

بررسی اثر تنش خشکی و گونه های میکوریزا بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه، میزان کلروفیل و ترکیبات بیوشیمیایی آفتابگردان

مصطفی حیدری^{۱*}، وحید کرمی^۲

۱. دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات- دانشگاه شاهرود؛ ۲. دانشجوی کارشناسی ارشد آگرواکولوژی- دانشگاه زابل

تاریخ دریافت: ۹۱/۶/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۴/۱۱

چکیده

به منظور بررسی اثرات دو گونه قارچ میکوریزایی بر عملکرد، اجزای عملکرد دانه، میزان کلروفیل، فلورسانس کلروفیل و مقادیر کربوهیدرات و پروتئین در گیاه آفتابگردان (رقم آلستر) تحت تنش خشکی، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل اجرا گردید. تیمارهای تنش خشکی شامل ۹۰ (شاهد)، ۷۰ و ۵۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی خاک مزرعه به عنوان عامل اصلی و دو گونه قارچ میکوریزایی شامل شاهد یا بدون تلقیح، *Glumus etanicatum* و *Glumus mossea* به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد تنش خشکی تاثیر معنی داری بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت داشت و سبب کاهش آنها گردید. میزان کاهش عملکرد دانه در بالاترین سطح خشکی نسبت به تیمار شاهد معادل ۱۵/۰۷ درصد بود. استفاده از قارچ میکوریزایی هر چند سبب افزایش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت شد، اما این افزایش از لحاظ آماری معنی دار نبود. تیمار خشکی سبب افزایش مقادیر کربوهیدرات و پروتئین در برگ‌های گیاه گردید و به صورت معنی داری منجر به کاهش وزن طبق، قطر طبق، تعداد دانه بر طبق و وزن هزار دانه شد. در این آزمایش استفاده از گونه‌های میکوریزایی تنها تاثیر معنی دار بر میزان پروتئین موجود در برگ، قطر طبق، تعداد کل دانه‌ها در طبق و وزن هزار دانه داشت. اثر متقابل تنش خشکی و گونه‌های میکوریزایی نیز تنها بر وزن طبق و تعداد دانه-های پوک در طبق معنی دار بودند. در بالاترین سطح تنش خشکی، استفاده از گونه میکوریزایی *Glumus mossea* از بیشترین تاثیر بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه برخوردار بود.

واژه‌های کلیدی: تنظیم کننده‌های اسمزی، کم آبیاری، عملکرد کمی، فلورسانس کلروفیل.

مقدمه

از این رو از انتقال مقدار مناسب CO₂ به درون برگ ممانعت می‌شود (Chaves, 1991). کاهش محتوای آب در بافت‌های گیاهان تحت شرایط تنش خشکی باعث محدود شدن رشد و برخی تغییرات فیزیولوژیکی و متابولیکی در آنها می‌گردد. از سازوکارهای کارآمدی که به هنگام مواجه شدن با خشکی برای حفظ آماس سلولی در گیاهان به وجود می‌آید، تنظیم اسمزی است. تنظیم اسمزی در اثر انباشت ترکیب‌های آلی و معدنی در بافت‌ها به وجود می‌آید. از ترکیبات آلی می‌توان به پروتئین و انواعی از ترکیبات قندی اشاره کرد (French and Turner, 1991).

حدود ۴۰ درصد از اراضی کره زمین در مناطق خشک و نیمه خشک قرار دارند. در این مناطق آب عامل محدود کننده اصلی تولید بوده و خشکی از مهمترین عوامل القاء کننده تنش در گیاهان زراعی به شمار می‌رود (Ashraf and Mehmood, 1990). کمبود آب سبب ممانعت از انجام فتوسنتز خواهد شد (Cornic, 1994). توانایی گیاهان در حفظ فعالیت فتوسنتزی تحت شرایط تنش خشکی اهمیت زیادی در مقاومت آنها دارد (Cornic, 1994). در واکنش به کمبود آب گیاهان، بطور سریع روزنه‌های خود را جهت جلوگیری از هدرروی آب می‌بندند،

علی‌رغم تحقیقات گسترده‌ای که در مورد همزیستی قارچ‌های میکوریزایی با گیاهان مختلف زراعی صورت گرفته (Soleimanzadeh, 2010)، هنوز اطلاعات محدودی در رابطه با همزیستی گیاه آفتابگردان با این قارچ‌ها در شرایط بروز تنش خشکی وجود دارد. لذا هدف از این آزمایش بررسی تاثیر همزیستی دو گونه مختلف از قارچ‌های میکوریزایی بر عملکرد دانه و برخی پارامترهای فیزیولوژیکی در گیاه آفتابگردان (رقم آلستر) تحت تاثیر تنش خشکی بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل با طول جغرافیایی ۶۱ درجه و ۲۹ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲ دقیقه شمالی و ارتفاع ۴۸۷ متر از سطح دریا انجام گرفت. متوسط بارندگی سالانه منطقه ۶۳ میلی متر، متوسط حداقل و حداکثر دمای سالانه آن به ترتیب ۱۶ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد بوده و از لحاظ اقلیمی جزو مناطق گرم و خشک به شمار می‌رود. نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی خاک محل آزمایش قبل از کاشت در جدول ۱ ارائه شده است.

این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای خشکی شامل شاهد یا ۹۰ درصد ظرفیت زراعی (W_1)، ۷۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی (W_2) و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه (W_3) به عنوان عامل اصلی و دو گونه مختلف میکوریزایی شامل شاهد یا بدون تلقیح M_1 ، $M_2 = Glumus mossea$ و $M_3 = Glumus etanicatum$ به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. در این آزمایش، رقم آفتابگردان آلستر مورد بررسی قرار گرفت.

قطعه زمین مورد نظر برای این طرح در فصل پائیز توسط گاو آهن برگردان‌دار شخم، سپس در اسفند ماه برای نرم کردن کلوخه‌ها دوبار دیسک زده شد. قطعه آزمایشی با استفاده از گچ خط‌کشی، نهرهای اصلی و فرعی تعبیه و در نهایت کرت‌های اصلی و فرعی مرزبندی، تسطیح و خطوط کشت به فاصله ۵۰ سانتی‌متر در آنها ایجاد شدند. عملیات کاشت در ۱۵ اسفند ماه ۱۳۸۹ انجام گرفت. ابعاد هر کرت ۳×۳ متر، فاصله روی ردیف‌ها ۲۵ سانتی‌متر و فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شدند.

آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) یکی از گیاهان مهم برای تولید روغن به شمار می‌رود. نیاز آبی زراعت آفتابگردان در یک دوره رشدی حدود ۶۰۰-۵۰۰ میلی متر برآورد شده است (Alyari et al., 2000). با افزایش مقدار آب، تولید ماده خشک بیشتر می‌شود. در صورت کاهش مقدار آب قابل دسترس، گیاه می‌تواند تا حدی خود را با شرایط محیطی سازگار نماید (Alyari et al., 2000). تنش خشکی، بر کلیه جنبه‌های رشد و نمو این گیاه به یک میزان تاثیر نمی‌گذارد. بعضی از فرایندها نسبت به تنش خشکی خیلی حساس بوده در حالی که سایر فرایندها ممکن است کمتر تحت تاثیر تنش قرار گیرند (Kocheki, 1997). تعداد دانه پر شده در طبق، تعداد طبق در واحد سطح و وزن هزار دانه مهمترین اجزای عملکرد دانه در آفتابگردان به شمار می‌روند. در تحقیقات انجام شده مشخص گردید تنش خشکی سبب پیری زودرس برگ، کاهش تعداد برگ، قطر طبق، سطح برگ، وزن هزار دانه و در نتیجه کاهش عملکرد در دانه آفتابگردان می‌شود (Yegappan et al., 1996).

قارچ‌های میکوریزا به عنوان یکی از مهمترین ریزجانداران خاک با برقراری همزیستی با گستره وسیعی از گیاهان به سه شکل اکتومیکوریزا، آندومیکوریزا و اکتاندومیکوریزا سبب بهبود جذب آب و عناصر غذایی توسط گیاهان میزبان خود می‌شوند (Smith and Read, 1997). امروزه مشخص شده است که قارچ‌های میکوریزایی به صورت مستقیم همانند بهبود تغذیه گیاهان از طریق جذب عناصر غذایی و همچنین افزایش جذب آب توسط گیاه و غیرمستقیم همانند کاهش تنش‌های زیستی (بیماری‌های گیاهی) و غیر زیستی (شوری، خشکی، فلزات سنگین و غیره)، سبب افزایش رشد گیاه میزبان می‌شوند (Feng et al., 2002).

قارچ‌های میکوریزا با بهبود وضعیت هورمونی در درون گیاهان در کنترل عمل باز و بسته شدن روزنه‌های برگ و نیز افزایش جذب آب در اثر گستردگی شبکه هیف‌های خود مشکلات کاهش جذب آب در شرایط کمبود رطوبت در محیط ریشه را کنترل می‌کنند (Roldan-Fagardo et al., 1982). مشخص شده سرعت فتوسنتز و بازده مصرف آب در گیاهان همزیست با قارچ‌های میکوریزایی افزایش و از میزان تعرق آنها کاسته می‌شود (Ruiz-Lozano et al., 1996).

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق ۰-۳۰ سانتیمتری

Table 1. Physical and chemical characters of soil (0-30cm)

بافت خاک Soil texture	شن Sand	رس Clay	لای Loam	منگنز Mn	روی Zn	آهن Fe	پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N	pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)
لومی - شنی Sandy loam	درصد (%)			mg.kg ⁻¹							
	41	28	31	2.9	3.8	2.41	125	9.2	3.3	7.6	2.4

آنها صورت گرفت. در نهایت داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزار آماری SAS تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ انجام پذیرفت. برای رسم نمودار و جداول از برنامه EXCEL استفاده گردید.

نتایج و بحث

عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس صفات مختلف در جدول ۲ نشان داده شده است. این نتایج نشان می‌دهد اعمال تنش خشکی تاثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت آفتابگردان دارد. مقایسه میانگین داده‌ها در سطح ۵٪ نشان داد که با بالا رفتن سطح تنش خشکی از شاهد به ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه از عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت کاسته شد. این کاهش برای آنها به ترتیب معادل ۱۵/۰۷، ۳۰/۴۵ و ۱۹/۶ درصد بود (جدول ۳).

گزارش شده است که در اثر تنش خشکی عملکرد و اجزای عملکرد دانه آفتابگردان به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (Razi and Assad, 1999)، اما درصد روغن دانه تحت تاثیر تنش قرار نمی‌گیرد. خمیری (2004) (Khomri) گزارش نمود تنش خشکی از عملکرد و اجزای عملکرد دانه آفتابگردان می‌کاهد. در این بین بروز تنش خشکی در مرحله گلدهی و گرده‌افشانی به سبب تاثیری که تنش بر اندام‌های زایشی و کاهش سطح برگ می‌گذارد، اثر بیشتری دارد. احتمال دارد تنش خشکی در روند فتوسنتز جاری و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی از بوته‌ها به دانه‌ها تاثیر منفی گذاشته و در نتیجه منجر به کاهش وزن دانه‌ها و چروکیدگی آنها و در نهایت کاهش عملکرد دانه شود (Angadi and Entz, 2002).

در این آزمایش جهت اعمال تیمار میکوریزایی، بذرها با مایع تلقیح میکوریزایی که از موسسه تحقیقات آب و خاک تهران تهیه شده بودند، مخلوط و کاشت بذور بصورت کپه‌ای صورت گرفت. بلافاصله بعد از کاشت آبیاری با سیفون انجام گرفت. اعمال تنش خشکی در این آزمایش از مرحله ۴ برگی بر گیاهان آغاز و تا انتهای دوره رشد ادامه یافت. جهت تعیین دور آبیاری در تیمارهای مختلف تنش از دستگاه TDR مدل دلتا تی استفاده گردید. با استفاده از دستگاه TDR سه شاخه قابل حمل، میزان رطوبت در عمق ۲۰ سانتی‌متری خاک هر یک از کرت‌ها تعیین، و زمان آبیاری براساس زمان رسیدن به هر یک از تیمارهای خشکی صورت می‌گرفت.

در طی انجام آزمایش و در اواسط مرحله گلدهی اندازه-گیری کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه SPAD و فلورسانس کلروفیل با دستگاه استرس‌متر دستی (Plant stress meter Biomontor AB, Effeltrich, Germany) از جوان‌ترین و کامل‌ترین برگ صورت گرفت. فلورسانس کلروفیل با استفاده از نسبت F_v/F_m (پتانسیل عملکرد کوانتم) در برگهایی که کلروفیل در آنها اندازه‌گیری شده بود صورت گرفت. برای این کار گیره‌های دستگاه به مدت ۱۵ دقیقه بر روی برگها نصب، سپس اقدام به اندازه-گیری فلورسانس کلروفیل گردید. در اواسط مرحله گلدهی با استفاده از اتانول و براساس روش اسید سولفوریک (Schlegel, 1956) مقدار کربوهیدرات محلول و با استفاده از روش بیتز و همکاران (Bates et al., 1973) میزان پرولین موجود در برگها استخراج و اندازه‌گیری شدند.

پس از رسیدگی، طبقه‌ها برداشت و عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی بوته‌های واقع در یک متر مربع وسط هر کرت بعد از حذف حاشیه‌ها اندازه‌گیری شدند. جهت تعیین اجزای عملکرد دانه (وزن و قطر طبق، تعداد کل دانه در طبق، وزن هزار دانه) و نیز ارتفاع بوته تعداد ۳ بوته از سطح هر کرت بصورت تصادفی انتخاب و اندازه‌گیری‌ها بر روی

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه، اجزای عملکرد دانه، میزان کلروفیل، فلورسانس کلروفیل و مقادیر کربوهیدرات و پرولین. **Table 2. Analysis of variance of grain yield, yield components, chlorophyll and chlorophyll fluorescence, carbohydrate and proline content.**

S.O.V	df	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیکی	شاخص برداشت	وزن طبق	قطر طبق	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه	ارتفاع بوته	کلروفیل	فلورسانس کلروفیل	کربوهیدرات	پرولین
			Grain yield	Biological yield	HI	Head weight	Head Diameter	Grains per head	1000-seed Weight	Plant Height	Chlorophyll	Chlorophyll fluorescence	Carbohydrate	proline
Replication	2	تکرار	2157.3 ^{ns}	242705.8 ^{ns}	6.4 ^{ns}	296.6 ^{ns}	4.6 ^{**}	6302.4 ^{ns}	55.2 [*]	647.1 ^{**}	4.5 ^{ns}	0.003 ^{ns}	1.257 ^{**}	66.54 ^{**}
Drought (D)	2	خشکی	3291.6 [*]	4014392.4 ^{**#}	39.9 ^{**}	90120.1 ^{**}	7.9 ^{**}	1630760.7 ^{**}	592.2 ^{**}	5021.4 ^{**}	1.6 ^{ns}	0.0043 ^{ns}	5.156 ^{**}	103.2 ^{**}
Error a	4	خطای a	512.5	189243.8	9.1	1374.1	0.13	4037.2	44.2	34.8	3.9	0.0014	0.51	33.7
Mycorrhiza (M)	2	میکوریزا	881.05 ^{ns}	212530.8 ^{ns}	1.3 ^{ns}	52.3 ^{ns}	1.23 ^{**}	40468.2	69.4 [*]	200.1 ^{ns}	0.42 ^{ns}	0.0047 ^{ns}	0.049 ^{ns}	10.7 [*]
M × D	4	خشکی × میکوریزا	534.8 ^{ns}	51241.8 ^{ns}	2.7 ^{ns}	3630.4 [*]	0.28 ^{ns}	11133.8 ^{**}	7.4	375.2 ^{**}	1.05 ^{ns}	0.0021 ^{ns}	0.034 ^{ns}	7.3 ^{ns}
Error b	12	خطای b	964.2	75172.9	5.18	678.7	0.157	3117.1 [*]	12.3	68.7	2.12	0.0042	0.0601	3.57
CV (%)		ضریب تغییرات	14.2	7.8	14.1	10.3	1.63	3.8	4.1	3.7	18.1	10.7	10.04	14.8

* **, ns are significant at 5 and 1% level and not significant, respectively. #, ##, ### به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۳. مقایسه میانگین داده های عملکرد دانه، اجزای عملکرد دانه، میزان کلروفیل، فلورسانس کلروفیل و مقادیر کربوهیدرات و پرولین
Table 3. Mean comparison for grain yield, yield components and chlorophyll content, chlorophyll fluorescence, carbohydrate and proline.

تیمار Treatment	عملکرد دانه Grain yield (g.m ⁻²)	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	شاخص HI	وزن Head weight (gr)	قطر Head diameter (cm)	تعداد کل Grains 1000-seeds	دانه در طبق head	وزن هزار دانه weight (gr)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	کلروفیل Chlorophyll (SPAD)	فلورسانس کلروفیل Chlorophyll fluorescence (Fv/Fm)	کربوهیدرات Carbohydrate (µg Glucose.g ⁻¹ Fw)	پرولین Proline (µm ol. g ⁻¹ Fw)
Drought خشکی													
W ₁ = 90% FC	229.9a	4218.9a	18.5a	366.3a	25.05a	1908a	92.7a	245.7a	8.4a	0.59a	1.96b	8.84b	
W ₂ =70% FC	226.6a	3260.3b	14.83b	214.0b	24.5b	1386b	84.8ab	211.3b	8.1a	0.60a	2.04b	14.73a	
W ₃ =50% FC	195.3b	2934.0b	14.86b	177.7b	23.2c	1065c	76.5b	200.5c	7.5a	0.63a	3.31a	14.6a	
Mycorrhiza میکوریزا													
M ₁ = Control	206.5a	3414.6a	15.7a	252.3a	23.8b	1386c	81.7b	216.5a	7.9a	0.622a	2.42a	11.7b	
M ₂ = <i>Glumus mossea</i>	219.3a	3353.7a	16.5a	255.2a	24.4a	1520a	85.1ab	224.6a	8.2a	0.58a	2.57a	12.6ab	
M ₃ = <i>Glumus etanicatum</i>	226.05a	3645.0a	15.9a	250.4a	24.5a	1453b	87.3s	216.4a	7.8a	0.62a	2.52a	13.8a	

Means in each column and for each treatment, followed by the same letter are not significantly different at 5% of probability level-using Duncan's Multiple Range Test
 میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون و برای هر تیمار براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

۳). توحیدی مقدم و همکاران (Tohidi-Moghaddam et al., 2004) گزارش کردند که افزایش حلالیت فسفر توسط میکوریزاها و در نتیجه افزایش قابلیت دسترسی ریشه به فسفر می‌تواند در افزایش تعداد دانه در گیاه و نیز سایر اجزای عملکرد گیاه سویا موثر باشد. محمد و همکاران (Mohammad et al., 1991) گزارش کردند که همزیستی گندم با میکوریزا سبب افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی، تعداد پنجه در بوته و طول ریشه گردید. قارچ‌های میکوریزایی از طریق گسترش شبکه‌های هیفی خارج از ریشه موجب افزایش جذب و انتقال مواد غذایی به ریشه‌ها می‌شوند که این امر در بهبود عملکرد و اجزای عملکرد آنها موثر است (Khan, 2005).

اثر متقابل تنش خشکی و سویه‌های مختلف میکوریزایی تاثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته، وزن طبق و تعداد دانه در طبق دارا بود (جدول ۲). در شکل‌های ۱ تا ۳ مشاهده می‌شود با افزایش سطح تنش خشکی از میزان ارتفاع بوته، وزن طبق و تعداد دانه در طبق کاسته می‌شود، استفاده از سویه‌های میکوریزایی تا حدی نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح) در بالاترین سطح تنش (W_3)، موثر بوده و مانع کاهش بیش از حد این پارامترها گردید. در شکل‌های ۱ تا ۳ مشاهده می‌شود که در تمامی این سه پارامتر، استفاده از گونه میکوریزایی *Glumus mossea* از بیشترین تاثیر برخوردار بود. گزارش‌های زیادی وجود دارند که تلقیح گیاهان با قارچ‌های میکوریزی رشد و مقدار جذب مواد غذایی را در گیاه افزایش می‌دهد و به دنبال آن مقاومت به تنش‌های محیطی و بیماری‌ها و همچنین عملکرد آنها افزایش یافته است (Porras-Soriano et al., 2009). بررسی‌های انجام شده توسط بسیاری پژوهشگران نشان دهنده افزایش معنی‌دار شاخص‌های رشد اندازه‌گیری شده در اندام‌های گیاهان تیمار شده با قارچ نسبت به گیاهان شاهد می‌باشد (Venkateshwar et al., 2002).

کربوهیدرات محلول و پرولین

در این آزمایش تیمار تنش خشکی تاثیر معنی‌داری بر میزان تجمع تنظیم‌کننده اسمزی کربوهیدرات محلول و پرولین داشت (جدول ۲)، به طوری که در سطح خشکی W_3 به میزان $40/7$ بر غلظت کربوهیدرات محلول و در سطح W_2 به میزان $39/9$ درصد نسبت به تیمار شاهد بر

در این آزمایش استفاده از دو گونه قارچ میکوریزایی و نیز اثر متقابل خشکی و گونه میکوریزایی تاثیر معنی‌داری در مقایسه با شاهد (عدم استفاده از قارچ میکوریزا) بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت نداشت (جدول ۲)؛ هر چند در مورد عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی، گونه *Glumus etanicatum* از کارایی بهتر و اثر بیشتری برخوردار بود اما این تاثیر از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳). در بررسی اثر میکوریزا بر رشد و عملکرد آفتابگردان، گزارش شده است که همزیستی قارچ‌های میکوریزایی با آفتابگردان تنها بر عملکرد دانه تاثیر معنی‌دار داشت و تاثیر آن بر عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت معنی‌دار نبود (Soleimanzadeh, 2010).

وزن طبق، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که خشکی تاثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته، وزن طبق، قطر طبق، تعداد کل دانه‌ها در طبق و وزن هزار دانه دارد (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها در سطح 5% نشان داد که با افزایش تنش خشکی از شاهد به 50 درصد ظرفیت زراعی مزرعه، از ارتفاع بوته و چهار جزء عملکرد دانه آفتابگردان کاسته شدند. بیشترین مقدار این پارامترها از تیمار شاهد و کمترین آنها از تیمار خشکی 50 درصد ظرفیت مزرعه حاصل شد. مقدار کاهش برای ارتفاع بوته، وزن طبق، قطر طبق، تعداد کل دانه‌ها در طبق و وزن هزار دانه به ترتیب معادل $18/4$ ، $51/4$ ، $7/3$ ، $44/18$ و $17/41$ بود (جدول ۳). یگاپان و همکاران (Yegappan et al., 1996) اظهار داشتند تنش خشکی سبب پیری زودرس برگ‌ها، کاهش تعداد برگ، قطر طبق، سطح برگ، وزن هزار دانه و در منجر به کاهش عملکرد دانه در آفتابگردان می‌شود.

استفاده از گونه‌های میکوریزایی تنها تاثیر معنی‌دار بر قطر طبق، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه داشت (جدول ۲). در مورد قطر طبق و وزن هزار دانه، سویه میکوریزایی *Glumus etanicatum* از بیشترین تاثیر برخوردار بود و نسبت به تیمار بدون تلقیح (شاهد) منجر به افزایش $2/7$ درصدی قطر طبق و $6/3$ درصدی وزن هزار دانه گردید. در مورد تعداد دانه در طبق سویه میکوریزایی *Glumus mossea* از بیشترین تاثیر و نسبت به تیمار شاهد $8/8$ درصد تعداد دانه در طبق را افزایش داد (جدول

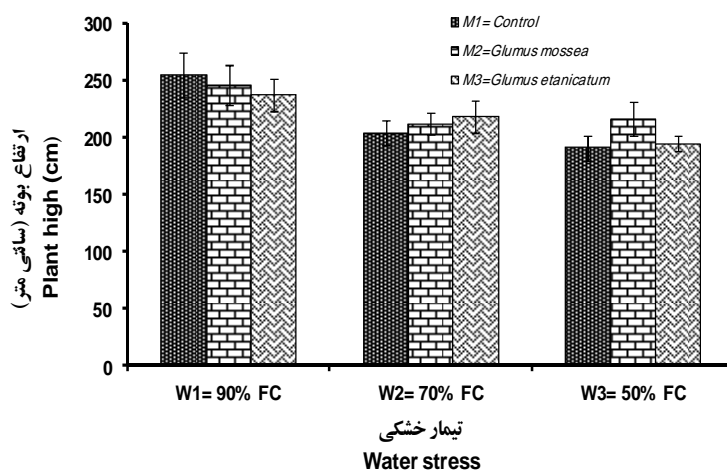
این آزمایش اثر متقابل خشکی و تیمار میکوریزایی تاثیر معنی داری بر میزان تجمع پرولین و کربوهیدرات نداشتند (جدول ۲).

کلروفیل و فلورسانس کلروفیل

نتایج تجزیه آماری داده‌ها در جدول ۲ نشان می‌دهد تیمار تنش خشکی تاثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل برگ و فلورسانس کلروفیل برگ در آفتابگردان رقم آلستر ندارد (جدول ۳). بطور کلی تاثیر تنش خشکی بر محتوای کلروفیل گیاهان بسیار متنوع و متغیر بوده و بستگی به شرایط محیطی و ژنوتیپ گیاه دارد؛ در برخی گونه‌ها تنش خشکی باعث کاهش و در برخی دیگر سبب افزایش محتوای کلروفیل برگ شده است. وارد و همکاران (Ward et al., 1992) خشکی محتوای کلروفیل در برگ‌های ارقام حساس کلزا کاهش، اما در ارقام مقاوم افزایش یافته است. براساس نظر یوردانو و همکاران (Yordanov et al., 2003) هر چند فتوسیستم II تا حد زیادی نسبت به خشکی مقاوم است اما خشکی می‌تواند مانع انتقال الکترون در فتوسیستم II شود، از این رو از کارایی فتوسنتز کاسته شده و بر میزان فلورسانس کلروفیل افزوده شود. در این آزمایش استفاده از گونه‌های مختلف میکوریزایی و اثر متقابل تنش خشکی و میکوریزا تاثیر معنی‌داری بر محتوای کلروفیل برگ و میزان فلورسانس کلروفیل نداشت (جدول ۲).

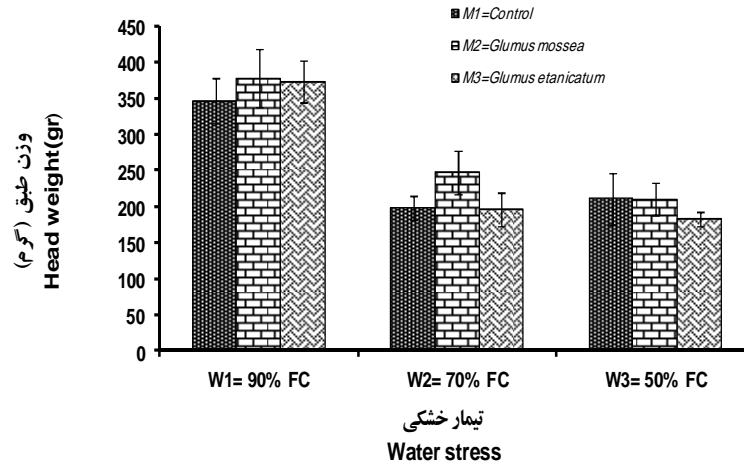
مقدار پرولین افزود (جدول ۳). پرولین در واقع به عنوان یک شاخص در تعیین میزان حساسیت به تنش شوری و خشکی در گیاهان به شمار می‌رود. بالا رفتن میزان این دو ترکیب در بافت‌های گیاهان به نوعی بیانگر فعال شدن مکانیسم تنظیم اسمزی است که شرایط را برای جذب بیشتر آب و املاح از محیط ریشه فراهم می‌آورد (Munns, 1993). در این آزمایش از افزایش ۴۰ درصدی این ترکیبات در بافت برگ‌های آفتابگردان می‌توان این نتیجه را استنباط کرد که یکی از دلایل ممانعت از کاهش بیش از حد عملکرد دانه آن هم بالاترین سطح خشکی (۵۰ درصد ظرفیت مزرعه) می‌تواند مربوط به حضور این ترکیبات باشد. براساس نظر گود و زاپلاچینسکی (Good and Zaplachinski, 1994) تجمع ترکیباتی همانند پرولین و اسیدهای آمینه در بافت سبز کلزا تحت تنش خشکی تا حدی شرایط لازم برای ادامه جذب آب از محیط ریشه را برای این گیاه فراهم نموده و از کاهش رشد کاست.

تیمار میکوریزایی تنها تاثیر معنی‌دار بر میزان تجمع پرولین داشت (جدول ۲) و سبب افزایش آن گردید. بیشترین میزان پرولین در طی استفاده از گونه میکوریزایی *Glumus etanicatum* بدست آمد. استفاده از این گونه میکوریزایی نسبت به تیمار شاهد ۱۵/۶۴ درصد بر میزان تجمع پرولین افزود (جدول ۳). در



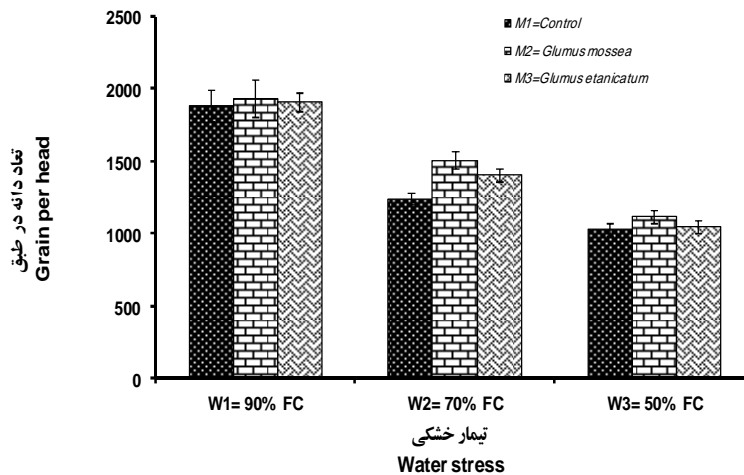
شکل ۱. اثر متقابل خشکی و میکوریزا بر ارتفاع بوته

Fig 1. Interaction between water stress and mycorrhiza on plant high



شکل ۲. اثر متقابل خشکی و میکوریزا بر وزن طبق

Fig 2. Interaction between water stress and mycorrhiza on head weight



شکل ۳. اثر متقابل خشکی و میکوریزا بر تعداد دانه در طبق

Fig 3. Interaction between water stress and mycorrhiza on number of grains per head

نتیجه گیری

میزان کلروفیل و فلورسانس کلروفیل نداشت. تیمار تنش خشکی بصورت معنی‌داری سبب افزایش غلظت کربوهیدرات و پرولین گردید اما تیمار میکوریزایی تنها تاثیر معنی دار بر تجمع پرولین دارا بود. در این آزمایش مشخص گردید که در بالاترین سطح تنش خشکی (۵۰٪ ظرفیت زراعی)، استفاده از سویه میکوریزایی *Glumus mossea* از بیشترین تاثیر بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه برخوردار است.

از نتایج بدست آمده در این آزمایش می‌توان نتیجه‌گیری کرد که تنش خشکی تاثیر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه آفتابگردان، رقم آلستر دارد و سبب کاهش آنها می‌گردد. استفاده از دو گونه مختلف قارچ میکوریزایی هر چند سبب افزایش عملکرد دانه شد، اما این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. تنش خشکی و استفاده از گونه‌های مختلف قارچ میکوریزایی تاثیر معنی‌داری بر

- Alyari, H., Shekari, F., Shekari, F., 2000. Oilseeds. Amidi Press, Tabriz 162p. [In Persian].
- Ashraf, A., Mehmood, S., 1990. Response of four *Brassica* species to drought stress. *Environ. Exp. Bot.* 30(1), 93-100.
- Angadi, S.V., Entz, M.H., 2002. Water Relations of standard height and dwarf sunflower cultivars. *Crop Sci.* 42,152-159.
- Bates, L.S., Waldern, R.P., Teare, E.D., 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Soil.* 39, 205-207.
- Chaves, M.M., 1991. Effects of water deficits on carbon assimilation. *J. Exp. Bot.* 42, 1-16.
- Cornic, G., 1994. Drought stress and high light effects on leaf photosynthesis. In: Baker, N.R., Boyer, J.R. (Eds.), *Photoinhibition of Photosynthesis: from Molecular Mechanisms to the Field.* Bios Scientific Publishers, Oxford. pp. 297-313.
- Feng, G., Zhang, F.S., Li, X.L., Tian, C.Y., Tang, C., 2002. Improved tolerance of maize plants to salt stress by arbuscular mycorrhiza is related to higher accumulation of soluble sugars in roots. *Mycorrhiza.* 12, 185-190.
- French, R.J., Turner, N.C., 1991. Water deficit change dry matter partitioning and seed yield in narrow leafed lupins. *Aust. J. Agric. Res.* 42, 471-484.
- Good, A., Zaplachinski, S., 1994. The effects of drought on free amino acid accumulation and protein synthesis in *Brassica napus*. *Physio. Planta.* 90, 9-14.
- Khan, A.G., 2005. Mycorrhizas and phytoremediation. In: Willey, N. (ed.), *Method in Biotechnology-Phytoremediation: Methods and Reviews.* Totowa, USA: Humana Press.
- Khomri, S., 2004. Investigating the effect of water deficit on grain filling, yield components and yield of three sunflower cultivars. M.Sc. Thesis. In Agronomy. Faculty of Agriculture, University of Tabriz. 94p. [In Persian with English summary].
- Kocheiki, A., 1997. *Production and Improvement of Crops for Drylands.* Mashhad Jihad-Daneshgahi Press. 302p. [In Persian].
- Mohammad, M. J., Pan, W. L., Kennedy, A. C., 1991. Wheat responses to vesicular and arbuscular mycorrhizal fungi inoculation of soil from eroded to posequence. *J. Ameri. Soc. Soil Sci.* 59, 1086.
- Porras-Soriano, A., Soriano-Martín, M.L., Porras-Piedra, A., Azcon, R., 2009. Arbuscular mycorrhizal fungi increased growth, nutrient uptake and tolerance to salinity in olive trees under nursery conditions. *J. Plant Physio.* 166, 1350 - 59.
- Razi, H., Assad, M.T., 1999. Comparison of selection criteria in normal and limited irrigation in sunflower. *Euphytica.* 105, 83-90.
- Roldan-Fajardo, B.E., Barea, J.M., Ocampo, J.A., 1982. The effect of season on VA mycorrhiza of the almond tree and of phosphate fertilization and species of endophyte on its mycorrhizal dependency. *Plant soil.* 68(3), 361-367.
- Ruiz-Lozano, J.M., Azcon, R., Gomez, M., 1996. Alleviation of salt stress by arbuscular-mycorrhizal *Glomus* species in *Lactuca sativa* plants. *Physio. Planta.* 98, 767-772.
- Schlegel, H.G., 1956. Die Verwertung organischer sauren durch chlorella in lincht. *Planta.* 47, 510-515.

- Smith, S.E., Read, D.J., 1997. Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press, San Diego, CA.
- Soleimanzadeh, H., 2010. Effect of VA-Mycorrhiza on Growth and Yield of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) at Different Phosphorus Levels. World Academy of Science, Engin. Techn. 71, 414-417.
- Tohidi-Moghaddam, H., Sani, B., Ghooshchi, F., 2004. The effect of nitrogen fixing and phosphate solubilizing microorganism on some quantitative parameters on soybean from sustainable agricultural point of views". Proceeding of 8th Agronomy and Plant Breeding Congress of Iran, Guilan University, Iran. [In Persian with English summary].
- Venkateshwar, R.G., Manoharachary, C., Rajeswara, R.B.R., 2002. Beneficial influence of arbuscular mycorrhizal fungal association on growth, yield and nutrient uptake of rose scented geranium (*Pelargonium* Species). Philip. J. Sci. 131(1), 49 - 58.
- Ward, K., Scarth, R., Daun, J., Mcvetty, P.B.E., 1992. Effects of genotype and environment on seed chlorophylldegradation during ripening in four cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). Canadian J. Plant Sci. 72, 643-649.
- Yegappan, T., Paton, M.D., Gates, C.T., Muller, W., 1996. Water stress in sunflower (responses of cyptla size). Ann. Bot. 49, 63-68.
- Yordanov, I., Velikova, V., Tsonev, T., 2003. Plant responses to drought and stress tolerance. Bulgarian J. Plant Physio. Special Issue, 187-206.