اثرات تنش کمبود آب بر برخی از صفات مورفولوژیک دو رقم آفتابگردان در تراکم‌های مختلف

ابراهیم خلیل‌وند بهروزیار[1]، مهرداد یارنیا[2]، صمد دربندی[2] و هوشنگ آلیاری[3]

چکیده

به منظور بررسی اثرات تنش کمبود آب بر برخی از صفات مورفولوژیک دو رقم آفتابگردان در تراکم‌های مختلف، آزمایشی به صورت اسپیلت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در شرایط آب و هوایی تبریز در سال ۱۳۸۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از دو رقم رکورد (دیر رس) و آذرگل(متوسط رس)، چهار سطح تنش کمبود آب مشتمل بر شاهد، ۷۵ درصد رطوبت قابل دسترس، ۵۰ درصد رطوبت قابل دسترس و ۲۵ درصد رطوبت قابل دسترس و سه سطح تراکم شامل ۸۰، ۹۰ و ۱۰۰ هزار بوته در هکتار. تنش‌ها بر اساس سطوح مختلف رطوبت قابل دسترس، و تراکم بر روی ردیف‌ها نیز با فاصله ثابت ۶۰ سانتی‌متر از یکدیگر به‌ترتیب ۱۶، ۱۸و ۲۰ سانتی‌متر اعمال گردید. نتایج نشان داد که اعمال تنش کمبود آب، باعث کاهش معنی‌داری در صفات ارتفاع و قطر ساقه، قطر و وزن خشک طبق و وزن خشک اندام‌های هوایی در بوته و در واحد سطح گردید. اثرات تراکم با اثرات تنش کمبود آب در صفات فوق هم‌پوشانی داشت، ولی با این وجود، بیشترین وزن خشک اندام‌های هوایی در واحد سطح در تراکم ۹۰ هزار بوته در هکتار در شرایط شاهد، و کم‌ترین آن در تراکم ۸۰ هزار بوته در هکتار و در شرایط تنش ۲۵ درصد رطوبت قابل دسترس حاصل گردید. هیبرید آذرگل بیشترین قطر ساقه و قطر طبق و رقم رکورد بیشترین ارتفاع ساقه را در سطوح مختلف تنش کمبود آب نشان داد. صفات ارتفاع و قطر ساقه، قطر و وزن خشک طبق و وزن خشک اندام‌های هوایی در بوته و واحد سطح با عملکرد دانه و روغن در تک بوته و واحد سطح همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت.

واژه‌های کلیدی: آذرگل، رکورد، آفتابگردان، تراکم، تنش کمبود آب

تاریخ دریافت مقاله: ۸۶/۵/۱۶ تاریخ پذیرش: ۸۶/۸/۲۸

۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی واحد تبریز و عضو باشگاه پژوهشگران جوان E.khalilvand@gmail.com

۲- استادیاران دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز

۳- استاد دانشگاه تبریز

مقدمه و بررسی منابع

در حال حاضر آفتابگردان از نظر تولید جهانی یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی می‌باشد. روغن آفتابگردان به‌دلیل دارا بودن مقدار زیادی از اسیدهای چرب غیر اشباع لینولئیک، از کیفیت بالایی برخوردار بوده و این اسید چرب برای انسان ضروری بوده و بدن انسان قادر به تولید آن نمی‌باشد (۱). آفتابگردان به‌دلیل برخی ویژگی‌های خاص، در بین دانه‌های روغنی منحصر به فرد است. یکی از ویژگی‌هایی که آزمایشات کم و بیش زیادی را در هر گوشه از جهان به خود معطوف کرده است، تحمل نسبی آفتابگردان به تنش خشکی یا کمبود آب می‌باشد که منجر به گسترش این گیاه در مناطقی با آب و هوای گرم و خشک گردیده است و حتی در بعضی مناطق به‌عنوان گیاه دیم زراعت می‌شود (۱). ارتفاع بوته که نشانه‌ای از میزان رشد رویشی است به‌طور قابل توجهی در اثر تنش آبی کاهش می‌یابد (۱۲). کاهش در رشد رویشی منجر به کاهش سطح برگ و میزان فتوسنتز می‌گردد که ممکن است به کاهش عملکرد دانه منجر شود و در این صورت، به دلیل کاهش معنی‌دار تعداد دانه و وزن آن‌ها عملکرد کاهش می‌یابد (۱۵). آنگر ضمن بررسی اثرات و دفعات آبیاری در تولید آفتابگردان مشاهده کرد که ارتفاع گیاهانی که در مرحله بین سبز شدن تا گل‌دهی دچار کمبود آب شدند، به‌طور متوسط۱۷ سانتی‌متر کوتاه‌تر از آن‌هایی بود که قبل از گل‌دهی به‌طور عادی آبیاری شده بودند (نقل از۱۱). جعفرزاده کنارسری و پوستینی (۱۳۷۲) نتیجه گرفتند که تنش شدید خشکی در طی دوره رویشی باعث کاهش معنی‌داری در صفت ارتفاع بوته می‌گردد، ولی تنش متوسط سبب کاهش رشد رویشی نمی‌شود (۲). حلاجی(۱۳۸۳) نیز در تحقیق خود به این نتیجه رسید که سطوح مختلف تنش آبی موجب کاهش ارتفاع بوته می‌گردند (۳). قطر ساقه از جمله صفاتی است که با عملکرد تحت شرایط تنش خشکی همبستگی بالایی دارد. قطر بیشتر ساقه، امکان تشکیل بیوماس بیشتر را تا زمان گل‌دهی به وجود می‌آورد، لذا در شرایط تنش، امکان نقل و انتقال سریع‌تر و مؤثرتر مواد فتوسنتزی در حال تولید و یا ذخیره شده به دانه‌ها فراهم شده و در نهایت عملکرد دانه‌ی بیشتری حاصل می‌شود (۷). سادراس و همکاران (۱۹۹۸) ضمن مطالعه‌ی تأثیر چهار رژیم آبیاری بر روی عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان، با اعمال تنش آبی از مرحله ظهور طبق تا آغاز گل دهی دریافتند که قطر ساقه در اثر تنش در این مرحله به‌میزان۲۱ تا ٤٨ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافته است (۲۰). جعفرزاده کنارسری و پوستینی (۱۳۷۲) با مطالعه‌ی تنش کمبود آب در آفتابگردان نتیجه گرفتند که قطر ساقه حساسیتی به‌زمان کاربرد آب (و به‌عبارتی زمان بروز تنش) نداشته بلکه بیشتر به میزان آب آبیاری مصرف شده بستگی دارد (۲). حلاجی (۱۳۸۳) هم گزارش کرد که سطوح مختلف تنش آبی بر روی قطر ساقه تأثیر معنی‌داری داشته و موجب کاهش قطر ساقه می‌گردد (۳). اندازه طبق تحت تأثیر تراکم، رقم و تغذیه قرار می‌گیرد. قطر طبق مهم‌ترین تأثیر را بر عملکرد دانه دارد (۹). داندریا و همکاران (۱۹۹۵) با در نظر گرفتن سه مرحله‌ی ظهور جوانه‌ی گل (R_1)، آغاز گل‌دهی (R_4) و پایان گل‌دهی (R_6) به‌عنوان مراحل بحرانی و انجام آبیاری در یک، دو یا هر سه مرحله به این نتیجه رسیده‌اند که عدم آبیاری در زمان آغاز گل‌دهی سبب کاهش معنی‌داری در قطر طبق می‌شود (۱۳). آن‌ها علت عمده‌ی حساسیت این صفت به تنش در

مرحله‌ی گل‌دهی را به رشد تدریجی گل‌های سطح طبق در طی این دوره نسبت دادند. در ابتدای مرحله گل‌دهی، طبق‌ها هنوز نسبتاً کوچک هستند و با اینکه در این زمان کلیه‌ی گلچه‌های سطح طبق وجود دارند، ولی رشد همه‌ی آن‌ها هنوز کامل نشده است. پس از شروع گل‌دهی و گرده‌افشانی و در طول این مرحله، در هر روز رشد چند ردیف از گلچه‌ها از سمت محیط طبق به‌طرف مرکز آن انجام شده و نهایتاً تا پایان این دوره، گل‌دهی و رشد کل گلچه‌های طبق کامل می‌شود. بنابراین تنش رطوبتی در این دوره، از طرفی با کاهش تولید و انتقال مواد فتوسنتزی و از طرف دیگر با کاهش پتانسیل آب و در نتیجه کاهش فشار تورگر در کل گیاه و از جمله سلول‌های ناحیه‌ی طبق و نامساعد بودن شرایط رشد آن‌ها می‌تواند باعث کاهش رشد گلچه‌ها و میوه‌های تازه شکل گرفته‌ی گل آذین (طبق) گردد (۱۳). جعفرزاده کنارسری و پوستینی (۱۳۷۲) اعلام کرد که اعمال تنش در مراحل رشد رویشی هیچ تأثیری روی قطر طبق نداشته، ولی با اعمال تنش در مراحل رشد زایشی قطر طبق کم‌تر شده است. با وجود تنش در مرحله‌ی رشد رویشی و عدم اعمال تنش در مرحله رشد زایشی، تفاوتی در قطر طبق به‌وجود نمی‌آید، در حالی‌که یک تنش مختصر یا متوسط در آغاز مرحله‌ی زایشی قطر طبق را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۲). بیشترین حساسیت قطر طبق به تنش مربوط به مرحله‌ی گل‌دهی و گرده‌افشانی می‌شود (۲). مرحله‌ی پر شدن دانه یا دانه‌بندی در افزایش یا کاهش قطر طبق چندان اهمیتی ندارد. علت حساسیت این صفت به تنش در مرحله‌ی گل‌دهی و گرده افشانی را بر رشد تدریجی گل‌های سطح طبق در طی این دوره نسبت داده‌اند (۲). اندازه و وزن طبق نشان‌دهنده‌ی پتانسیل عملکرد در گیاه آفتابگردان می‌باشد. با تشکیل طبق، گیاه میزان قابل توجهی اسمیلات موجود را به آن اختصاص می‌دهد (٤). غفاری‌پور (۱۳۸۳) بیان کرد که تنش آب باعث ایجاد اختلاف معنی‌داری در وزن خشک طبق می‌گردد (۵). حلاجی (۱۳۸۳) گزارش کرد که سطوح مختلف تنش آبی بر روی وزن خشک طبق تأثیر معنی‌داری می‌گذارد و از وزن خشک طبق کاسته می‌شود (۳). وزن خشک گیاه، شاخص خوبی برای ارزیابی رشد و عملکرد محسوب می‌شود. به‌طور کلی وزن خشک بیشتر نشان‌دهنده‌ی کارایی گیاه در تولید مواد فتوسنتزی و ارسال آن به اندام‌های در حال رشد است. گیاهانی که از وزن خشک کم‌تری برخوردارند، توانایی کمتری برای استفاده از منابع طبیعی داشته و هم‌چنین شرایط نامناسب محیطی سبب کاهش فرایندهای فیزیولوژیک دخیل در فرایند اسمیلاسیون می‌گردد (٦). جاسو و همکاران (۲۰۰۲) در مطالعه‌ای بر روی ٦ رقم آفتابگردان در شرایط تنش خشکی گزارش دادند که در مراحل ستاره‌ای شدن و غنچه‌دهی، هر ٦ رقم از وزن خشک مشابه و کمی برخوردار بودند، ولی در ابتدا و انتهای مرحله‌ی گل‌دهی، در بین ارقام از لحاظ وزن خشک اختلاف مشاهده گردید و در مرحله برداشت این اختلاف بین بالاترین و پایین‌ترین رتبه از لحاظ وزن خشک ۵۸ درصد بود (۱۸). تراکم بوته یکی از عوامل زراعی مهم در تعیین عملکرد بوده و تحت شرایط آب و هوایی مختلف برای یک رقم ثابت نمی‌باشد. در واقع عوامل محیطی و از جمله تراکم بوته، بر توانایی یک گیاه از نظر ظاهر ساختن توان بالقوه‌ی ژنتیکی خود اثر می‌گذارند (۱۰). طی آزمایشی که توسط گوبیلس و ددیو (۱۹۹۹) انجام گرفت وجود تیمار سایه (۲۰٪ نور مستقیم خورشید) نسبت به تیمارهای شاهد (نور

مستقیم آفتاب) اندازه گلچه، قطر طبق و اندازه بذر را به‌علت کم نمودن ذخیره‌ی ماده خشک در دانه به‌طور معنی‌داری کاهش داد، زیرا تقسیم ماده‌ی خشک بین ارگان‌های گیاهی، به وسیله‌ی سایه اندازی و افزایش رقابت بین آن‌ها کاهش می‌یابد (١٦). هولت و کمپبل (١٩٩٨) اظهار داشتند که قطر طبق در آفتابگردان وابستگی شدیدی به عوامل محیطی از جمله تاریخ کاشت، حاصل خیزی خاک، تراکم بوته و رقابت با علف‌های هرز دارد (١٧). رابینسون و همکاران (١٩٨٥) گزارش نمودند که با افزایش تراکم بوته، قطر طبق کاهش می‌یابد (١٩). یکی از مزیت‌های این کاهش، سریع‌تر خشک شدن آن‌ها نسبت به طبق‌های بزرگ‌تر می‌باشد. دیسکون و لتمان (١٩٩٢) نیزکاهش قطر طبق را در اثر افزایش تراکم گزارش کرده و اعلام داشتند که تفاوت‌های ژنتیکی ارقام، بیشترین تأثیر را بر قطر طبق آفتابگردان دارد (١٤). زوبریسکی و زیمرمن (١٩٩١) گزارش کردند که با افزایش تراکم از ٣٦ تا ٧٢ هزار بوته در هکتار قطر طبق‌ها کاهش، ولی عملکرد دانه از ٢٢٥٨ به ٣١٩٠ کیلوگرم در هکتار و عملکرد روغن از ١٠٤٦ به ١٥٠٠ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت، ولی اثر تراکم بر روی غلظت روغن معنی‌دار نبود (٢٢). رابینسون و همکاران (١٩٨٥) در آزمایشی دیگر در مینه سوتا، آفتابگردان را در تراکم‌های ١٧ تا ٦٢ هزار بوته در هکتار در ٦ محل کشت کردند. آن‌ها نشان دادند که با افزایش تراکم بوته، قطر طبق و اندازه دانه‌ها کاهش، ولی درصد روغن افزایش می‌یابد (١٩). هادی (١٣٧٩) با بررسی روند رشد و عملکرد ارقام گلدیس، گلشید و آذرگل در تراکم‌های ٥، ٦، ٨ و ١١ بوته در متر مربع اعلام کرد که با افزایش تراکم بوته در واحد سطح، قطر طبق کاهش یافته و حداکثر قطر طبق در تراکم ٥ بوته (١٤/٧سانتی‌متر) و حداقل قطر طبق در تراکم ١١ بوته در متر مربع (٩/٨سانتی‌متر) به‌دست آمده است و در بین ارقام، آذرگل بیشترین قطر طبق را ایجاد می‌کند (١٠).

با توجه به این‌که بخش وسیعی از زمین‌های زیر کشت در ایران به شرایط آب و هوایی نیمه‌خشک تعلق دارد، حصول بالاترین میزان عملکرد با حداقل آب مورد نیاز در تراکم‌های مناسب ضروری به نظر می‌رسد که تحقیق حاضر نیز در راستای نیل به اهدافی چون ارزیابی و شناسایی صفات مهم مرفولوژیکی مؤثر بر عملکرد و اجزای عملکرد نهایی آفتابگردان در شرایط تنش خشکی و مقایسه آن با شرایط عادی و تعیین بهترین تراکم در آفتابگردان تحت شرایط عادی و تنش کمبود آب و بررسی امکان افزایش عملکرد آفتابگردان در شرایط تنش کمبود آب با تغییر تراکم بوته در واحد سطح انجام گردیده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در فصل زراعی ١٣٨٤ در مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز واقع در اراضی کرکج در١٥ کیلومتری شرق تبریز اجرا گردید. ارتفاع محل آزمایش ١٣٦٠ متر از سطح دریای آزاد در طول جغرافیایی ٤٦ درجه و١٧ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ٣٨ درجه و ٥ دقیقه شمالی می‌باشد. آزمایش در قالب اسپلیت فاکتوریل با طرح پایه‌ی بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. جهت تجزیه‌ی خاک محل اجرای طرح، دو نمونه‌ی خاک از چهار نقطه‌ی مزرعه از اعماق ٢٠-٠ و٣٥-٢٠ سانتی‌متری تهیه و به آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشکده کشاوزی دانشگاه

آزاد اسلامی تبریز ارسال گردید. پس از تجزیه، وضعیت فیزیکی و شیمیایی خاک به شرح زیر تعیین شد:

خاک مورد نظر به‌طور متوسط دارای ٦٦ درصد شن، ۲۰ درصد سیلت و ١٤ درصد رس بود که با توجه به مثلث بافت خاک، خاک منطقه دارای بافت لومی شنی[1] است. PH خاک در محدوده‌ی قلیایی ضعیف تا متوسط (۸/۹–۷/۸) قرار داشت و از این نظر جذب برخی از عناصر کم‌مصرف نظیر آهن، منگنز، مس و روی توسط گیاه با اشکال مواجه می‌شود. نتایج مربوط به قابلیت هدایت الکتریکی خاک نشانگر آن است که EC خاک در عمق نمونه برداری در محدوه ١/٤–۰/۳ دسی زیمنس بر متر متغیر بوده، لذا می‌توان گفت که تقریباً خطر شوری در خاک وجود نداشته و با در نظر گرفتن میزان املاح محلول اندازه‌گیری شده، خاک مورد نظر در ردیف خاک‌های شور قرار نگرفت. میزان سدیم قابل تبادل در اکثر موارد محدودیتی در رشد و تغذیه گیاهان به‌وجود نمی‌آورد. میزان پتاسیم قابل تبادل خاک در عمق ۲۰–۰ سانتی‌متری خاک سطح الارض در حد متوسط تا خوب بود و اصولاً نیاز زیادی به کودهای پتاسی در این نوع خاک‌ها ملاحظه نمی‌شود. میزان فسفر قابل جذب گیاه ppm ٦–۵ بود که در محدوده بسیار فقیر قرار داشت. میزان کلسیم قابل تبادل بیش از حد بوده که می‌تواند برای برخی ازگیاهان مشکلاتی از نظر رشد به وجود آورد. مقدار کود مصرفی طبق تجزیه‌ی خاک و توصیه‌ی آزمایشگاه خاک‌شناسی،۱۵۰ کیلوگرم درهکتار فسفات دی آمونیوم، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم بود. مصرف کودهای فسفره و پتاسه در زمان تهیه زمین و کود اوره طی سه مرحله، شامل یک سوم در زمان شخم، یک سوم در زمان ۵ برگی و یک سوم باقی‌مانده در زمان آغاز گل دهی انجام شد. قبل از کاشت زمین به‌صورت ۷۲ کرت به ابعاد۳ × ٤ متر تقسیم و جوی پشته هایی به فاصله ٦۰ سانتی‌متر توسط شیار بازکن در جهت شمالی– جنوبی ایجاد گردید و بذور در جبهه‌ی شرقی قرار گرفتند. تیمارها شامل دو رقم دیر رس رکورد (V_1) و هیبرید متوسط رس آذرگل (V_2)، سه سطح تراکم بوته‌ی ۸۰ هزار بوته (D_1) با فاصله‌ی بوته‌ی روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر، ۹۰ هزار بوته (D_2) با فاصله‌ی بوته‌ی روی ردیف ۱۸ سانتی‌متر و۱۰۰ هزار بوته در هکتار (D_3) با فاصله‌ی بوته‌ی روی ردیف ١٦سانتی‌متر و سطوح تنش کمبود آب مشتمل بر شاهد (S0)، آبیاری در رطوبت معادل۷۵٪ (S_1)، ۵۰٪ (S_2) و۲۵٪(S_3) رطوبت قابل دسترس بود. جهت تعیین زمان آبیاری در تیمارهای تنش آبیاری، ابتدا ظرفیت مزرعه‌ای خاک اندازه‌گیری شده و سپس شاهد براساس ظرفیت مزرعه‌ای و سایر تیمارها بر اساس سطوح تنش‌ها، آبیاری گردید. برای تعیین ظرفیت مزرعه‌ای از دستگاه محفظه فشاراستفاده شد. بدین ترتیب که از اعماق ۰ – ۱۰، ۱۰ – ۲۰، ۲۰–۳۰، ۳۰–٤۰ و٤۰–۵۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌هایی برداشته و سپس نمونه‌های خاک اشباع شدند. نمونه‌های اشباع شده در دستگاه محفظه فشار تحت فشار یک سوم بار قرار گرفتند. پس از رسیدن رطوبت به حالت تعادل، نمونه‌ها از محفظه فشار خارج شده و بلافاصله در آزمایشگاه به‌وسیله ترازوی حساس با دقت ۰/۰۱ گرم توزین و در آون ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ٢٤ ساعت قرارگرفتند. پس از توزین خاک خشک شده، مقدار ظرفیت مزرعه‌ای

1- Sandy loam

وزنی خاک به‌طور روزانه با استفاده از فرمول زیر محاسبه و به‌دست آمد.

$$\text{ظرفیت مزرعه‌ای وزنی خاک} = \frac{\text{وزن ظرف با خاک خشک} - \text{وزن ظرف با خاک مرطوب}}{\text{وزن ظرف} - \text{وزن ظرف با خاک خشک}} \times ۱۰۰$$

پس از تعیین رطوبت وزنی، میانگین نمونه‌ها به عنوان ظرفیت مزرعه‌ای کل خاک در نظر گرفته شد. بعد از مشخص شدن رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای، مقدار رطوبت نقطه‌ی پژمردگی نیز در فشار ۱۵ بار به همان ترتیب اندازه‌گیری شد. تفاضل رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای و رطوبت نقطه‌ی پژمردگی، به‌عنوان رطوبت قابل دسترس در نظر گرفته شد. پس از مشخص شدن میزان رطوبت قابل دسترس، هر روز از خاک نمونه‌برداری شده و میزان رطوبت وزنی خاک تعیین شد و فواصل آبیاری در تیمارهای مختلف به دست آمد. آبیاری تیمارها بر اساس مقدار رطوبت خاک برای تیمارهای شاهد، ۷۵٪، ۵۰٪ و ۲۵٪ رطوبت قابل دسترس به ترتیب هر ۵، ۷، ۱۰ و ۱٤ روز یک بار انجام گرفت. در طول دوره‌ی اعمال تنش نیز برای دقت بیشتر، رطوبت خاک بارها با استفاده از دستگاه TDR اندازه‌گیری شد و آبیاری در زمان‌های معین بر اساس تیمارهای آزمایشی انجام شد. آبیاری مزرعه تا مرحله R4 (مرحله ستاره‌ای شدن و ابتدای باز شدن گل آذین) و بر حسب نیاز کانوپی و بسته به شرایط آب و هوایی منطقه، بدون اعمال تنش آبی انجام شد ولی با ظهور گل آذین در مرحله R4 تیمارهای تنش آبی اعمال گردید. در مدت زمان اجرای طرح از هیچ نوع علف‌کش و یا آفت‌کشی استفاده نشد. صفات اندازه‌گیری شامل ارتفاع ساقه، قطر ساقه، قطر طبق، وزن خشک طبق و وزن خشک اندام‌های هوایی در بوته‌های برداشت شده از هر تیمار اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها مدنظر قرار گرفت. ارتفاع ساقه از یقه تا زیر طبق در زمان برداشت بر حسب سانتی‌متر، قطر ساقه در زمان رسیدگی فیزیولوژیک در۱۰سانتی‌متری بالاتر از یقه بر حسب میلی‌متر توسط کولیس با دقت۰/۱ میلی‌متر، قطر طبق در زمان رسیدگی فیزیولوژیک به‌صورت ضربدری در یک دایره و محاسبه میانگین آن بر حسب سانتی‌متر، بیوماس تک بوته بر اساس مجموع وزن‌های خشک ساقه، برگ‌ها، طبق، دمبرگ و وزن دانه‌های برداشت شده در سطح تک بوته بر حسب گرم و بیوماس هکتاری بر اساس مجموع وزن خشک‌های ساقه، برگ‌ها، طبق، دمبرگ و وزن دانه‌های برداشت شده با اعمال تراکم مربوطه در هکتار بر حسب کیلوگرم اندازه‌گیری شدند. جهت تست نرمال بودن اعداد خام از برنامه Mstatc و برای تجزیه واریانس و تحلیل داده‌ها از برنامه SAS و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی نشان داد که تأثیر سطوح مختلف تنش کمبود آب بر روی صفات ارتفاع ساقه، قطر ساقه، قطر طبق، وزن خشک طبق، وزن خشک اندام‌های هوایی در یک بوته و در هکتار معنی‌دار است. همچنین تراکم نیز تأثیر معنی‌داری بر روی وزن خشک اندام‌های هوایی در هکتار داشت (جدول۱).

ارتفاع ساقه

معمولاً افزایش ارتفاع بارزترین تغییر ناشی از رشد در اغلب گیاهان است. یکی از نتایج افزایش ارتفاع گیاه، تشکیل برگ‌های جدید در بالای گیاه است که برگ‌های جوان با کارایی بیشتر در بالای برگ‌های

جدول۱- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در آزمایش

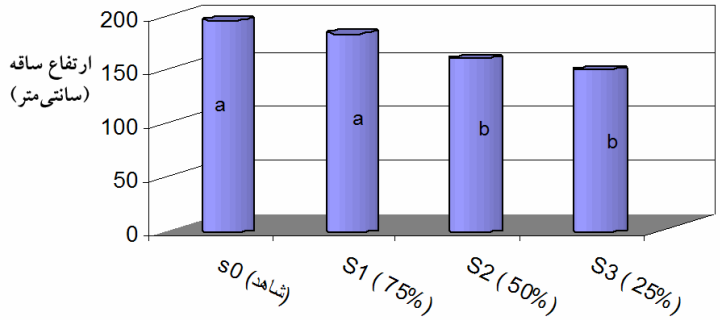
منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع ساقه	قطر ساقه	قطر طبق	وزن خشک طبق	وزن خشک اندام های هوایی تک بوته	وزن خشک اندام های هوایی در هکتار
تکرار	۲	۱۳۰٦/۷٦٤*	۳۰/۳۰۸ns	۱۲/۹٦۹ns	۸۵/٦۰۹ns	٦۵٦۰/۳٤٦ns	٤۹۱٦۱۷۲۲/۸٤٦ns
رقم	۱	۸۸۱۱/۲۸**	۳۵/۰۷۰ns	۱۹/۱٦۸ns	۵٦۵/۸۲۵ns	٤۵٦۵/۰۹۵ns	٤۰٦۲۰۵۳۸/۵۳ns
خطای آزمایشی	۲	٤۸/۱٦۷ns	۲۰/۵۱ ns	۱/۸۰۷ns	۱۷۵/۳۷٤ns	۱٦٦۳/٤۰۱ns	۱۱۹۷۱۸۹۵/۸۸ns
تنش آبی	۳	۸۰۵٦/۰۸**	٤۲٦/۰۹**	۲۳۱/۵۹۸**	٦٤۱٤/۷۵**	۲۲۸۲٦٤/۳**	۱۹۱۳٤٦۵۱۳٤**
تنش آبی × رقم	۳	۲۵۲/۷۳ns	۱۲/۱۱۱ns	۲/۳۳۷ns	۷۸/۹٤۲ns	۵۵۵/۰۳٤ns	٤۳۹۱۰٤۲/۹٦ns
تراکم	۲	۳۸۹/۳۹ns	٦/۲۹۳ns	۳/۸۹۵ns	۲٤۹/۵٦٤ns	۵۳۷۳/٦۹۲ns	۱٦۰۹۷۷٦۹۳**
رقم × تراکم	۲	۱۲۷/۳۸ns	۲۰/۸۰٤ns	۱/۲۰۸ns	۱۱۹/٦٤۱ns	٤٤٦/٤۰٤ns	۳۸٤۰۹۸۷/۱۲۳ns
تراکم × تنش آبی	٦	۱۷٤/٦٦ns	۱۳۷/۳۳٦ns	۳/۲۰۷ns	۱۷٤/۲۲۹ns	۳۹۱۷/۰۵۸ns	۲۸۹۵۸۲۵۱/۱٤ns
رقم × تنش آبی × تراکم	٦	۱۳۵/٦۸ns	۳٦/۵۷٦ns	۲/۲۰۲ns	۱۲٤/۸۹۸ns	۱۲۹۷/۸۳۳ns	۱۱۰٦۵۳٦۷/٤۷ns
خطای آزمایشی	٤٤	۲۳٤/٤٦	۱۷/٦۷۹	۳/٦۵۰	۱۲٤/۵۵٤	۲۸٦٤/۱٤۵	۲۳٤۵۷۳٤۸/۰۵
ضریب تغییرات		۸/۸۱	۱۷/٦۰	۱۱/٤۲	۲۷/۹٤	۲٦/۲۳	۲۳/۳۷

** و * به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۱٪ و ۵٪ و ns: غیر معنی‌دار

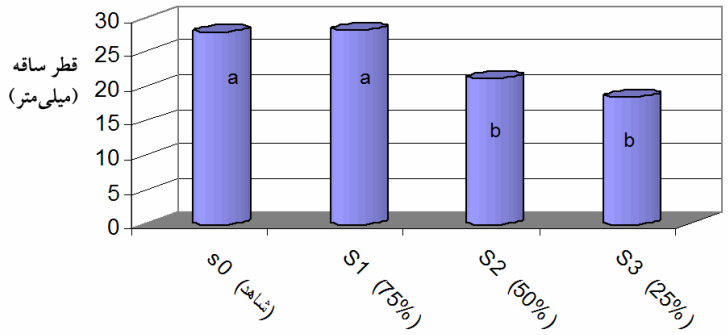
قدیمی قرار گرفته و مقدار بیشتری از نور را دریافت می‌کنند (٦). مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف تنش آبی بر روی صفت ارتفاع ساقه اختلاف معنی‌داری را نشان داد (جدول۲). بیشترین ارتفاع ساقه در تیمار شاهد معادل ۱۹۷/٤ سانتی‌متر و کم‌ترین آن در تیمار۲۵ درصد رطوبت قابل دسترس خاک معادل۱۵۱/٤ سانتی‌متر بود (نمودار۱). بین تیمار شاهد با تیمار۷۵ درصد رطوبت قابل دسترس و تیمار ۵۰ درصد با تیمار ۲۵ درصد رطوبت قابل دسترس اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، اما افزایش شدت تنش آبی از۷۵ درصد به پایین، موجب کاهش معنی‌دار ارتفاع ساقه گردید. این موضوع نشان می‌دهد که بیشترین کاهش در رطوبت بین ۵۰ تا ۷۵ درصد رطوبت قابل دسترس اتفاق می‌افتد. علت این امر، احتمالاً کاهش رشد رویشی در اثر کاهش تقسیم سلولی و رشد سلول‌ها می‌باشد. نقش هورمون‌ها نیز در این ارتباط حایز اهمیت است. در تیمارهایی که تحت تنش قرار گرفته‌اند احتمالاً میزان هورمونABA افزایش یافته که این هورمون نیز به نوبه خود از فعالیت IAA وCK که تقسیم و افزایش طول سلول‌ها را بر عهده دارند جلوگیری کرده و موجب کاهش رشد رویشی گردیده است. سایر محققین نیز به این نتایج دست یافته‌اند (۲، ۳ ، ۵، ۸، ۱۳ و ۲۱).

قطر ساقه

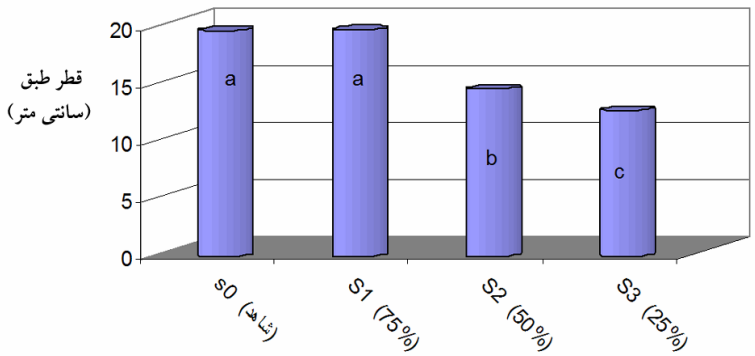
قطر ساقه به لحاظ ذخیره اسمیلات در طول دوره رویشی و امکان انتقال این مواد در زمان پرشدن دانه‌ها نقش قابل ملاحظه‌ای دارد و هر قدر قطر ساقه بیشتر باشد، پتانسیل تولید مطلوب در گیاه افزایش می‌یابد (٦). تأثیر سطوح مختلف تنش آبی بر روی قطر ساقه اختلاف معنی‌داری را نشان داد (جدول۲). بیشترین قطر ساقه در تیمار شاهد با آبیاری کامل معادل۲۸/۱٤ میلی‌متر و کم‌ترین آن در تیمار۲۵



نمودار ۱- اثرات سطوح مختلف تنش کمبود آب بر روی ارتفاع ساقه



نمودار۲- اثرات سطوح مختلف تنش کمبود آب بر روی قطر ساقه



نمودار۳- اثرات سطوح مختلف تنش کمبود آب بر روی قطر طبق

درصد رطوبت قابل دسترس معادل۱۸/۴۳ میلی‌متر حاصل شد (نمودار۲). بین تیمار شاهد با تیمار۷۵ درصد رطوبت قابل دسترس و تیمار۵۰ درصد با تیمار ۲۵ درصد رطوبت قابل دسترس اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، اما افزایش شدت تنش آبی از۷۵ درصد به پایین باعث ایجاد اختلاف معنی‌داری بر روی این صفت گردید. این موضوع نشان می‌دهد که در رطوبت‌های بالاتر از ۷۵ درصد رطوبت قابل

دسترس، رشد در حد مطلوب انجام می‌گیرد ولی با افزایش تنش آبی و کاهش رشد رویشی، در اثر کاهش تقسیم سلولی، رشد قطری نیز به‌صورت معنی‌داری کاهش می‌یابد. بررسی‌های سایر محققین نیز نتایج فوق را تأیید می‌کند (۲، ۳، ۵، ۸ و۲۰).

قطر طبق

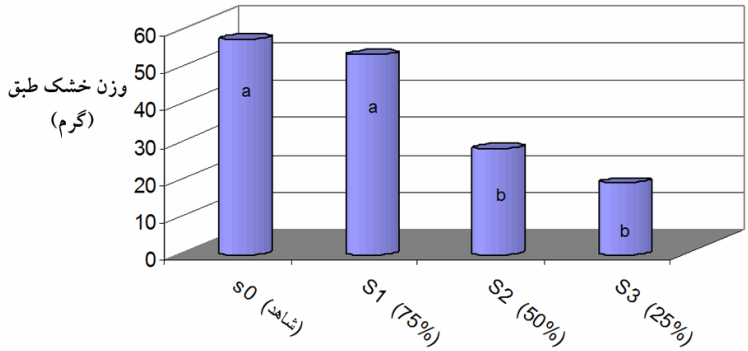
قطر طبق از عوامل مؤثر بر عملکرد دانه در آفتابگردان محسوب می‌شود. افزایش قطر طبق می‌تواند منجر به افزایش تعداد دانه‌های تشکیل شده در طبق و در نتیجه افزایش عملکرد گردد (٦). اختلاف قطر طبق در سطوح مختلف تنش آبی در سطح احتمال ۰/۱ معنی‌دار بود. مقایسه میانگین قطر طبق در سطوح مختلف تنش آبی نشان داد که با افزایش شدت تنش آبی، قطر طبق کاهش معنی‌داری دارد (جدول۲). بیشترین قطر طبق در تیمار شاهد معادل ۱۹/۸۲ سانتی متر و کم‌ترین آن در تیمار تنش ۲۵ درصد رطوبت قابل دسترس، معادل ۱۲/۷٤سانتی‌متر به‌دست آمد (نمودار۳). علت کاهش قطر طبق در اثر کمبود آب را چنین می‌توان بیان نمود که گل‌های سطح طبق در طی گل‌دهی به‌تدریج رشد می‌کنند و هر روز چند لایه از این گل‌ها از سمت محیط بیرون به‌طرف داخل طبق شروع به باز شدن می‌کنند و قسمت اعظم قطر طبق در مرحله گرده‌افشانی تشکیل می‌شود. چون همه تیمارهای تحت تنش در این مرحله با کمبود آب مواجه بودند، لذا تنش کمبود آب باعث کاهش رشد در این مرحله گردیده است. از طرفی کمبود فشارتورژسانس موجب می‌شود که سلول‌های تازه تشکیل‌یافته رشد و گسترش کم‌تری پیدا کنند (۱). سایر محققین نیز مشابه چنین نتایجی را به‌دست آورده‌اند (۲، ۳، ۵، ۸ و۱۳).

وزن خشک طبق

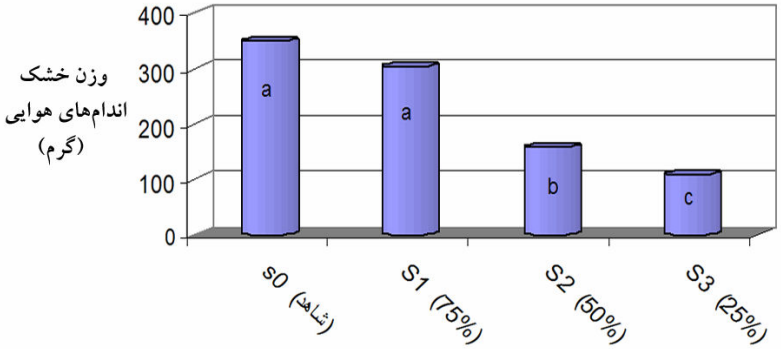
تأثیر سطوح مختلف تنش کمبود آب بر روی این صفت معنی‌دار بود (جدول۲). بیشترین وزن خشک طبق در تیمار شاهد معادل ۵۷/۹٤ گرم و کم‌ترین آن در تیمار تنش۲۵ درصد رطوبت قابل دسترس معادل۱۹/۳۵ گرم حاصل شد (نمودار٤). با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان بیان نمود که تنش آبی با هر شدت که در مرحله رشد زایشی اتفاق بیفتد، بر روی طبق تأثیر معنی‌داری خواهد گذاشت که این موضوع در شدت‌های بیشتری از تنش، نسبت به شدت‌های کم‌تر آن مشخص‌تر است. سایر محققین نیز نتایج مشابهی را به‌دست آورده‌اند (۳ و۵).

وزن خشک اندام‌های هوایی در یک بوته

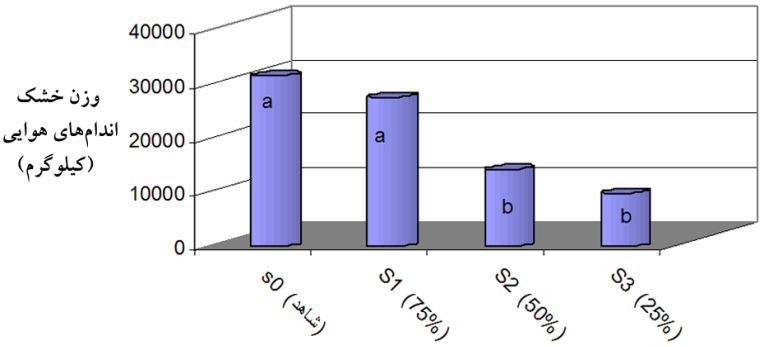
سطوح مختلف تنش کمبود آب بر روی این صفت تأثیر معنی‌داری داشتند (جدول۲). بیشترین وزن خشک گیاه، در تیمار شاهد با آبیاری کامل (۳٤۹/۵ گرم) و کم‌ترین آن در تیمار۲۵ درصد رطوبت قابل دسترس (۱۰۸/۷ گرم) حاصل شد (نمودار۵). در کل می‌توان نتیجه گرفت که تنش در هر مرحله از رشدزایشی گیاه اتفاق بیافتد باعث کاهش وزن خشک کل بوته می‌گردد. وزن خشک کل بوته از مجموع وزن خشک برگ، ساقه، طبق، دمبرگ و عملکرد دانه به‌دست می‌آید که با توجه به نتایج به‌دست آمده، این کاهش در وزن خشک کل بوته در تیمارهای تحت تنش آبی قابل انتظار است. نتایج فوق توسط سایر محققین نیز تأیید شده است (۳، ۵ و ۱۸).



نمودار۴- اثرات سطوح مختلف تنش کمبود آب بر روی وزن خشک طبق



نمودار۵- اثرات تنش کمبود آب بر روی وزن خشک اندام‌های هوایی در یک بوته



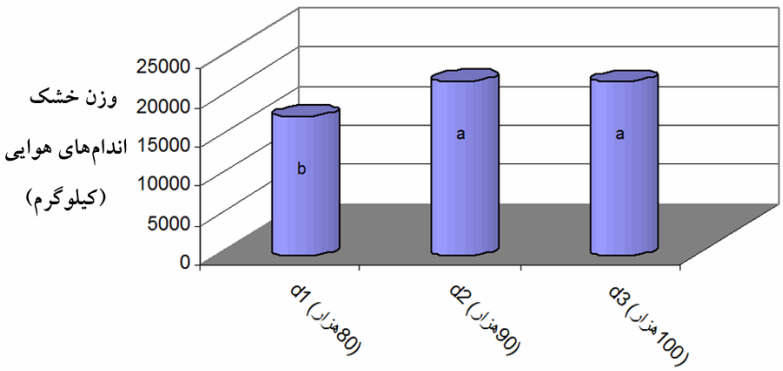
نمودار۶- اثرات تنش کمبود آب بر روی وزن خشک اندام‌های هوایی در هکتار

وزن خشک اندام‌های هوایی در یک هکتار

یکی از مطمئن‌ترین روش‌ها برای ارزیابی میزان رشد گیاه، اندازه‌گیری وزن خشک آن می‌باشد. بنابراین گیاهانی که از وزن خشک کم‌تری برخوردارند توانایی کم‌تری برای استفاده از منابع محیطی داشته و به عبارت دیگر، شرایط نامناسب محیطی سبب کاهش فرایندهای فیزیولوژیکی دخیل در فرآیند اسمیلاسیون شده است. وزن خشک نهایی

شاخص خوبی برای ارزیابی رشد و عملکرد گیاه محسوب می‌شود. به‌طور کلی وزن خشک بیشتر، نشان‌دهنده کارایی گیاه در تولید مواد فتوسنتزی و ارسال آن به اندام‌های در حال رشد است (٦). اثر تنش کمبود آب بر روی وزن خشک هکتاری اندام های هوایی اختلاف معنی‌داری را نشان داد (جدول۲). بیشترین عملکرد در تیمار شاهد معادل۳٤٤۲ کیلوگرم و کم‌ترین آن در تیمار۲۵ درصد رطوبت قابل دسترس معادل۹۸۷۷ کیلوگرم بود (نمودار۵). سایر محققین نیز به نتایج مشابهی دست یافته‌اند (۳، ۵ و۱۸). اثر تراکم بر روی وزن خشک هکتاری اندام‌های هوایی نیز اختلاف معنی‌داری را نشان داد به‌طوری که بیشترین وزن خشک هکتاری معادل ۲۲۲٦۰ کیلوگرم، در تراکم ۹۰ هزار بوته در هکتار و کم‌ترین آن معادل ۱۷۷۳۰ کیلوگرم، درتراکم ۸۰ هزار بوته در هکتار بوده است (نمودار۷). نتایج فوق مشابه نتایج حاصل از مطالعات سایر محققین می‌باشد (۳ و۱٦).

با توجه به نتایج حاصل می‌توان گفت که ارتفاع ساقه، قطر ساقه، قطر طبق، وزن خشک طبق، وزن خشک اندام‌های هوایی در یک بوته و در هکتار در هر دو رقم در تیمار شاهد بیشترین و کم‌ترین آن در تیمار ۲۵٪ آب قابل دسترس بود. رقم رکورد دارای ارتفاع بیشتری نسبت به هیبرید آذرگل در شرایط تنش کمبود آب بود. هم‌چنین هیبرید آذرگل بیشترین قطر ساقه و قطر طبق را در شرایط تنش داشت. بیشترین وزن خشک اندام‌های هوایی در هکتار نیز در تراکم۹۰ هزار بوته در هکتار در شرایط شاهد و کم‌ترین آن در تراکم۸۰ هزار بوته در هکتار و در شرایط تنش۲۵٪ رطوبت قابل دسترس حاصل گردید. صفات ارتفاع و قطر ساقه، قطر و وزن خشک طبق و وزن خشک اندام‌های هوایی در بوته و واحد سطح، با عملکرد دانه و روغن تک بوته و واحد سطح، همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول۳).



نمودار۷- اثرات سطوح مختلف تراکم بر روی وزن خشک اندام‌های هوایی در هکتار

جدول۲- مقایسه میانگین اثرات تنش کمبود آب در صفات بررسی شده با استفاده از آزمون دانکن

	ارتفاع ساقه سانتی‌متر	قطر ساقه میلی‌متر	قطر طبق سانتی‌متر	وزن خشک طبق گرم	وزن خشک اندام‌های هوایی تک بوته گرم	وزن خشک اندام‌های هوایی در هکتار کیلوگرم	عملکرد روغن در هکتار کیلوگرم	عملکرد دانه در هکتار کیلوگرم
S0	۱۹۷/٤a	۲۸/۸۳a	۱۹/۷۰a	۵۷/۹٤a	۳٤۹/۵a	۳۱٤۲۰a	۲۳۰۲a	٦۰۵۳a
S1	۱۸۵/۱a	۲۸/۱٤a	۱۹/۸۲a	۵۳/۸٤a	۳۰٤/۲a	۲۷۳۸۰a	۸۸۸۰b	۵۱/۲۳a
S2	۱٦۱/۳b	۲۱/۱٤b	۱٤/٦٤b	۲۸/٦٤b	۱۵۷/۹b	۱٤۲۱۰b	۲۱۹۱a	۳۳۱۹b
S3	۱۵۱/٤b	۱۸/٤۳b	۱۲/۷٤c	۱۹/۳۵b	۱۰۸/۷c	۹۸۷۷b	۸۸۸۰b	۲۳۵٦۱b

جدول۳- ضرایب همبستگی میان صفات مورد ارزیابی تحت شرایط تنش کمبود آبی

	صفات	۱	۲	۳	٤	۵	٦	۷	۸	۹
۱	ارتفاع ساقه	۱,۰۰۰								
۲	قطر ساقه	.٦۰٦**	۱,۰۰۰							
۳	قطر طبق	.٦۵۱**	.۸۸۱**	۱,۰۰۰						
٤	وزن خشک طبق	.۵۲٦**	.۷٤۷**	.۸۵۱**	۱,۰۰۰					
۵	وزن خشک اندام‌های هوایی	.٦۷۷**	.۸۲۱**	.۸۹۸**	.۸۹۰**	۱,۰۰۰				
٦	عملکرد دانه تک بوته	.۵۷۱**	.۷٤۲**	.۸۵۰**	.۷۹۹**	.۳٤۷*	۱,۰۰۰			
۷	عملکرد هکتاری دانه	.۵٤٤**	.۷۲۹**	.۸۲۲**	.۸۳۸**	.۳۳۵*	.۹٦۵**	۱,۰۰۰		
۸	عملکرد روغن تک بوته	.۷۲۸**	.۷۹٦**	.۸٦۸**	.۸۰۲**	.٤۹٤**	.۹۸٤**	.۹۵٦**	۱,۰۰۰	
۹	عملکرد هکتاری روغن	.۷۰٤**	.۷۸۷**	.۸۳۹**	.۸۲۷**	.٤۷۱**	.۹۵۵**	.۹۷۰**	.۹۷۱**	۱,۰۰۰

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

منابع

۱- آلیاری، ه. و ف. شکاری. ۱۳۷۹. دانه‌های روغنی، زراعت و فیزیولوژی. انتشارات عمیدی تبریز، صفحه‌ی۱۸۲.

۲- جعفرزاده کنارسری، م. و ک. پوستینی. ۱۳۷۲. بررسی اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر برخی ویژگی‌های مرفولوژیکی و اجزای عملکرد آفتابگردان (رقم رکورد). مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۲۹، شماره۲، ۳٦۱-۳۵۳.

۳– حلاجی، ح. ۱۳۸۳. اثرات تنش کمبود آب و تراکم برروی عملکرد و اجزای عملکرد هیبرید آذرگل آفتابگردان. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد، صفحه‌ی۱۲۲.

٤– طلاب نژاد، ع. ۱۳۷۹. مقایسه‌ی عملکرد دانه و روغن ارقام و هیبریدهای جدید آفتابگردان در استان مرکزی. چکیده‌ی مقالات ششمین کنگره‌ی زراعت و اصلاح نباتات ایران، بابلسر، دانشگاه مازندران، صفحه‌ی۳۳۲.

۵– غفاری پور، ا. ۱۳۸۳. بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد و خصوصیات کمی و کیفی هیبریدهای جدید آفتابگردان. پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، صفحه‌ی۱۲۰.

٦– کوچکی، ع.، م. راشد محصل و م. نصیری. ۱۳۷۲. رابطه‌ی آب و خاک در گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه فردوسی مشهد، صفحه‌ی٥٦۰.

۷– مجتهدی، ع. ۱۳۵۵. زراعت آفتابگردان. شرکت سهامی توسعه کشت دانه‌های روغنی.

۸– مظفری، ک. و ح. زینالی خانقاه. ۱۳۷٦. تجزیه به عامل‌ها در آفتابگردان تحت شرایط عادی و تنش آبی. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۲۸، شماره ۲، ٦۳– ۵۳.

۹– ناصری، ف. ۳۷۰. دانه های روغنی (ترجمه). انتشارات آستان قدس رضوی.

۱۰– هادی، ه. ۱۳۷۹. بررسی روند رشد و عملکرد چندرقم آفتابگردان در تراکم‌های مختلف کاشت. پایان‌نامه‌ی کارشناسی‌ارشد رشته زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، صفحه‌ی۱۰۲.

۱۱– یزدی صمدی، ب. و ک. پوستینی. ۱۳۷۳. اصول تولید گیاهان زراعی (ترجمه). مرکز نشر دانشگاهی، صفحه‌ی۲۹۲.

12- Acevedo, E., E. Fereres, T. C. Hsiao. and D.W. Henderson.1979. Diurnal trends, water potential, and osmotic adjustment of maize and sorghum leaves in the field. Plant Physiol., 64: 476-480

13- Dandria, R., F. Q. Chiaranda, V. Magliulo, and M. Mori. 1995. Yield and soil water uptake of sunflower sown in spring and summer. Agron. J., 87: 1122-1128.

14- Dixon, F. L. and L. Luteman.1992. Effects of drilling date on growth and yield of sunflower in the U.K. J. Agri. Sc. 19 (2): 197-204.

15- Gomes-Sanchez, D., G. P. Vannozzi, M. Baldini, S. Tahmasebi Enferadi, and G. Dellvedove. 2000. Effect of soil water availability in sunflower lines derived from interspecific crosses. Italian Journal of Agronomy Pp: 371-387.

16- Gubbels, G. H. and W. Dedio. 1999. Effect of plant density and soil fertility on oil seed sunflower genotypes. Can. J. Pl. Sci. 66 (3): 521-527.

17- Holt, N. W. and S. J. Campbell. 1998. Effects of plant density on the agronomic performance of sunflower on dryland. Can. J. Pl. Sci. 64: 599-605.

18- Jasso de Rodriguez, D., B. S. Phillips, R. Rodrigues – Garcia, and J. L. Angulo Sanchez. 2002. Grain yield and fatty acid composition of sunflower seeds for cultivars developed under dryland conditions. Agron. 25: 132- 142

19- Robinson, R. G., J. H. Ford., W. E. Lueschen, D. L. Rabas, D. D. Warnes and J. V. Wiersma.1985. Response of sunflower to uniformity of plant spacing. Agron. J. 74: 363-365.

20- Sadras, V. O., D. J. Cannor and D. M. Whitfield. 1998. Yield, yield components and source-sink relationships in water-stressed sunflower. Field Crop Res. 31: 27-39.

21- Unger, P. W. 1982. Time and frequency of irrigation effects on sunflower production and water use. Soil Sci. Soc. Am. J. 46: 1072-1076.

22- Zubriski, J. C. and O. C. Zimmerman. 1991. Effects of nitrogen, phosphorus and plant density on sunflower. Agron. J. 66: 798-801.