میانگین ۱۴/۲۷ سانتی‌متر به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین قطر طبق را در تراکم‌ها و سطوح محلول‌پاشی مورد آزمایش، ایجاد نمودند (جدول ۴). احتمالاً تفاوت بین ژنوتیپ‌ها و تأثیرپذیری متفاوت از تیمارهای مورد بررسی موجب این اختلاف در صفت مورد بررسی گردیده است.

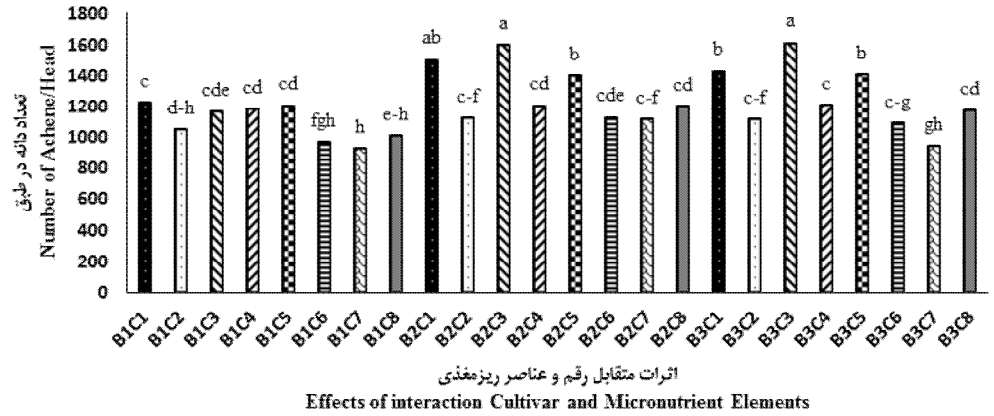


شکل ۱- قطر طبق در سطوح مختلف محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی (میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون (بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۰/۰۵) اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند).

Figure 1- Head diameter in the different levels spraying Micronutrient elements(Means within each column followed by the same letter are not significantly different (LSD Fisher test $P \leq 0.05$)).

تعداد دانه در طبق: نتایج حاصله نشان داد با افزایش تراکم از ۷ بوته به ۱۳ بوته در متر مربع تعداد دانه در هر طبق به‌میزان ۲۶/۳۸ درصد و به‌صورت معنی‌دار کاهش پیدا می‌کند (جدول ۳). بر این اساس بیش‌ترین تعداد دانه در هر طبق در تراکم ۷ بوته در متر مربع به‌میزان ۱۳۹۲/۷۹ دانه و کم‌ترین آن در تراکم ۱۳ بوته در متر مربع به‌میزان ۱۰۲۵/۳۶ دانه به‌دست آمد. در آزمایش حاضر، تعداد دانه در هر طبق رابطه مستقیم با قطر طبق داشت، به‌طوری که با کاهش قطر طبق در تراکم‌های بالا، تعداد دانه در هر طبق نیز کاهش یافت. در هنگام افزایش تراکم بوته به‌دلیل محدودیت در فراهمی منابع، مقداری از سلول‌های مولد گل دچار سقط گردیده و دانه تشکیل نگردیده، لذا تعداد دانه در هر طبق کاهش می‌یابد (۵). نتایج حاضر با نتایج تحقیقات مختاری و موسوی (۲۰۱۸) مطابقت دارد (۲۰). نتایج برهمکنش محلول‌پاشی کود کمپلکس میکروکمبی و رقم نیز نشان می‌دهد؛ ارقام مختلف دارای دامنه اختلاف ۴۲/۲۳ درصدی و معنی‌دار در تیمارهای محلول‌پاشی هستند، به‌طوری که رقم سودیمانس در تیمار شاهد و رقم اسکار در تیمار محلول‌پاشی ۲ کیلوگرم کود کمپلکس میکروکمبی در هکتار به‌ترتیب با داشتن ۹۳۱ و ۱۶۱۱/۵۸ دانه در هر طبق، کم‌ترین و بیش‌ترین تعداد دانه در هر طبق را دارا بودند (شکل ۲). فراهم شدن مقادیر کافی از عناصر ریزمغذی و نقشی که عناصر آهن و روی در افزایش فتوسنتز جاری دارند، می‌تواند فرآورده‌های

فتوسنتزی کافی تولید و باعث شود در زمان گرده‌افشانی از سقط گل‌ها و دانه‌ها جلوگیری و در نتیجه تعداد دانه بیش‌تری در طبق شکل گیرد (۲). محققین دیگر از جمله شیهزاد و همکاران (۲۰۱۶) نیز گزارش دادند با محلول‌پاشی عناصر غذایی تعداد دانه در طبق در ارقام آفتابگردان افزایش پیدا می‌کند (۲۷).



شکل ۲- برهمکنش رقم و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر روی تعداد دانه در طبق (میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون (بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۰/۰۵) اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند). کود میکرو (B_1:۰، B_2: ۱ و B_3: ۲ کیلوگرم در هکتار)، ارقام (فلیکس (C_1)، ای اس شکیرا (C_2)، اسکار (C_3)، ای اس ساوانا (C_4)، شمس (C_5)، لاباد (C_6)، سودیمانس (C_7)، مونالیزا (C_8)).

Figure 2- Effects of interaction cultivar and spraying micronutrient elementson number of achene/head (Means within each column followed by the same letter are not significantly different (LSD Fisher test $P \leq 0.05$)). Micro fertilizer (B_1: 0, B_2:1 and B_3:2 kg/ha) and cultivar (C_1: Felix, C_2: Shakira, C_3: Oscar, C_4: Savana, C_5: Shams, C_6: Labad, C_7: Sudimance, C_8: Monaliza).

وزن دانه‌ها در طبق: بر اساس بررسی‌های صورت گرفته، محلول‌پاشی کود کمپلکس میکروکمبی و تراکم موجب ایجاد اختلاف معنی‌دار در وزن دانه‌ها در ارقام مختلف گردید (جدول ۵). با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها، ارقام در تراکم‌های پایین کاشت و همچنین، تحت تأثیر محلول‌پاشی کود کمپلکس میکروکمبی، وزن دانه بالاتری داشتند؛ به‌طوری که رقم لاباد در تراکم ۱۳ بوته در متر مربع و شرایط شاهد محلول‌پاشی و همین رقم در تراکم ۷ بوته در متر مربع با تیمار ۱ کیلوگرم محلول‌پاشی به‌ترتیب با میانگین‌های ۱۶/۴۰ و ۷۰/۶۷ گرم، کم‌ترین و بیش‌ترین وزن دانه‌ها در طبق را در بین تمامی تیمارهای مورد بررسی ایجاد نمود. به‌دلیل اینکه در تراکم‌های پایین، زودتر از تراکم‌های بالا رسیدگی فیزیولوژیک صورت می‌گیرد و زمان لازم برای پر شدن دانه بیش‌تر می‌باشد، در نتیجه وزن دانه‌ها در طبق افزایش می‌یابد (۲۵). بر اساس تحقیقات لی و همکاران (۲۰۱۹) نیز کم‌ترین وزن دانه‌ها در طبق در آفتابگردان در بالاترین تراکم بوته به‌دست می‌آید (۱۷). عناصر غذایی نیز با حفظ عملکرد مناسب آنزیم‌های خاصی مانند آلفا آمیلاز، بتا آمیلاز، گلوکز ۶ فسفات دهیدروژناز و با توجه به حمل و نقل کربوهیدرات‌ها؛ با استفاده از کمپلکس‌های قند و عناصر ریزمغذی در بافت‌های فتوسنتزی، باعث تجمع نشاسته و قند در دانه‌ها و افزایش وزن آن‌ها می‌گردد (۲۷). تاهیر و همکاران (۲۰۱۷) نیز ثابت کردند، محلول‌پاشی عناصر غذایی موجب افزایش وزن دانه‌ها در طبق می‌گردد (۲۸). به‌طور کلی، به‌نظر می‌رسد محلول‌پاشی ارقام توسط کودهای کمپلکس دارای عناصر ریزمغذی در تقابل با افزایش رقابت بین‌گونه‌ای در به‌دست آوردن مواد مغذی، موجب تعادل تغذیه‌ای و افزایش انتقال کربوهیدرات‌ها به

دانه‌ها و نهایتاً افزایش وزن آن‌ها شده و با افزایش تراکم بوته نیز، این تعادل در غلظت محلول‌پاشی بالاتر حاصل گردیده، چنانکه رقم مونالیزا در تراکم ۱۳ بوته در متر مربع و محلول‌پاشی ۲ کیلوگرم کود کمپلکس میکروکمبی با میانگین ۳۵/۴۰ گرم، بیش‌ترین وزن دانه را ایجاد نمود (جدول ۵).

عملکرد دانه: بررسی نتایج نشان داد که با افزایش تراکم کاشت و محلول‌پاشی کود کمپلکس میکروکمبی، عملکرد دانه در ارقام مورد بررسی روند افزایشی و معنی‌دار پیدا می‌کند، به‌طوری که رقم فلیکس در تراکم ۹ بوته در متر مربع و سطح شاهد محلول‌پاشی با میانگین ۱/۳۸ تن در هکتار و همین رقم در تراکم ۱۱ بوته در متر مربع و تیمار ۱ کیلوگرم محلول‌پاشی کود کمپلکس میکروکمبی با میانگین ۵/۳۹ تن در هکتار، به‌ترتیب کم‌ترین و بیش‌ترین عملکرد دانه در هکتار را تولید نمودند. قلی‌نژاد و ساجدی (۲۰۱۲) نیز در ارومیه به عملکرد ۵ تن در هکتار دست یافتند (۱۳). افزایش تراکم بوته در متر مربع، همانطور که قبلاً بیان شد؛ باعث کاهش تعداد و وزن دانه در هر طبق می‌شود، در نتیجه افزایش عملکرد در تراکم ۱۱ بوته در متر مربع می‌تواند نتیجه سازگاری آفتابگردان از طریق افزایش تراکم بوته باشد و نشان می‌دهد، عملکرد دانه به‌میزان نسبتاً کمی دستخوش تغییر گردیده است. برادران و همکاران (۲۰۱۳) نیز در منطقه سیستان با بررسی سه تراکم ۸، ۱۰ و ۱۲ بوته در متر مربع بر روی آفتابگردان، اعلام نمودند؛ با افزایش تراکم بوته در واحد سطح، عملکرد دانه در هکتار با وجود کاهش در اجزاء عملکرد، افزایش معنی‌داری نسبت به تراکم کم بوته نشان داد، به‌طوری که بالاترین مقدار عملکرد دانه در تراکم ۱۲ بوته در متر مربع با میانگین ۲۱۴۱ کیلوگرم در هکتار بدست آمد (۵). چنین به‌نظر می‌رسد که تراکم ۱۱ بوته در متر مربع باعث افزایش رقابت درون‌گونه‌ای در استفاده از مواد غذایی، رطوبت و نور گردیده و با ناکافی بودن آن‌ها رشد گیاه و وزن دانه‌ها در طبق کاهش یافته و عملکرد تک گیاه کم‌تر شده است، ولی افزایش تعداد گیاه در واحد سطح جبران‌کنندهٔ این کاهش بوده و در نتیجه با افزایش تراکم، وزن دانه‌ها کاهش ولی عملکرد دانه افزایش پیدا کرده است. نتایج به‌دست آمده نیز توسط زارعی و رضائی‌زاد (۲۰۱۷) و حسن‌زاده و همکاران (۲۰۱۳) تأیید شده است (۱۴، ۳۰). با توجه به بررسی نتایج مقایسه میانگین‌ها، محلول‌پاشی کود کمپلکس میکروکمبی نیز از طریق بهبود اجزای عملکرد و کاهش تنش رقابتی بین بوته‌ها در تراکم‌های بالای کاشت، سبب افزایش عملکرد دانه در آفتابگردان گردید. افزایش عملکرد دانه در آفتابگردان از طریق کاربرد عناصر ریزمغذی به‌دلیل افزایش در ظرفیت انتقال داخی گیاه، نقش کمکی در گیاهان و فعال کردن بسیاری از آنزیم‌ها همانند پروتئینازها و پپتیدازها می‌باشد (۹). نتایج به‌دست آمده با نتایج تحقیقات بسیاری از محققین از جمله دیندوست‌اسلام و یوسف‌زاده (۲۰۱۳)، امینی و رشدی (۲۰۱۳) مطابقت داشت (۲، ۸). ارقام آفتابگردان به‌دلیل خصوصیات ژنتیکی متفاوت با یکدیگر و شرایط اقلیمی متفاوتی که در آنجا کشت می‌گردند، عملکردهای متفاوتی دارند و در این تحقیق نیز این نتیجه مورد تأیید قرار گرفت که ارقامی که بعضاً برای اولین بار در منطقه مورد کشت و بررسی قرار گرفتند، تفاوت‌های بسیار معنی‌داری از نظر عملکرد دانه داشتند؛ به‌طوری که بین بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد دانه در ارقام مورد آزمایش در حدود ۲۲/۶۲ درصد اختلاف وجود داشت (جدول ۵). علت تفاوت در ارقام را می‌توان به نورگیری بهتر، استفاده مطلوب‌تر از عوامل محیطی و نیز کاهش شدت تنفس، انتقال و ذخیره‌سازی مواد در اندام‌های ذخیره‌ای گیاه مرتبط دانست (۱۴).

عملکرد روغن: بررسی‌های انجام شده نشان داد که سطوح مختلف تراکم و محلول‌پاشی کود کمپلکس میکروکمبی بر روی عملکرد روغن ارقام مورد بررسی تأثیر معنی‌دار داشت، به‌طوری که ارقام در تراکم‌های بالا و همچنین، با محلول‌پاشی کود کمپلکس میکروکمبی بیش‌ترین عملکرد روغن را ایجاد نمودند (جدول ۵). با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیش‌ترین میانگین عملکرد روغن به‌میزان ۲/۶۴ تن در هکتار توسط رقم فلیکس در تراکم ۱۱ بوته در متر مربع به‌همراه محلول‌پاشی ۱ کیلوگرم کود کمپلکس میکروکمبی و کم‌ترین میزان عملکرد روغن نیز توسط همین رقم در تراکم ۹ بوته در متر مربع و سطح شاهد محلول‌پاشی با میانگین ۰/۵۷ تن در هکتار ثبت گردید. با توجه به اینکه عملکرد روغن تابعی از عملکرد دانه و درصد روغن آن است، بنابراین، چنین به‌نظر می‌رسد که در آزمایش حاضر، عملکرد دانه بالاتر در تراکم ۱۱ بوته در متر مربع و بهبود فتوسنتز و دانه‌بندی مناسب در زمان محلول‌پاشی کود کمپلکس میکروکمبی، موجب افزایش عملکرد روغن گردیده است. بِجِی‌بای (۲۰۱۱)، نیز در بررسی‌های خود به این حقیقت دست پیدا نمود و گزارش داد؛ افزایش تراکم باعث افزایش عملکرد روغن می‌گردد (۴). عناصر کم‌مصرف شامل روی و آهن محلول‌پاشی شده نیز، احتمالاً با اثر مثبت بر روی فتوسنتز و آنزیم‌های موجود در مسیر متابولیک تبدیل مواد فتوسنتزی به انرژی و مواد ذخیره‌ای دانه (آنزیم‌های تنفسی)، عملکرد روغن را افزایش دادند؛ به‌طوری که عنصر روی با افزایش متابولیسم چربی‌ها و آهن نیز با حضور در ترکیب آنزیم‌های فتوسنتزی و تنفسی و همچنین، نقش فعال در متابولیسم گیاهی، درصد روغن دانه را تحت تأثیر قرار دادند. همچنین، نقش منگنز در متابولیسم چربی‌ها بسیار کلیدی است، حضور منگنز در واکنش‌های انتقال الکترون و تولید کلروفیل موجب گردیده که کمبود آن باعث کاهش میزان فتوسنتز و در نتیجه کم‌تر بودن اسکلت‌های کربن برای ساختن اسیدهای چرب شود (۸). شاکر و محمد (۲۰۱۱)، مدنی (۲۰۱۳) نیز در تحقیقاتی دیگر به نتایج مشابهی دست پیدا کردند (۱۸، ۲۶). در نهایت از نتایج چنین بر می‌آید که تیمارهایی که بیش‌ترین تأثیر مثبت را در عملکرد دانه داشتند، نقش آن‌ها در تغییرات عملکرد روغن قوی‌تر و مهم‌تر بود.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی، تأثیر سودمند محلول‌پاشی کود کمپلکس میکروکمبی در کاهش اثرات منفی رقابت درون‌گونه‌ای در زمان افزایش تراکم بوته بر صفات کمی و کیفی آفتابگردان، می‌تواند به‌عنوان یک راهکار مدیریت زراعی کارآمد در افزایش عملکرد دانه و روغن در ژنوتیپ‌های مختلف آفتابگردان در شهرستان دزفول و مناطق مشابه شمال استان خوزستان مطرح باشد. براساس نتایج حاصل از این آزمایش و با توجه به شرایط منطقه پیشنهاد می‌گردد که برای حصول بالاترین عملکرد دانه آفتابگردان روغنی (به‌طور میانگین ۵/۴ تن در هکتار)، از رقم فلیکس در تراکم کشت ۱۱ بوته در متر مربع و محلول‌پاشی ۱ کیلوگرم کود کمپلکس میکروکمبی در هکتار استفاده شود.

سپاسگزاری

بدینوسیله از حوزه معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه شهید چمران اهواز به جهت تامین هزینه مورد نیاز این تحقیق که قسمتی از قرارداد پژوهانه به شماره ۹۸/۳/۰۵/۱۴۹۰۹ مورخ ۱۳۹۸/۰۳/۱۱ بود و نیز از مدیریت شرکت کشت و صنعت شهید رجایی شهرستان دزفول به جهت همکاری و در اختیار قرار دادن امکانات اجرایی آزمایش تشکر و قدردانی می‌گردد.

جدول ۲- اثرات تراکم بر روی قطر طبق و تعداد دانه در طبق.

Table 2- Effects of density on the head diameter and number of achene/head.

تراکم‌های مختلف کاشت (بوته در متر مربع) Different planting densities (plant/m^2)	قطر طبق (سانتی‌متر) Head diameter(cm)	تعداد دانه در طبق Number of achene/head
7	16.74_{a}	1392.79_{a}
9	15.61_{b}	1273.65_{ab}
11	14.90_{b}	1148.08_{bc}
13	13.87_{c}	1025.36_{c}

اعداد دارای حروف مشترک برای هر عامل سطوح غیر معنی‌دار می‌باشد (آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD Fisher test 5%).

Numbers with letters common in the column and for each factor no significant (LSD Fisher test 5%).

جدول ۳- اثرات رقم بر روی ارتفاع ساقه و قطر طبق.

Table 3- Effects of cultivar on the stem height and head diameter.

ارقام مختلف Different Cultivars	ارتفاع ساقه (سانتی‌متر) Stem Height (cm)	قطر طبق (سانتی‌متر) Head Diameter (cm)
فلیکس (Felix)	181.77_{b}	16.03_{ab}
شکیرا (Shakira)	168.55_{bc}	15.56_{a-d}
اسکار (Oscar)	180.79_{b}	16.69_{a}
ساوانا (Savana)	181.47_{b}	14.46_{cd}
شمس (Shams)	198.36_{a}	15.61_{abc}
لاباد (Labad)	178.6_{b}	14.30_{d}
سودیمانس (Sudimance)	180.64_{b}	15.35_{bcd}
مونالیزا (Monaliza)	156.93_{c}	14.27_{d}

اعداد دارای حروف مشترک و برای هر عامل سطوح غیر معنی‌دار می‌باشد (آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD Fisher test 5%).

Numbers with letters common in the column and for each factor no significant (LSD Fisher test 5%).

جدول ۴- برهمکنش تراکم، محلول‌پاشی کود کمپلکس میکروکمبی و رقم بر روی قطر ساقه، وزن دانه‌ها در طبق، عملکرد دانه و عملکرد روغن (برش‌دهی اثرات متقابل در سطح هر تراکم).

Table 4- Interaction effects of density, foliar application of microcombi complex fertilizer and cultivar on the stem diameter, achenes of weight/head, achene yield and oil yield (Sliced by the each density levels).

برهم‌کنش Interaction effects	قطر ساقه (میلی‌متر) Stem diameter (mm)	وزن دانه‌ها در طبق (گرم) Achenes of weight/head (g)	عملکرد دانه (تن در هکتار) Achene yield (t/ha)	عملکرد روغن (تن در هکتار) Oil yield (t/ha)
$A_1\times B_1\times C_1$	20.13_{b-f}	34.77_{hi}	2.35_{g-j}	0.79_{ijk}
$A_1\times B_1\times C_2$	22.27_{a-e}	37.00_{ghi}	2.76_{d-g}	1.03_{ghi}
$A_1\times B_1\times C_3$	25.70_{a}	46.10_{de}	2.59_{fgh}	0.98_{hij}
$A_1\times B_1\times C_4$	19.07_{c-f}	34.43_{hi}	1.77_{j}	0.68_{jk}
$A_1\times B_1\times C_5$	22.30_{a-e}	36.53_{ghi}	2.05_{hij}	0.82_{ijk}
$A_1\times B_1\times C_6$	20.37_{b-f}	55.43_{bc}	1.95_{ij}	0.61_{k}
$A_1\times B_1\times C_7$	18.83_{c-f}	33.83_{i}	2.38_{ghi}	0.99_{g-i}
$A_1\times B_1\times C_8$	17.73_{c-f}	35.97_{ghi}	2.55_{fgh}	1.05_{ghi}
$A_1\times B_2\times C_1$	21.67_{a-e}	66.20_{a}	4.74_{a}	2.11_{a}
$A_1\times B_2\times C_2$	22.73_{abc}	46.20_{de}	3.42_{b}	1.54_{b-e}
$A_1\times B_2\times C_3$	22.30_{a-e}	56.60_{b}	4.23_{a}	1.67_{bc}
$A_1\times B_2\times C_4$	20.57_{b-f}	42.07_{d-h}	3.02_{b-f}	1.32_{d-g}
$A_1\times B_2\times C_5$	22.50_{a-d}	47.83_{cd}	3.48_{b}	1.51_{b-f}
$A_1\times B_2\times C_6$	21.80_{a-e}	70.67_{a}	4.59_{a}	1.77_{ab}
$A_1\times B_2\times C_7$	25.13_{ab}	45.83_{def}	3.35_{bc}	1.61_{bcd}
$A_1\times B_2\times C_8$	19.67_{c-f}	43.67_{d-g}	3.26_{bcd}	1.50_{b-f}
$A_1\times B_3\times C_1$	19.77_{c-f}	37.93_{f-i}	2.75_{d-g}	1.22_{e-h}
$A_1\times B_3\times C_2$	21.57_{a-e}	38.30_{e-i}	2.80_{c-g}	1.18_{fgh}
$A_1\times B_3\times C_3$	17.30_{ef}	48.23_{cd}	3.04_{b-f}	1.23_{e-h}
$A_1\times B_3\times C_4$	20.27_{b-f}	42.37_{d-h}	2.35_{g-j}	1.05_{ghi}

$A_1 \times B_3 \times C_5$	21.03_{a-e}	41.47_{d-i}	3.04_{b-f}	1.28_{d-h}
$A_1 \times B_3 \times C_6$	17.60_{def}	66.83_{a}	4.38_{a}	1.70_{bc}
$A_1 \times B_3 \times C_7$	17.63_{def}	36.37_{ghi}	2.64_{efg}	1.22_{e-h}
$A_1 \times B_3 \times C_8$	15.53_{f}	42.87_{d-g}	3.20_{b-e}	1.39_{c-f}
$A_2 \times B_1 \times C_1$	22.07_{b-e}	33.70_{f-i}	1.39_{k}	0.58_{k}
$A_2 \times B_1 \times C_2$	20.33_{b-f}	30.73_{hij}	2.306_{ij}	0.87_{ijk}
$A_2 \times B_1 \times C_3$	20.47_{b-f}	40.37_{cd}	3.106_{e-h}	1.31_{efg}
$A_2 \times B_1 \times C_4$	19.50_{c-f}	29.93_{ij}	2.20_{j}	0.91_{h-k}
$A_2 \times B_1 \times C_5$	19.87_{b-f}	35.10_{d-i}	2.30_{j}	0.81_{jk}
$A_2 \times B_1 \times C_6$	17.13_{ef}	34.10_{f-i}	2.50_{ij}	0.80_{jk}
$A_2 \times B_1 \times C_7$	19.43_{c-f}	26.03_{j}	2.50_{ij}	0.87_{ijk}
$A_2 \times B_1 \times C_8$	25.20_{b}	34.30_{e-i}	3.01_{gh}	1.12_{f-j}
$A_2 \times B_2 \times C_1$	22.83_{bcd}	48.53_{b}	4.14_{ab}	1.87_{abc}
$A_2 \times B_2 \times C_2$	19.57_{c-f}	39.93_{cde}	3.50_{c-f}	1.59_{cde}
$A_2 \times B_2 \times C_3$	17.93_{def}	46.90_{b}	4.17_{ab}	1.96_{ab}
$A_2 \times B_2 \times C_4$	19.10_{c-f}	39.30_{c-f}	3.64_{cd}	1.67_{bcd}
$A_2 \times B_2 \times C_5$	21.73_{b-f}	40.00_{cde}	3.74_{bc}	1.71_{a-d}
$A_2 \times B_2 \times C_6$	20.67_{b-f}	65.20_{a}	4.57_{a}	2.03_{a}
$A_2 \times B_2 \times C_7$	20.17_{b-f}	33.33_{ghi}	3.21_{d-h}	1.28_{efg}
$A_2 \times B_2 \times C_8$	17.03_{ef}	37.17_{d-g}	3.57_{cde}	1.72_{a-d}
$A_2 \times B_3 \times C_1$	19.03_{c-f}	36.03_{d-h}	2.98_{gh}	1.19_{f-i}
$A_2 \times B_3 \times C_2$	16.37_{f}	35.47_{d-i}	2.99_{gh}	1.31_{efg}
$A_2 \times B_3 \times C_3$	18.70_{def}	43.60_{bc}	3.60_{cd}	1.47_{def}
$A_2 \times B_3 \times C_4$	32.87_{a}	34.43_{e-i}	3.08_{fgh}	1.41_{def}
$A_2 \times B_3 \times C_5$	20.20_{b-f}	36.83_{d-g}	2.78_{hi}	1.27_{e-h}
$A_2 \times B_3 \times C_6$	24.30_{bc}	44.87_{bc}	3.22_{d-g}	1.04_{g-j}
$A_2 \times B_3 \times C_7$	20.07_{b-f}	32.63_{ghi}	3.13_{fgh}	1.14_{f-j}
$A_2 \times B_3 \times C_8$	20.10_{b-f}	36.63_{d-g}	3.03_{gh}	1.37_{d-g}
$A_3 \times B_1 \times C_1$	18.07_{ab}	31.53_{d-g}	2.48_{klm}	1.14_{hij}
$A_3 \times B_1 \times C_2$	20.47_{ab}	30.73_{efg}	2.87_{g-l}	1.19_{g-i}
$A_3 \times B_1 \times C_3$	21.23_{ab}	26.27_{ghi}	2.51_{klm}	0.96_{jk}
$A_3 \times B_1 \times C_4$	16.40_{b}	29.17_{fgh}	2.16_{m}	0.89_{jk}
$A_3 \times B_1 \times C_5$	21.20_{ab}	29.97_{efg}	2.25_{lm}	0.84_{jk}
$A_3 \times B_1 \times C_6$	18.70_{ab}	27.07_{ghi}	2.76_{h-m}	0.69_{k}
$A_3 \times B_1 \times C_7$	18.03_{ab}	20.63_{i}	2.32_{lm}	0.72_{k}
$A_3 \times B_1 \times C_8$	18.77_{ab}	28.67_{fgh}	2.70_{i-m}	1.04_{ijk}
$A_3 \times B_2 \times C_1$	22.00_{ab}	47.23_{a}	5.40_{a}	2.64_{a}
$A_3 \times B_2 \times C_2$	21.13_{ab}	36.23_{cde}	3.85_{cde}	1.84_{bcd}
$A_3 \times B_2 \times C_3$	21.70_{ab}	44.33_{ab}	4.22_{bc}	1.92_{bc}
$A_3 \times B_2 \times C_4$	18.47_{ab}	32.47_{d-g}	3.53_{d-g}	1.69_{b-f}
$A_3 \times B_2 \times C_5$	23.03_{a}	37.83_{bcd}	3.91_{cde}	1.65_{c-f}
$A_3 \times B_2 \times C_6$	16.27_{b}	41.83_{abc}	4.75_{ab}	1.75_{b-e}
$A_3 \times B_2 \times C_7$	16.77_{ab}	30.40_{efg}	3.39_{e-h}	1.54_{d-g}
$A_3 \times B_2 \times C_8$	16.13_{b}	36.20_{cde}	4.09_{bcd}	2.05_{b}
$A_3 \times B_3 \times C_1$	18.70_{ab}	30.77_{efg}	3.25_{e-j}	1.47_{d-h}
$A_3 \times B_3 \times C_2$	20.20_{ab}	32.77_{d-g}	3.36_{e-i}	1.38_{f-i}
$A_3 \times B_3 \times C_3$	16.47_{b}	35.13_{def}	3.51_{d-g}	1.44_{e-h}
$A_3 \times B_3 \times C_4$	19.03_{ab}	34.63_{def}	3.36_{e-i}	1.67_{c-f}
$A_3 \times B_3 \times C_5$	21.93_{ab}	32.57_{d-g}	3.12_{f-k}	1.34_{f-i}
$A_3 \times B_3 \times C_6$	18.07_{ab}	32.77_{d-g}	3.70_{c-f}	1.20_{g-j}
$A_3 \times B_3 \times C_7$	19.37_{ab}	22.57_{hi}	2.62_{j-m}	1.03_{ijk}
$A_3 \times B_3 \times C_8$	17.83_{ab}	29.70_{efg}	3.38_{e-h}	1.39_{e-i}
$A_4 \times B_1 \times C_1$	15.33_{fg}	22.83_{f-j}	2.52_{i-n}	0.99_{g-i}
$A_4 \times B_1 \times C_2$	18.33_{b-f}	23.67_{f-j}	2.72_{h-l}	1.21_{d-h}
$A_4 \times B_1 \times C_3$	21.67_{ab}	23.27_{f-j}	2.40_{k-n}	0.84_{hij}
$A_4 \times B_1 \times C_4$	14.17_{g}	21.90_{g-k}	1.94_{n}	0.75_{ij}
$A_4 \times B_1 \times C_5$	21.87_{ab}	18.27_{jk}	2.04_{mn}	0.86_{hij}
$A_4 \times B_1 \times C_6$	16.67_{d-g}	16.40_{k}	2.11_{lmn}	0.62_{j}
$A_4 \times B_1 \times C_7$	18.73_{b-f}	19.47_{ijk}	2.45_{j-n}	0.86_{hij}
$A_4 \times B_1 \times C_8$	18.50_{b-f}	27.87_{c-g}	3.14_{d-i}	1.03_{f-i}
$A_4 \times B_2 \times C_1$	16.80_{d-g}	24.37_{e-j}	3.06_{e-j}	1.42_{b-f}
$A_4 \times B_2 \times C_2$	18.13_{b-f}	26.77_{d-h}	3.42_{d-g}	1.62_{abc}
$A_4 \times B_2 \times C_3$	20.37_{a-d}	29.07_{c-f}	2.91_{f-k}	1.41_{b-f}
$A_4 \times B_2 \times C_4$	19.27_{a-e}	28.67_{c-f}	2.85_{h-k}	1.43_{b-f}

$A_4 \times B_2 \times C_5$	15.97_{efg}	21.70_{g-k}	2.59_{i-m}	1.10_{e-i}
$A_4 \times B_2 \times C_6$	15.67_{efg}	25.60_{d-i}	3.34_{d-h}	1.18_{d-h}
$A_4 \times B_2 \times C_7$	20.47_{a-d}	20.00_{ijk}	2.51_{i-n}	1.31_{c-g}
$A_4 \times B_2 \times C_8$	16.67_{d-g}	27.93_{c-g}	3.32_{d-h}	1.48_{b-e}
$A_4 \times B_3 \times C_1$	18.43_{b-f}	30.73_{bcd}	4.15_{bc}	1.76_{ab}
$A_4 \times B_3 \times C_2$	22.67_{a}	30.57_{b-e}	3.71_{bcd}	1.62_{abc}
$A_4 \times B_3 \times C_3$	20.87_{abc}	33.60_{abc}	3.62_{cde}	1.50_{bcd}
$A_4 \times B_3 \times C_4$	17.33_{c-g}	30.80_{bcd}	3.51_{def}	1.49_{b-e}
$A_4 \times B_3 \times C_5$	21.13_{abc}	21.27_{h-k}	2.74_{i-l}	1.13_{d-i}
$A_4 \times B_3 \times C_6$	17.70_{c-g}	38.43_{a}	5.18_{a}	1.68_{abc}
$A_4 \times B_3 \times C_7$	18.10_{b-f}	21.03_{h-k}	2.77_{h-k}	1.21_{d-h}
$A_4 \times B_3 \times C_8$	15.93_{efg}	35.4_{ab}	4.30_{b}	1.97_{a}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و در هر سطح تیمار بر اساس آزمون LSD Fisher test **اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با هم ندارند**

Means within each column and each density level followed by the same letter are not significantly different ($P \leq 0.05$).

تراکم (A_1: ۷، A_2: ۹، A_3: ۱۱ و A_4: ۱۳ بوته در متر مربع)، کود کمپلکس میکروکمبی (B_1: ۰، B_2: ۱ و B_3: ۲ کیلوگرم در هکتار)، ارقام (فلیکس (C_1)، ای اس شکیرا (C_2)، اسکار (C_3)، ای اس ساوانا (C_4)، شمس (C_5)، لاباد (C_6)، سودیمانس (C_7)، مونالیزا (C_8)).

Density (A_1: 7, A_2: 9, A_3: 11 and A_4: 13 plant/m^2), microcombi complex fertilizer (B_1: 0, B_2:1 and B_3:2 kg/ha) and cultivars (C_1: Felix, C_2: Shakira, C_3: Oscar, C_4: Savana, Shams, C_6: Labad, C_7: Sudimance, C_8: Monaliza).

Refrences

1. Ali, A., Afzal, M., Rasool, I., Hussain, S., and Ahmad, M. 2011. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids performance at different plant spacing under agro-ecological conditions of Sargodha, Pakistan. IPCBEE Singapoore. 9: 1. 317-322.
2. Amini, A.S., and Roshdi, M. 2013. The effect foliar application of iron, zinc, manganese and potassium elements at different stages of development on crop characteristics and nuts sunflower yield. J. Res Crop Sci. 5: 20. 37-48. (in Persian).
3. Babaeian, M., Tavassoli, A., Ghanbari, A., Esmaeilian, Y., and Fahimifard, M. 2011. Effects of foliar micronutrient application on osmotic adjustments, grain yield and yield components in sunflower (Alstar cultivar) under water stress at three stages. Afr J. Agric Res. 6: 5. 1204-1208.
4. Bajehbaj, A. A. 2011. Effects of drought stress and different densities on oil yield and biomass yield of sunflower varieties. Afr J. Biotechnol. 10: 29. 5608-5613.
5. Baradaran, R., Fanaei, H.R., and Sargazi, M. 2013. Investigating the effect of bush condensation in different moisture regimes on the qualitative and quantitative characters of sunflower in circumstances of Sistan. J. New Find Agric. 7: 3. 228-239. (in Persian).
6. Coriolano, A.C.F., Melo, P.M., Lima, A.J., Dos santos medeiros, A.R., Gondim, A.D., Peixoto, C.G., and De araujo, A.S. 2014. Thermal and oxidation atsbility of sunflower methanolic biodiesel and blends of biodiesel/diesel. Petro J. 2: 2. 39-44.
7. Crnobarac, J., Balalić, I., Marinković, B., Jaćimović, G., and Latkovic, D. 2014. Influence of stand density on yield and quality of NS sunflower confectionary hybrids. Res J. Agr Sci. 46: 1. 178-183.
8. Dindosteslam, S., and Yousefzadeh, S. 2013. The effect of drought stress and foliar application of zinc, iron and manganese on the quantitative and qualitative characteristics of sunflowers of Hisun 33 cultivar. J. Res Crop Sci. 6: 22. 25-41. (in Persian).
9. Farokhi, H., Shirzadi, M. H., Afsharmanesh, G., and Ahmadizadeh, M. 2015. Response of Azargol sunflower cultivar to different micronutrients in Jiroft region, southeast of Iran. South West J. Hortic Biol Env. 6: 1. 53-64.
10. Farokhi, H., Shirzadi, M.H., Afsharmanesh, G., and Ahmadizadeh, M. 2014. Effect of different micronutrients on growth parameters and oil percent of Azargol sunflower cultivar in Jiroft region. J. Bull Env Pharmacol Life Sci. 3: 7. 97-101.

11. Farzanian, M., Yarnia, M., Javanshir, A., and Tarinejhad, A.R. 2010. Effects of microelement application methods on seed yield components in Alestar sunflower hybrid. J. Food Agr Env. 8: 3. 305-308.
12. Ghaffari, M., Farrokhi, E., Rahmanpour, S., Daneshian, J., Nasserghadimi, F., and Yazdandoost, M. 2018. Shams, new medium maturity sunflower hybrid adapted to spring cropping in temperate and cold regions and summer cropping in temperate regions of Iran. J. Res Achi Field Hortic Crops. 7: 2. 221-233. (in Persian)
13. Gholinezhad, E., and Sajedi, N. 2012. Evaluation of water deficit stress effects, different rates of nitrogen and plant density on remobilization, current photosynthesis and grain yield in sunflower var. Iroflor. World Appl Sci J. 19: 5. 650-658.
14. Hasanzade, A., MaroueeMilan, R., Niko, S.H., and Khalilzade, G.H. 2013. Effect of plant density and planting date on yield and yield components in two varieties of oily *Helianthus Annuus* L. J. Agric Nat Res. 17: 30-40. (in Persian)
15. Hatami, H. 2017. The effect of zinc and humic acid applications on yield and yield components of sunflower in drought stress. J. Adv Agric Technol. 4: 1. 36-39.
16. Khan, I., Anjum, S.A., Qardri, R.W.K., Ali, M., Chattha, M.U., and Asif, M. 2015. Boosting achene yield and yield related traits of sunflower hybrids through boron application strategies. Am J. Plant Sci. 6: 11. 1752-1759.
17. Li, J., Qu, Z., Chen, J., Yang, B., and Huang, Y. 2019. Effect of planting density on the growth and yield of sunflower under mulched drip irrigation. Water J. 11: 4. 752-766.
18. Madani, H. 2013. Response of nut and oilseed sunflower to different sources and levels of phosphate and zinc nutrition. Electron J. Biol. 9: 3. 46-52.
19. Mehrabigohari, E., and Taghizademehrjardi, R. 2014. Effects of different plant density on yield and yield components of sunflower oil in the region of Bam Roudab. J. New Find Agric. 8: 4. 339-352. (in Persian)
20. Mokhtari, A., and Moosavi, S.G. 2018. Effect of plant density on some morphological traits, yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars. J. Plant Ecophysiol. 10: 34. 131-144. (in Persian)
21. Nouraein, M., Bakhtiarzadeh, R., Janmohammadi, M., Mohammadzadeh, M., and Sabaghnia, N. 2019. The effects of micronutrient and organic fertilizers on yield and growth characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Helia J. 42: 71. 249-264.
22. Nourgholipour, F., and Mirzapour, M. 2016. Soil fertility management and nutrition guidelines of sunflower plant. Soil and Water Research Institute. Press. 44 p. (In Persian)
23. Poursakhy, N., and Khajehpour, M. 2013. Effect of planting pattern and plant density on growth and yield of sunflower (Hisun-36 hybrid). Agron J. (Paj. Saz). 104: 54-61. (in Persian)
24. SAS institute., 2012. SAS/OR 9.4 user's guide: Mathematical programming examples. SAS institute.
25. SeyedSharifi, R., and Abassi. H. 2014. Study of various levels of nitrogen fertilizer and plant density on grain yield, rate and effective grain filling period sunflower (*Helianthus annus* L.) cultivars in Ardabil region. J. Plant Res (Iran J. Biol). 27: 2. 228-242. (in Persian)
26. Shaker, A.T., and Mohammed, S.A. 2011. Effect of different levels and timing of boron foliar application on growth, yield and quality of sunflower genotypes (*Helianthus annuus* L.). Mesopotamia J. Agric. 39: 3. 16-24.
27. Shehzad, M.A., Maqsood, M., Abbas, T., and Ahmad, N. 2016. Foliar boron spray for improved yield, oil quality and water use efficiency in water stressed sunflower. Sains Mal J. 45: 10. 1497-1507.
28. Tahir, M., Faisal Amin, M., Ibrahim, M., Sheikh, A.A., and Sarwar, M.A. 2017. Effect of integrated nutrients use on yield and quality of sunflower. Pak J. Life Soc Sci. 15: 2. 102-106.

29. Tahir, M., YounasIshaq, M., Sheikh, A.A., Naeem, M., and Rehman, A. 2014. Effect of boron on yield and quality of sunflower under agro-ecological conditions of Faisalabad (Pakistan). Sci Agric J. 7: 1. 19-24.

30. Zareeisiahbidi, A., and Rezaeizad, A. 2017. Effect of plant density on agronomic characteristics of new sunflower hybrids in summer cropping. J. Seed Plant Prod. 2-33: 1. 31-45. (in Persian)