

بررسی اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد برخی ویژگیهای مرفولوژیکی و اجزای عملکرد آفتابگردان (رقم رکورد)^۱

مجتبی جعفرزاده کنارسری و کاظم پوستینی

دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش مقاله ۷۶/۱۰/۱۷

خلاصه

در این بررسی اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد آفتابگردان مورد مطالعه قرار گرفت. تیمارهای آزمایش شامل دو تیمار شاهد آبیاری کامل و دیم (به ترتیب T_۱ و T_۲)، تیمارهای شامل تنش شدید و متوسط در مرحله رشد رویشی (به ترتیب T_۳ و T_۴)، تیمارهای شامل تنش شدید و متوسط در مرحله رشد زایشی (به ترتیب T_۵ و T_۶)، تیمارهای با تنش در مرحله دانه‌بندی و گلدهی (به ترتیب T_۷ و T_۸) آبیاری در طول مرحله رشد رویشی و نیز مرحله ظهور طبق (T_۸) و آبیاری فقط در ابتدای مراحل کاشت، گلدهی و دانه‌بندی (T_۹ و T_{۱۰}) آبیاری در طول مرحله رشد رویشی و نیز مرحله ظهور طبق (T_۸) و آبیاری فقط در ابتدای مراحل کاشت، گلدهی و دانه‌بندی (T_۹ و T_{۱۰}) بودند. نتایج حاصله نشان داد که در مورد دو صفت قطر طبق و وزن هزار دانه، حساس‌ترین دوره رشد نسبت به خشکی مرحله گلدهی و کرده افشانی بود. در مورد ارتفاع گیاه دوره بحرانی تا پایان مرحله ظهور طبق است. زمان وقوع تنش تأثیر چندانی بر قطر ساقه ندارد و این صفت بیشتر به کل میزان آب آبیاری واکنش نشان می‌دهد. تنش خشکی در مرحله گلدهی و کرده افشانی باعث افزایش درصد پوست دانه شد. همچنین نتایج نشان داد که مرحله حساس و تعیین‌کننده برای صفت درصد روغن دانه، دوره دانه‌بندی می‌باشد. در مورد تعداد برگ، چنانچه تنش خشکی تا زمان شروع گلدهی ادامه یابد؛ باعث کاهش تعداد آن می‌شود و البته این مسئله هیچگونه تأثیری در عملکرد دانه نداشته است. بروز تنش در مرحله گلدهی و کرده افشانی باعث کاهش شدید عملکرد دانه می‌شود و این درحالی است که تنش در سایر مراحل و از جمله در طول دوره رشد رویشی، تأثیر معنی‌داری روی عملکرد دانه نگذاشت. نهایتاً در مورد صفت عملکرد روغن، هر دو مرحله گلدهی و کرده افشانی و دانه‌بندی اهمیت بسزایی دارند ولی اهمیت نسبی مرحله گلدهی و کرده افشانی بیشتر است.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، مراحل رشد و آفتابگردان

مقدمه

در حال حاضر روغن‌های خوراکی یکی از اقلام مهم وارداتی کشور را تشکیل می‌دهند (سالانه حدود ۶۲۰ هزار تن^۲). از طرفی آفتابگردان یکی از مهمترین گیاهان زراعتی است که در سطح جهان جهت استخراج روغن کشت می‌شود. بطوریکه در میان گیاهان مهم روغنی، از نظر سطح زیر کشت و میزان تولید جهانی، پس از

گیاهانی چون سویا و پنبه و در ردیف گیاهانی چون کلزا و بادام‌زمینی قرار دارد (۴). به علاوه ویژگی دیگر این گیاه، قابلیت تحمل شرایط متنوع محیطی است و بنابراین قابلیت کشت آن در مناطق مختلف وجود دارد و از آنجائی که ایران جزو مناطق خشک و نیمه خشک به شمار رفته و از نظر آب و هوایی نیز تنوع زیادی در آن دیده می‌شود؛ شناخت ویژگیهای مربوط به رشد و عملکرد و همچنین سازگاری این

مواد و روشها

در این بررسی که در سالهای ۷۱ و ۷۲ در مزرعه آموزشی - تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران (شهرستان کرج) انجام شد، اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد طی آزمایشی در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با ۱۰ تیمار و ۴ تکرار مورد مطالعه قرار گرفت. کاشت بذور در تاریخ ۲۲ اردیبهشت به صورت خشکه کاری و در عمق ۵ سانتیمتر بود و بلافاصله پس از کاشت، آبیاری انجام گردید. فاصله بین خطوط و بوته‌ها به ترتیب ۷۵ و ۲۵ سانتیمتر بود. هر پلات آزمایشی نیز شامل ۵ خط و به طول ۵ متر در نظر گرفته شد. کلیه عملیات داشت طبق روش معمول این زراعت انجام شده و همچنین به منظور جلوگیری از خسارت گنجشک، پس از پایان دوره گرده افشانی، سطح طبق‌های مورد نظر که به صورت تصادفی انتخاب شده بودند؛ بوسیله کیسه‌های پارچه‌ای پوشانده شد.

بعلاوه در طی فصل رشد، مقدار آب آبیاری مصرف شده بوسیله دو پارشال فلوم ورودی و خروجی که به ترتیب در ابتدا و انتهای زمین آزمایش نصب شده بودند؛ اندازه‌گیری گردید. کل تعداد آبیاری انجام شده در طول فصل رشد ۱۱ بار و فواصل آنها ۱۰ روز بود. مشخصات تیمارهای آزمایش از لحاظ زمان و تعداد آبیاری، مقدار آب مصرف شده و راندمان مصرف آب در جدول شماره ۱ آمده است. صفات اندازه‌گیری شده در این آزمایش عبارت بودند از؛ قطر طبق، وزن هزار دانه، قطر ساقه، ارتفاع گیاه، درصد پوست و روغن دانه، تعداد برگ و نهایتاً عملکرد دانه و عملکرد روغن که در مورد هر کدام به طور جداگانه بحث می‌شود. همچنین برای مقایسه میانگین تیمارها از روش دانکن و جهت انجام محاسبات رگرسیونی و رسم نمودارهای رگرسیون بین عملکرد و سایر صفات مورد بررسی از نرم‌افزار کوآترو-پرو^۲ (ویرایش ۵) استفاده شده است.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به مقایسات میانگین‌ها به روش دانکن در سطوح ۵٪ و ۱٪ به ترتیب در جداول شماره ۲ و ۳ و منحنی‌های رگرسیون عملکرد دانه با کلیه صفات مورد بررسی در شکل شماره ۱ آمده است. ۱ - صفت قطر طبق: در این بررسی تفاوت تیمارهای بکاررفته بر روی صفت مذکور بسیار معنی دار شد. آنچه در ابتدا جلب توجه

گیاه زراعی، به خصوص در رابطه با تنش خشکی، می‌تواند در گسترش سطح کشت و افزایش عملکرد آن تأثیرات مهمی داشته باشد. در این رابطه شناخت جزئیات و ویژگی‌های مقاومت به خشکی این گیاه مانند شناسائی مراحل غیربحرانی رشد آن نسبت به تنش خشکی، ممکن است از طریق اجتناب از آبیاریهای بی‌مورد، سبب بالابردن راندمان بهره‌برداری از منابع آب و خاک گردد.

آزمایش‌هایی که محققین در سطح جهان در رابطه با اثر تنش خشکی بر آفتابگردان انجام داده‌اند اغلب از جهات مختلف متنوع و بنابراین با یکدیگر و با آزمایش مذکور متفاوت بوده است. یکی از موارد تفاوت، مراحل از رشد گیاه است که در رابطه با تاثیر تنش مورد نظر قرار می‌گیرد. برای مثال هیومن و همکاران (۵) در آزمایش خود در طی مراحل ظهور طبق، گرده افشانی و پر شدن دانه از آبیاری خودداری کردند درحالیکه پاتیل و گنگوین (۷) مراحل رشد را بر اساس تعداد روز پس از کاشت (DAS)^۱ و به صورت سه مرحله ۳۰-۵۰، ۶۰-۹۰ و ۹۰-۶۰ روز پس از کاشت تقسیم‌بندی نمودند. سابرامانین و ماهسواری (۱۲) فقط مرحله گلدهی را مدنظر قرار دادند و راوسون و ترنر (۱۱) نیز تعداد روزهای پس از کاشت را در نظر گرفتند. بدین صورت که دو تیمار با آبیاری کامل و بدون هیچگونه آبیاری (بجز در ابتدای کاشت) و دو تیمار که به ترتیب تا ۴۴ و ۵۴ روز پس از کاشت از آبیاری آنها خودداری شد و سپس بطور مرتب مانند تیمار اول آبیاری شدند. تفاوت دیگر این آزمایشات روش تشخیص مقدار تنش رطوبتی، جهت تعیین زمان آبیاری است. در این رابطه محققینی مانند هیومن و همکاران (۵) روش تعیین پتانسیل آب برگ را انتخاب کردند. بدین صورت که شدت تنش (مدت زمان عدم آبیاری) تا رسیدن به مقدار معینی از پتانسیل آب برگ، تعیین می‌شد. درحالیکه در بعضی از آزمایشات مانند پاتیل و گنگوین (۷) از روش تشتک تبخیر برای این منظور استفاده کردند و در مقابل محققین دیگری مانند راوسون و ترنر (۱۱) و یگاپان و پیتون (۱۵) هیچگونه اندازه‌گیری در این رابطه انجام ندادند. همچنین موارد دیگری مانند نوع صفاتی که تاثیر تنش خشکی بر روی آنها مورد بررسی قرار گرفت و نیز نوع انجام آزمایش (مزرعه‌ای یا گلخانه‌ای) در بین تحقیقات انجام شده، متفاوت بوده است.

جدول ۱ - مقایسه تیمارهای آزمایش از لحاظ رژیم‌های آبیاری مختلف، مقدار آب مصرف شده و راندمان مصرف آب.

راندمان	مقدار	(۱)													
		تعداد	(۲)												
آبیاری	آب آبیاری	دفعات	(۳)												
$\frac{\text{g روغن}}{\text{kg آب}}$	مصرف شده	آبیاری	(۴)												
	(m ³ /ha)		(۵)												
		شماره آبیاری													
		تیمار													
۰/۱۱۱	۸۵۱۴	۱۱	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	T۱	
۰/۱۳۹	۱۵۴۸	۲											+	+	T۲
۰/۰۷۲	۴۶۴۴	۶					+	+	+	+	+	+	+	+	T۳
۰/۱۶۶	۵۴۱۸	۷	+	+	+	+	+						+	+	T۴
۰/۱۰۳	۶۱۹۲	۸		+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	T۵
۰/۱۷۷	۶۱۹۲	۸	+	+	+	+	+		+	+			+	+	T۶
۰/۱۹۴	۳۰۹۶	۴		+		+							+	+	T۷
۰/۰۹۵	۵۴۱۸	۷					+	+	+	+	+	+	+	+	T۸
۰/۰۹۲	۶۹۶۶	۹			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	T۹
۰/۰۸۵	۶۱۹۲	۸	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	T۱۰

- علامت + در متن جدول نشان‌دهنده انجام آبیاری در هر مرحله می‌باشد.

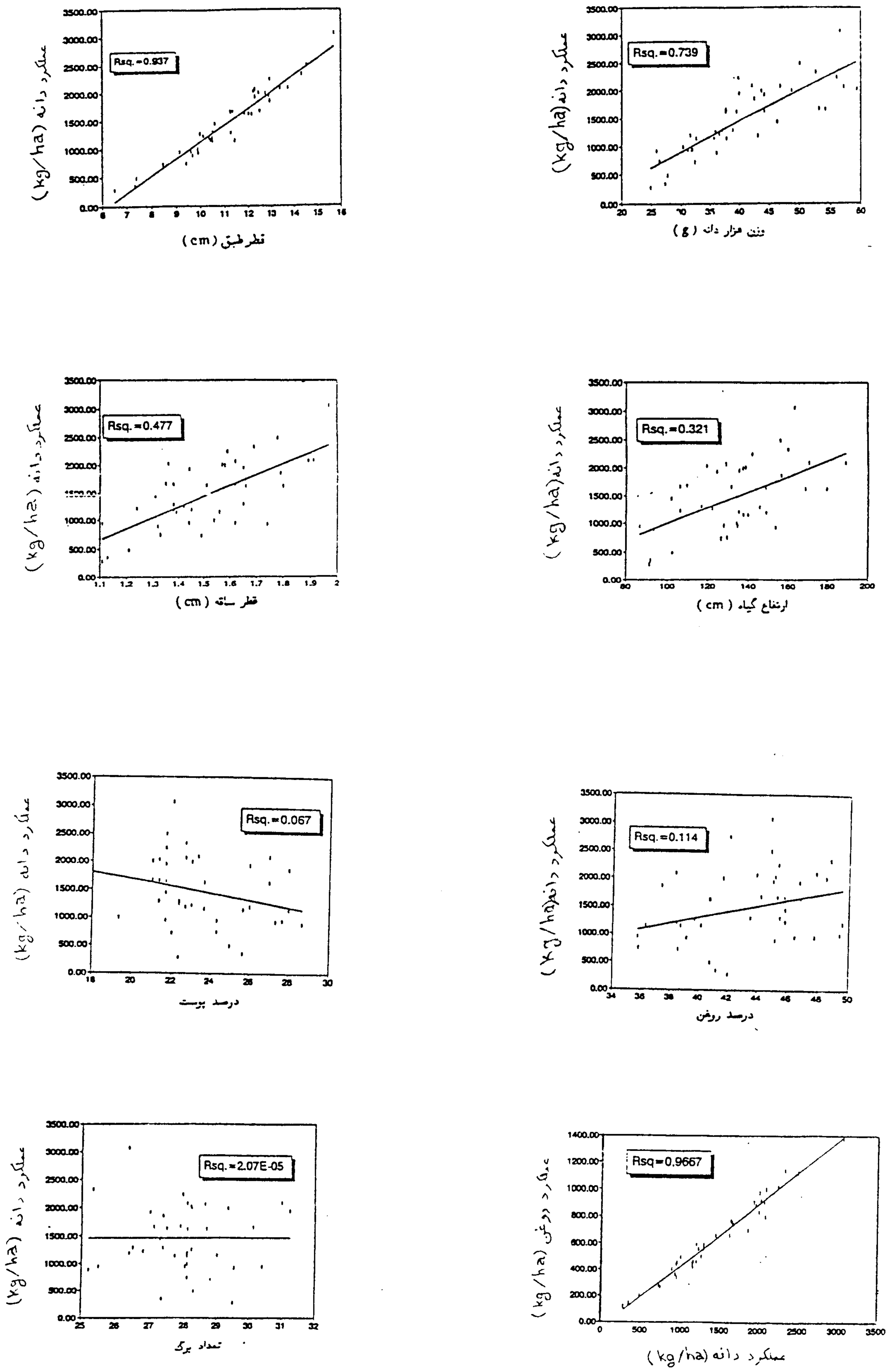
- مراحل رشد به صورت اعداد ۵-۱ عبارتند از: (۱) سبز شدن و رشد بطنی (۲) رشد سریع رویشی (۳) ظهور طبق (۴) گلدهی و گرده‌افشانی و (۵) دانه‌بندی.

- همانطور که ملاحظه می‌شود دو آبیاری اول در مورد همه تیمارها حتی تیمار شاهد دیم (T۲) برای کمک به سبز کردن بذور انجام شده است.

و ۱۰، نشان می‌دهد که در خود مرحله زایشی نیز حساسیت این صفت نسبت به خشکی عمدتاً به مرحله گلدهی و گرده‌افشانی منحصر می‌شود و نقش مرحله دانه‌بندی در افزایش قطر طبق چندان مهم نیست.

علت عمده حساسیت این صفت به تنش در مرحله گلدهی و گرده‌افشانی را احتمالاً می‌توان به رشد تدریجی گل‌های سطح طبق در طی این دوره نسبت داد. به طوری که در ابتدای مرحله گلدهی، هنوز طبق‌ها نسبتاً کوچکند و با اینکه در این زمان کلیه گلچه‌های سطح طبق وجود دارند ولی رشد تک تک آنها هنوز کامل نشده است. پس از شروع گلدهی و گرده‌افشانی (و در طول این مرحله) هر روز رشد چند ردیف از گلچه‌ها (از سمت محیطی طبق به طرف مرکز آن)

می‌کند؛ عدم تفاوت معنی‌دار بین قطر طبق تیمارهای ۶ و ۴ با تیمار شاهد مورد آبیاری کامل است. زیرا این دو تیمار در مرحله رشد رویشی سریع به ترتیب دچار تنش خشکی متوسط و شدید بوده‌اند. بنابراین نتیجه می‌گیریم که با عدم تنش در مرحله رشد زایشی، دیگر چندان فرقی نمی‌کند که گیاه در دوره رشد رویشی با تنش خشکی شدید یا متوسط مواجه بوده یا حتی بدون تنش باشد. به علاوه با مشاهده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای ۵ و شاهد مورد آبیاری کامل که در سطح ۵٪ حاصل شد؛ می‌توان نتیجه گرفت که حتی تنش متوسط در مرحله رشد زایشی نیز باعث ایجاد مشکل در رشد گل‌آذین آفتابگردان می‌شود. از طرف دیگر عدم معنی‌دار شدن اختلاف بین تیمارهای ۹ و شاهد آبیاری کامل و همچنین تیمارهای ۳



شکل ۱ - منحنی رگرسیون عملکرد دانه و سایر صفات مورد بررسی

جدول ۲ - نتایج مقایسه میانگین‌ها در مورد صفات اندازه‌گیری شده در سطح ۵٪

تیمار	صفه	قطر طبق (cm)	وزن هزاردانه (g)	ارتفاع گیاه (cm)	قطر ساقه (cm)	درصد پوست دانه (cm)	درصد روغن دانه	تعداد برگ	عملکرد دانه (kg/ha)	عملکرد روغن (kg/ha)
T1	۱۳/۲۴a	۴۴/۱۲ bc	۱۳/۲۴a	۱/۷۱۲a	۴۴/۱۲ bc	۱۵۲/۷۰ ab	۲۲/۰۸ cd	۴۶/۱۷ ab	۲۹/۷ a	۲۰۴۴ ab
T2	۷/۷۲ e	۲۹/۰۳	۱/۱۹۲ b	۹۴/۸۱	۲۵/۴۲ ab	۲۵/۳۱ bcd	۲۵/۳۱ bcd	۴۲/۳۱ abc	۲۷/۵۸ bc	۵۰۲ g
T3	۹/۵۵ d	۳۱/۴۵	۱/۵۰۰ a	۱۳۲/۶۰ bc	۲۴/۴۲ abc	۲۴/۴۹	۲۴/۴۹	۲۷/۴۹	۲۹/۰۷ ab	۸۹۰ fg
T4	۱۲/۱۹a bc	۵۶/۷۰a	۱/۴۸۷a	۱۲۴/۰۰ c	۲۱/۶۷ cd	۴۴/۹۸ abcd	۲۱/۶۷ cd	۴۴/۹۸ abcd	۲۷/۹۱ abc	۱۹۹۹ abc
T5	۱۱/۱۱ bcd	۳۷/۲۷ cde	۱/۵۱۸a	۱۳۱/۵۰ bc	۲۳/۱۷ bcd	۲۳/۱۷ bcd	۲۳/۱۷ bcd	۴۱/۴۱	۲۸/۹۱ ab	۱۵۲۵ cde
T6	۱۳/۶۹a	۵۰/۵۹ab	۱/۶۶۸a	۱۳۶/۵۰ ab	۲۲/۹۲ bcd	۲۷/۲۵ a	۲۲/۹۲ bcd	۴۷/۲۵ a	۲۶/۷۳c	۲۳۳۵ a
T7	۱۰/۵۹ cd	۴۱/۹۸ cd	۱/۲۵۳ b	۱۰۱/۱۰ d	۲۱/۷۵ cd	۲۱/۷۵ cd	۲۱/۷۵ cd	۴۵/۶۲ abc	۲۶/۸۶ c	۱۳۲۰ def
T8	۱۰/۷۰ cd	۳۴/۸۷ de	۱/۶۳۰ a	۱۶۳/۰ a	۱۵۲/۲۰ ab	cde	۲۵/۶۷ ab	۴۲/۰۴ cde	۲۷/۹۲ abc	۱۲۲۱ def
T9	۱۲/۴۷ab	۴۱/۷۳ cd	۱/۶۸۳a	۱۶۶/۲۰ a	۱۶۶/۲۰ a	ef۲۶/۶۷a	۲۸/۳۰	۲۸/۳۰	۲۸/۰۴ abc	۱۶۷۷ bcd
T10	۱۰/۲۲ d	۳۴/۶۴ de	۱/۵۰۳a	۱۳۱/۱۰ bc	۲۱/۱۷ d	۲۱/۱۷ d	۲۱/۱۷ d	۴۶/۵۶ a	۲۷/۸۴ bc	۱۱۳۲ ef

جدول ۳ - نتایج مقایسه میانگین‌ها در مورد صفات اندازه‌گیری شده در سطح ۱٪

تیمار	صفه	قطر طبق (cm)	وزن هزاردانه (g)	ارتفاع گیاه (cm)	قطر ساقه (cm)	درصد پوست دانه (cm)	درصد روغن دانه	تعداد برگ	عملکرد دانه (kg/ha)	عملکرد روغن (kg/ha)
T1	۱۳/۲۴ab	۴۴/۱۲ bc	۱/۷۱۲a	۱۵۲/۷۰ ab	۲۲/۰۸ bc	۲۲/۰۸ bc	۲۲/۰۸ bc	۴۶/۱۷ ab	۲۹/۷ a	۲۰۴۴ ab
T2	۷/۷۲ e	۲۹/۰۳	۱/۱۹۲ b	۹۴/۸۱	۲۵/۴۲ abc	۲۵/۳۱ abc	۲۵/۳۱ abc	۴۲/۳۱ abc	۲۷/۵۸ ab	۵۰۲ f
T3	۹/۵۵ de	۳۱/۴۵	۱/۵۰۰ abc	۱۳۲/۶۰ b	۲۴/۴۲ abc	۲۴/۴۹ c	۲۴/۴۹ c	۲۷/۴۹	۲۹/۰۷ ab	۸۹۰ ef
T4	۱۲/۱۹a bc	۵۶/۷۰a	۱/۴۸۷abc	۱۲۴/۰۰ bc	۲۱/۶۷ bc	۲۱/۶۷ bc	۲۱/۶۷ bc	۴۴/۹۸ ab	۲۷/۹۱ abc	۱۹۹۹ abc
T5	۱۱/۱۱ bcd	۳۷/۲۷ cde	۱/۵۱۸ab	۱۳۱/۵۰ b	۲۳/۱۷ abc	۲۳/۱۷ abc	۲۳/۱۷ abc	۴۱/۴۱ bc	۲۸/۹۱ ab	۱۵۲۵ bcde
T6	۱۳/۶۹a	۵۰/۵۹ab	۱/۶۶۸a	۱۳۶/۵۰ ab	۲۲/۹۲ abc	۲۲/۹۲ abc	۲۲/۹۲ abc	۴۷/۲۵ a	۲۶/۷۳ b	۲۳۳۵ a
T7	۱۰/۵۹ cd	۴۱/۹۸ bcd	۱/۲۵۳ bc	۱۰۱/۱۰ cd	۲۱/۷۵ bc	۲۱/۷۵ bc	۲۱/۷۵ bc	۴۵/۶۲ ab	۲۶/۸۶ b	۱۳۲۰ cde
T8	۱۰/۷۰ cd	۳۴/۸۷ cde	۱/۶۳۰ a	۱۶۳/۰ a	۱۵۲/۲۰ ab	۱۵۲/۲۰ ab	۱۵۲/۲۰ ab	۴۲/۰۴ abc	۲۷/۹۲ ab	۱۲۲۱ de
T9	۱۲/۴۷abc	۴۱/۷۳ bcd	۱/۶۸۳a	۱۶۶/۲۰ a	۱۶۶/۲۰ a	c	۲۶/۶۷a	۲۸/۳۰ c	۲۸/۰۴ abc	۱۶۷۷ bcd
T10	۱۰/۲۲ cd	۳۴/۶۴ cde	۱/۵۰۳abc	۱۳۱/۱۰ b	۲۱/۱۷ c	۲۱/۱۷ c	۲۱/۱۷ c	۴۶/۵۶ ab	۲۷/۸۴ ab	۱۱۳۲ def

عمده‌ای از رشد و نمو گل آذین انجام شده است (۳). لذا اعمال تنش خشکی در این دوره (قبل از گلدهی) سبب کاهش تعداد گل و نهایتاً تعداد دانه در گل آذین می‌گردد. سابرامانین و ماهسواری (۱۲) نیز در مطالعات خود نشان دادند که تنش خشکی در قبل از شروع گلدهی، تعداد گل در طبق را کاهش می‌دهد.

از طرفی چون در طول مرحله زایشی تنشی بر این تیمار وارد نشد؛ کمبود مواد فتوسنتزی جهت رشد گل آذین نیز رخ نداد (با توجه به مقایسات قطر طبق تیمارها)، و در نتیجه سهم هر دانه برای استفاده از مواد فتوسنتزی موجود، بیشتر شده و وزن هزار دانه در این تیمار نسبت به تیمار با آبیاری کامل به طور بسیار معنی‌داری افزایش یافت. عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمار ۷ با شاهد مورد آبیاری کامل نیز می‌تواند همین موضوع را مورد تایید قرار دهد. واکنش وزن هزار دانه در تیمار ۶ نیز با نتایج ذکر شده هماهنگ است.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که کلیه تیمارهایی که به نحوی در مرحله گلدهی و گرده افشانی دچار تنش رطوبتی بوده‌اند؛ هر چند در مراحلی مانند رشد رویشی (تیمار ۳) و یا دانه‌بندی (تیمار ۱۰) با تنش مواجه نباشند؛ از نظر آماری وزن هزار دانه‌ای مساوی تیمار دیم دارند و این موضوع مجدداً حساسیت صفت فوق را به تنش در مرحله زایشی می‌رساند. از طرف دیگر عدم تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای ۳ با ۱۰ و ۹ با شاهد آبیاری کامل اشاره به این دارد که تنش در مرحله پر شدن دانه تاثیر معنی‌داری بر وزن هزار دانه آفتابگردان نمی‌گذارد.

به علاوه نتیجه قابل توجهی که بدست آمد، همان افزایش بسیار معنی‌دار این صفت در مورد تیمار ۴ در مقایسه با تیمار شاهد مورد آبیاری کامل است. از این پدیده می‌توان نتیجه گرفت که احتمالاً محدودیت مواد فتوسنتزی که در زمان بروز تنش خشکی رخ می‌دهد؛ سبب می‌شود وزن هزار دانه (اندازه دانه) به حد پتانسیل بالقوه خود نرسد. به عبارت دیگر رقابت دانه‌های موجود در یک طبق، بر سر مصرف مواد فتوسنتزی محدود، باعث کاهش وزن هزار دانه می‌گردد. یعنی حتی تیمار شاهد آبیاری کامل هم با تنش خشکی مواجه بوده و همین مسئله سبب محدودیت تولید و انتقال مواد فتوسنتزی در گیاهان این تیمار شده است. از طرفی با توجه به شرایط

انجام شده و نهایتاً تا پایان این دوره، گلدهی و رشد کل گلچه‌های سطح طبق کامل می‌شود. بنابراین تنش رطوبتی در این دوره، از طرفی با کاهش تولید و انتقال مواد فتوسنتزی (کاهش Source)^۱ و از طرف دیگر با کاهش پتانسیل آب و در نتیجه کاهش فشار تورژانس (فشار تورگر) در کل گیاه و از جمله سلولهای این ناحیه (گل آذین) و بنابراین عدم مساعد بودن شرایط رشد آنها^۲ (کاهش Sink)^۳، می‌تواند باعث کاهش رشد گلچه‌ها و میوه‌های تازه شکل گرفته گل آذین (طبق) که مجموعاً در این دوره مخزن اصلی گیاه بوده و بخش اعظم مواد فتوسنتزی را مصرف می‌کنند؛ گردد (۱، ۵، ۶، ۱۳ و ۱۴).

توضیح اینکه، تنش خشکی از طرفی مانند کاهش سطح برگ، چه از طریق کوچک کردن آنها و چه به وسیله ریزش برگها و بنابراین کاهش سطح دستگاه فتوسنتزی، بستن منفذ روزه‌ها، و کاهش میزان فتوسنتز در داخل کلروپلاست‌ها از طریق تاثیر بر آنزیم‌های مؤثر در این فرآیند می‌تواند سبب کاهش فتوسنتز و یا به عبارتی کاهش منبع فتوسنتزی (Source) گردد. از طرف مقابل می‌دانیم قدرت مخزن نیز می‌تواند تاثیر بسیار زیادی در میزان تولید نهایی داشته باشد و با توجه به اینکه قدرت مخزن حاصلضرب اندازه مخزن (وزن کل آن) در میزان فعالیت مخزن (میزان آسیمیلات‌های جذب شده در واحد زمان بر حسب واحد وزن مخزن) است و نتایج آزمایش نشان می‌دهد که حداقل، خشکی بر اندازه مخزن تاثیر منفی می‌گذارد (نتایج مقایسات صفت قطر طبق)؛ بنابراین به خوبی واضح است که تنش خشکی می‌تواند هم با تاثیر بر منبع و هم بر مخزن سبب کاهش عملکرد نهایی شود (۱۳).

۲ - وزن هزار دانه: نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که تنش خشکی در دوره‌های مختلف رشد آفتابگردان، اثر بسیار معنی‌داری بر وزن هزار دانه آن می‌گذارد. در این رابطه آنچه در ابتدا جلب توجه می‌کند افزایش بسیار معنی‌دار این صفت در تیمار ۴ نسبت به تیمار شاهد با آبیاری کامل است. علت این افزایش را می‌توان به اثر تنش در کاهش تعداد گلها در زمان تعیین طرح اولیه آنها در طبق نسبت داد. همانگونه که میدانیم طرح اولیه گلها قبل از گلدهی شروع می‌شود. زیرا طبق تعریف، شروع گلدهی زمانی است که گل‌های شعاعی طبق شروع به باز شدن می‌کنند و واضح است که در این هنگام بخش

۱ - منبع فتوسنتزی (مبدأ فتوسنتزی)

۳ - مخزن فتوسنتزی (مقصد فتوسنتزی)

۲ - می‌دانیم که اولین شرط لازم برای رشد سلولهای گیاهی وجود فشار تورگر کافی در این سلولها است (Subramanian and Maheswari, 1990)

رویشی) متوقف می‌گردد.

۵ - درصد پوست دانه: بر اساس مقایسات میانگین تیمارها می‌توان گفت که مرحله حساس و تعیین‌کننده در مورد این صفت، مرحله گلدهی و گرده‌افشانی است. زیرا اندازه دانه در این مرحله تعیین می‌شود. بدین معنی که تنش در این مرحله باعث کوچکتر شدن اندازه دانه می‌گردد (به مقایسات وزن هزار دانه مراجعه شود). از طرفی دانه‌های درشت‌تر (به علت دارا بودن مغز درشت‌تر و سنگین‌تر) معمولاً دارای درصد پوست کمتری هستند و بالعکس، دانه‌های کوچکتر دارای درصد پوست بیشتری می‌باشند (همبستگی منفی با $R = 0.393^*$). لازم به ذکر است که این قاعده در مورد همه تیمارهای آزمایش به جز تیمارهای ۹ و ۱۰ تطبیق می‌کند و علت این عدم تطبیق هم به ترتیب، شرایط منفی و مثبتی (جدول ۱) است که در اثر نحوه کاربرد آب در مرحله دانه‌بندی، برای فرآیند پر شدن دانه به وجود آمده است.

۶ - درصد روغن دانه: نتایج آزمایش نشان داد که در مورد این صفت دوره حساس و تعیین‌کننده، مرحله دانه‌بندی است و تیمارهای شامل تنش خشکی در این مرحله از رشد، دارای درصد روغن نسبتاً کمتری هستند (مانند تیمارهای ۳ و ۹) منتهی نکته مهم دیگر، ظاهراً مسئله سازگاری گیاه به تنش است. یعنی تیمارهایی که در مراحل قبل از دانه‌بندی در معرض تنش بوده‌اند؛ احتمالاً به دلیل ایجاد نوعی سازگاری نسبت به خشکی، درصد روغن آنها در اثر تنش در مرحله دانه‌بندی صدمه کمتری می‌بیند (مانند تیمارهای ۷ و ۲). البته در مورد تیمار ۲ (شاهد دیم) شاید بتوان علت را طور دیگری نیز تفسیر کرد. بدین صورت که چون در این تیمار، تنش خشکی از ابتدا اعمال شد لذا از همان مراحل اولیه ظرفیت مخزن با مقدار کم مواد فتوسنتزی تنظیم شده و بنابراین در زمان دانه‌بندی، مخزن دانه (بعلت کوچک بودن) به طور قابل توجهی دچار کمبود شیره پرورده نیست. در مورد تیمار ۱۰ نیز ظاهراً تنش در مرحله گلدهی سبب کوچک شدن مخزن گل‌آذین شده و سپس با رفع تنش از ابتدای مرحله دانه‌بندی، به علت فراوانی شیره پرورده، درصد روغن در حد تیمار شاهد با آبیاری کامل شده است. همچنین احتمالاً همین پدیده سازگاری به خشکی که به آن اشاره شد؛ باعث شده که درصد روغن در تیمار ۶ به بالاترین حد برسد (هرچند اختلاف آن با تیمارهای ۱۰ و شاهد با آبیاری کامل معنی‌دار نیست).

نسبتاً مساعدتر این تیمار در زمان تعیین طرح اولیه تعداد گلها (نسبت به تیمار ۴) و بنابراین تعداد نسبتاً بیشتر گل (دانه) در طبق، محدودیت مواد فتوسنتزی مذکور سبب کاهش اندازه دانه (وزن هزار دانه) تیمار شاهد آبیاری کامل نسبت به تیمار ۴ شده است.

با توجه به مطالب گفته شده، می‌توان وزن هزار دانه را در شرایطی که سایر اجزای عملکرد کاهش می‌یابند؛ بعنوان یک عامل جبران‌کننده عملکرد تلقی کرد. همچنین ممکن است بتوان نتیجه‌گیری کرد که در گیاه آفتابگردان با توجه به قدرت جبران‌کنندگی این جزء از عملکرد، طرح اولیه گل در شرایط خشکی بصورت تعیین‌کننده‌ای باعث محدودیت عملکرد نمی‌شود کما اینکه بین دو تیمار ۴ و شاهد آبیاری کامل نیز تفاوت معنی‌داری از لحاظ عملکرد دانه بوجود نیامده است.

راوسون و ترنر (۱۱) نیز در آزمایشات خود، اثر آبیاری با زمانهای مختلف را روی صفاتی از قبیل وزن هزار دانه مورد بررسی قرار دادند لیکن در آزمایش آنها تفاوت تیمارها از حیث این صفت معنی‌دار نشد. البته باید دانست که تیمارهای مذکور عبارت از آبیاری کامل، آبیاری از ۴۴ روز پس از کاشت، و آبیاری از ۵۴ روز پس از کاشت بود و بنابراین تمام این تیمارها در دوره گلدهی و گرده‌افشانی مورد آبیاری قرار گرفتند. لذا چنانچه مرحله گلدهی را ملاک قرار دهیم؛ نتایج بدست آمده با نتایج این آزمایش مابینتی ندارد.

۳ - قطر ساقه: نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که قطر ساقه حساسیتی به زمان کاربرد آب (و به عبارتی زمان بروز تنش) نداشته بلکه بیشتر به میزان آب آبیاری مصرف شده بستگی دارد.

۴ - ارتفاع گیاه: این صفت (و تا حدی صفت قطر ساقه) را می‌توان معرف میزان رشد رویشی گیاه دانست. مقایسه تیمارهای ۶ و ۴ با تیمار شاهد آبیاری کامل از نظر ارتفاع گیاه، نشان می‌دهد که تنش شدید خشکی (عدم آبیاری در تیمار ۴) در طی دوره رشد رویشی باعث کاهش معنی‌دار در این صفت می‌گردد درحالی‌که تنش متوسط در این دوره (آبیاری یک‌درمیان در تیمار ۶) به طور معنی‌داری سبب کاهش رشد رویشی آفتابگردان نشده است. همچنین با مقایسه تیمارهای ۳ و ۸ با تیمار ۴ می‌توان نتیجه گرفت که آفتابگردان تا زمان شروع گلدهی، توان خود را برای انجام رشد رویشی و افزایش ارتفاع حفظ می‌کند و از این به بعد به علت اختصاص مواد فتوسنتزی به مخزن قویتری به نام گل‌آذین (شروع رشد زایشی)، افزایش ارتفاع (رشد

دوره ۲۰ روز قبل تا ۲۰ روز بعد از گلدهی در آفتابگردان، بحرانی‌ترین نسبت به تنش رطوبتی است.

۹ - عملکرد روغن: چون گیاه آفتابگردان یک گیاه روغنی است نهایتاً مهم‌ترین صفتی که مورد نظر است؛ میزان عملکرد روغن می‌باشد که بایستی در تیمارهای مختلف مورد مقایسه قرار بگیرد تا اهمیت نسبی تنش آب در مراحل مختلف رشد این گیاه مشخص گردد. البته این صفت حاصل ضرب دو صفت دیگر یعنی عملکرد دانه و درصد روغن دانه می‌باشد.

با توجه به جدول شماره ۱، از مقایسه تیمارهای ۶ و ۴ با شاهد مورد آبیاری کامل، ۵ با ۶، ۵ با ۳، ۴ با ۳، اهمیت بسیار بیشتر دوره رشد زایشی نسبت به دوره رشد رویشی در ارتباط با تاثیر منفی تنش خشکی بر عملکرد روغن به خوبی روشن می‌شود. مقایسه تیمار ۹ با شاهد مورد آبیاری کامل و توجه به معنی دار شدن اختلاف آنها در سطح ۱٪، نشان‌دهنده میزان تاثیر مرحله دانه‌بندی در تولید نهایی روغن است و این در حالی است که در طی دوره زایشی اهمیت مرحله گلدهی و گرده‌افشانی از مرحله دانه‌بندی نیز بیشتر است. این مطلب از مقایسه تیمارهای ۱۰ با ۳ و ۹ با ۳ مشخص می‌شود. زیرا تیمار ۳ در کل مرحله زایشی (هم گلدهی و هم دانه‌بندی) تحت تنش بوده در حالی که دو تیمار ۹ و ۱۰ فقط در بخشی از مرحله زایشی (به ترتیب در مراحل دانه‌بندی، و در مرحله گلدهی و گرده‌افشانی) در معرض تنش خشکی بوده‌اند. از طرفی نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که بین دو تیمار ۳ و ۱۰ افزایش معنی‌داری وجود ندارد در حالیکه تیمار ۹ نسبت به تیمار ۳ افزایش معنی‌داری را در صفت عملکرد روغن نشان می‌دهد.

توصیه و نتیجه‌گیری: مقایسه بین تیمارهای آزمایش از لحاظ راندمان مصرف آب (جدول ۱) نشان می‌دهد که بالاترین مقدار به ترتیب در تیمارهای ۷، ۶ و ۴ و کمترین آن به ترتیب در تیمارهای ۳ و ۱۰ بوده است. از طرفی طبق فرمول، راندمان مصرف آب بالا زمانی ارزش دارد که صورت کسر (میزان عملکرد) نیز قابل توجه باشد. بنابراین بهترین تیمارهای آزمایش از لحاظ تولید روغن در واحد سطح، به ترتیب تیمارهای ۶ و ۴ هستند. یعنی تیمارهایی که در مرحله رشد رویشی سریع، به ترتیب در معرض تنش متوسط و شدید بوده‌اند.

در پایان برای بالا بردن راندمان مصرف آب در زراعت

بعلاوه توسط رابطه منفی بین دو صفت درصد روغن دانه و درصد پوست دانه نیز می‌توان تا حد زیادی نتایج بدست آمده را تفسیر کرد. زیرا روغن فقط در مغز دانه وجود دارد؛ بنابراین دانه‌هایی با درصد پوست بیشتر قاعدتاً بایستی درصد روغن کمتری داشته باشند (و بالعکس) که در اغلب موارد با نتایج بدست آمده هماهنگی دارد.

۷ - تعداد برگ: در بین صفات مورد بررسی در آزمایش فوق، فقط در مورد صفت تعداد برگ، اختلاف بین تیمارها تنها در سطح ۵٪ معنی‌دار گردید. نتایج نشان می‌دهد که تنش خشکی تا قبل از شروع گلدهی، علاوه بر کاهش میزان رشد رویشی، باعث کند شدن و به عبارتی به تاخیر افتادن آن نیز می‌شود. زیرا در چنین تیمارهایی علاوه بر کاهش ارتفاع گیاه، سرعت تولید برگهای جدید هم کمتر است و بنابراین با شروع گلدهی (به علت رقابت شدید رشد زایشی با رشد رویشی) تولید برگهای جدید (که خود جزئی از رشد رویشی است) نیز متوقف شده و در نهایت اینگونه تیمارها دارای تعداد برگ کمتری می‌شوند.

۸ - عملکرد دانه: با مشاهده جدول مقایسه میانگین‌ها، آنچه در ابتدا جلب توجه می‌کند؛ عدم تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای ۶ و ۴ با تیمار شاهد مورد آبیاری کامل است. از این پدیده می‌توان نتیجه گرفت که احتمالاً عملکرد دانه این گیاه حساسیت چندانی به بروز تنش خشکی در مرحله رشد رویشی ندارد. همچنین با توجه به اینکه اختلاف بین دو تیمار ۹ و ۱۰ با تیمار آبیاری کامل به ترتیب در سطح ۵٪ و ۱٪ معنی‌دار شده؛ نتیجه می‌گیریم که حساسیت عملکرد دانه به خشکی در دوره زایشی عمدتاً به مرحله گلدهی و گرده‌افشانی مربوط می‌شود. هرچند اعمال تنش خشکی در مرحله دانه‌بندی نیز با ایجاد اختلال در مکانیسم پر شدن دانه، سبب کاهش عملکرد می‌شود.

داولی و سینگ (۳) از آزمایشات خود نتیجه گرفتند که وقتی پتانسیل آب خاک مخصوصاً در مراحل گیاهچه و گلدهی به زیر نقطه پژمردگی نزول کند؛ عملکرد دانه به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد.

هیومن و همکاران (۵) نیز طی آزمایشات خود تنش شدید در مراحل گلدهی و گرده‌افشانی و دانه‌بندی را باعث بیشترین کاهش عملکرد دانه دانستند. به علاوه محققینی مانند روبلین (۸)، رایسنون (۹) و رولیر (۱۰) از آزمایشات خود نتیجه‌گیری کردند که

آفتابگردان (رقم رکورد)، پیشنهاد می‌شود برنامه آبیاری به صورت زیر
 انجام گیرد؛ یک آبیاری هنگام کاشت، یک آبیاری در اواخر دوره
 رشد رویشی، آبیاری کامل در مرحله گلدهی و گرده افشانی (بسته به
 فواصل آبیاری، ۴-۳ بار) و یک آبیاری در اواسط مرحله دانه بندی.

REFERENCES

1. Bunce, J. A. 1982. Effect of water stress on photosynthesis in relation to diurnal accumulation of carbohydrate in source leaves. *Can. J. Bot.* 60:195-200.
2. Carter, F. J. 1980. *Sunflower Science and Technology*. American Society of Agronomy. Wisconsin, U.S.A.
3. Daulay, H. S., and K. C. Sing. 1983. A note on the effect of soil moisture stress of different growth stages of sunflower. *Annals of Arid Zone*. Vol. 22(2):169-172.
4. FAO Production Yearbook. 1991.
5. Human, J. J., D. Du Toit, H. D. Bezuidenhout, and L. P. Bruyn. 1990. The influence of plant water stress on net photosynthesis and yield of sunflower. Agricultural University of South Africa. *Crop Science*. 164(4):231-241.
6. Kramer, P. J. 1983. *Water Relation of Plants*. Academic Press. London.
7. Patil, B. P., and S. B. Gangavane. 1990. Effect of water stress imposed at various growth stages on yield of groundnut and sunflower. *J. Maharashtra Agric. Univ.*, 15(3):322-324.
8. Robelin, M. 1967. Effects and after-effects of drought on growth and yield of sunflower. (In French). *Ann. Agron.* 18:579-599.
9. Robinson, R. G. 1971. New crops for irrigated sandy soils. *Minnesota Science*. 27(3): 10-11.
10. Rollier, M. 1975. Study of water use in sunflower. (In French). *C. E. T. I. O. M. Info. Techn.* 44:29-44.
11. Rowson, H. M., and N. C. Turner. 1982. Recovery from water stress in five sunflower cultivars. I. Effect of the timing of water application on leaf area and seed production. *Australian Journal of plant physiology*. 9(4):437-448.
12. Subramanian, V. B., and M. Maheswari. 1991. physiological and yield responses of sunflower to water stress at flowering. *Indian Journal of Plant Physiology*. Vol. 34(2): 153-159.
13. Taiz, L., and E. Zeiger. 1991. *Plant Physiology*. Benjamin Cummings Publishing Company. California. U.S.A.
14. Wise, R. R., J. R. Fredrick, D. M. Alm, D. M. Kramer, J. D. Hesketh, A. R. Corfts, and D. R. Ort. 1990. Investigation of the limitations of photosynthesis induced by leaf water deficits in field grown sunflower. *Univ. of Illinois. Plant Cell and Environment*. 13(9): 923-931.
15. Yegappan, T. M., and D. M. Paton. 1982. water stress in sunflower (*Helianthus annuus L.*), 3. Responses of capsela size. *Ann. Botany*. 49:69-75.

**Effect of Drought Stress in Various Stages of Growth on
Morphological Parameters and Yield Components of
Sunflower (*Helianthus annuus* L.)**

M. JAFARZADEH KENARSARI AND K. PUSTINI

Former Graduate Student and Associate Professor, College of Agriculture

University of Tehran , Karaj, Iran.

Accepted 7 Jan. 1998

SUMMARY

The effect of drought stress in various stages of sunflower growth was studied in this research with ten treatments, including: two non and well watered controls (T2, T1 respectively), treatments with severe and moderate drought stress in vegetative stage (T4, T6 respectively), treatments with severe and moderate drought stress in reproductive stage (T3, T5 respectively), treatments with stress in grain filling and flowering stages (T9, T10 respectively), irrigation along with vegetative stage and full appearance of capitulum (T8), and only one irrigation at the first of sowing, flowering and grain filling stages (T7). The results showed that the plants were more sensitive to drought stress during the flowering and anthesis stage, regarding capitulum diameter and 1000-grains weight. With regarding to plant height, the plants were sensitive to drought up to the full appearance of capitulum. The time of stress had no significant effect on stem diameter but this factor responded more to total amount of water. Drought stress in flowering and anthesis, increased hull percentage, and regarding the oil percentage, the grain filling stage was the sensitive period to the stress. The number of leaves decreased in treatments with drought up to flowering, but this had no effect on grain yield. The grain yield was only significantly affected by drought exerted at stage of flowering and anthesis but oil yield also was affected by drought at grain filling stage.

Key Words: drought stress, growth stages & sunflower.