

کاربرد شاخص‌های مختلف ارزیابی تنش برای بررسی عملکرد ارقام آفتابگردان در شرایط خشکی

ابراهیم عباسی سیه‌جانی^۱، فرهاد فرح‌وش^۲، محمدباقر خورشیدی بنام^۳ و آیتک صادقی^۴

چکیده

به منظور تعیین تأثیر تنش خشکی بر سه رقم آفتابگردان، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز در سه تکرار انجام شد. برای تعیین میزان تحمل یا حساسیت ارقام به تنش خشکی، مقادیر پنج شاخص شامل میانگین حسابی (MP)، میانگین هندسی (GMP)، شاخص تحمل (TOL)، شاخص حساسیت به تنش (SSI) و شاخص تحمل به تنش (STI) محاسبه شدند. نتایج نشان داد که بین ارقام از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌دار وجود داشت. در شرایط بدون تنش رقم آرماویرسکی با ۵۴۸۶ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را تولید نمود. در شرایط تنش رقم ایروفلور با ۲۶۷۲ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را نسبت به دو رقم دیگر تولید کرد. بالاترین میزان شاخص STI متعلق به رقم آرماویرسکی با ۰/۵۷ بود. رقم آرماویرسکی براساس شاخص GMP نیز تحمل بالاتری داشت (۵۴۸۶ کیلوگرم در هکتار). رقم ایروفلور براساس شاخص‌های SSI و TOL متحمل‌ترین رقم نسبت به تنش بود، در حالی که رقم آرماویرسکی براساس شاخص MP از تحمل بیشتری برخوردار بود. با مقایسه ضرایب همبستگی YP و YS با شاخص‌های محاسبه شده مشخص شد که عملکرد در شرایط تنش (YS) رابطه معنی‌داری با هیچ یک از شاخص‌ها نداشت، ولی YP با STI، TOL، MP و GMP همبستگی نشان داشت. نتایج این تحقیق نشان داد که در صورت بارندگی مناسب، رقم آرماویرسکی و در شرایط رطوبتی نامطمئن، رقم ایروفلور قابل توصیه می‌باشد. هم‌چنین STI، MP و GMP شاخص‌های مناسبی برای برآورد پایداری عملکرد و دستیابی به ارقام پر محصول بودند.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، رقم، تنش خشکی، شاخص‌های تحمل، عملکرد.

تاریخ دریافت مقاله: ۸۸/۵/۱۲ تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۰/۸

۱- فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد زراعت و عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز

۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز

۳- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی

۴- کارشناس ارشد زراعت مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی

مقدمه و بررسی منابع

روغن خوراکی یکی از محصولات عمده غذایی کشور است که همواره تأمین نیاز داخلی آن با صرف هزینه‌های هنگفت و واردات از خارج انجام می‌شود، لذا سرمایه‌گذاری برای تولید دانه‌های روغنی و از جمله آفتابگردان که در طرح خود کفایی دانه‌های روغنی بعد از کلزا اهمیت خاصی دارد مورد توجه است. خشک‌سالی و تنش حاصل از آن یکی از مهم‌ترین و رایج‌ترین تنش‌های محیطی است که تولیدات کشاورزی را با محدودیت روبرو می‌سازد و بازده استفاده از مناطق خشک و دیم را کاهش می‌دهد (۵). در زمینه تنش‌های خشکی آزمایش‌های زیادی در دنیا انجام شده است و لیکن در اکثر موارد رابطه صفات گیاه با عملکرد دانه یکنواخت و ثابت نیست و اثر متقابل شدید محیط و ژنوتیپ در چنین شرایطی به بی‌اعتباری نتایج این گونه آزمایش‌ها بیش از پیش افزوده است. اثر متقابل ژنوتیپ و محیط که عمدتاً ناشی از شرایط سخت محیطی است، انتخاب ارقام مقاوم به خشکی را با مشکل مواجه می‌سازد (۱ و ۵). انگادی و هنتز^۱ (۲۰۰۲) روابط آبی را در ارقام پابلند و پاکوتاه آفتابگردان مورد بررسی قرار داده و اظهار داشتند که در شرایط آب کافی هیبریدهای پابلند علی‌رغم پتانسیل آب برگ کمتر، همواره دارای بیشترین عملکرد بوده و ارقام پاکوتاه متحمل به خشکی برای تولید در شرایط کم آبیاری دارای اهمیت می‌باشند. جعفرزاده کنار سری و پوستینی^۲ (۱۹۹۸) گزارش کردند که بروز تنش در مرحله گل‌دهی و گرده‌افشانی باعث کاهش شدید عملکرد دانه می‌شود و این در حالی است که تنش در سایر مراحل و از جمله در طول دوره رشد رویشی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه نداشته است. به منظور انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی شاخص‌های مختلفی براساس عملکرد در شرایط تنش و غیر تنش معرفی شده است. راسیلی و هامبلین^۳ (۱۹۸۱) شاخص‌های TOL و MP، فیشر و ماورر^۴ (۱۹۷۸) شاخص SSI و فرماندز^۵ (۱۹۹۲) شاخص STI را برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی معرفی کرده‌اند. ژنوتیپ‌ها براساس عملکردشان در شرایط تنش و غیر تنش به چهار گروه دسته‌بندی می‌شوند:

گروه A که در هر دو محیط تنش دار و بدون تنش عملکرد بالاتری دارند، گروه B که تنها در شرایط بدون تنش عملکرد بالاتری دارند، گروه C که در شرایط تنش عملکرد بالاتری دارند، و گروه D که در هر دو شرایط تنش و غیر تنش وضعیت نامطلوبی دارند. بهترین شاخص آن است که بتواند گروه A را از سه گروه دیگر متمایز کند. به نظر می‌رسد که شاخص‌های MP، TOL و SSI برای این منظور مناسب نیستند (۱۲). فرماندز (۱۹۹۲) طی آزمایشی نشان داد که شاخص STI برای انتخاب ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و بدون تنش بهتر از سایر شاخص‌ها است. فریزر^۱ و همکاران (۱۹۸۳) معتقدند که بررسی واکنش ارقام نسبت به خشکی اگر تنها بر مبنای حساسیت عملکرد آن‌ها نسبت به خشکی باشد مفیدتر است. فیشر و ماورر (۱۹۷۸) دو مرحله در اصلاح ارقام متحمل به خشکی را مطرح کردند، ابتدا ارقام براساس عملکرد دانه در شرایط تنش آبی به گونه‌ای شدید و سریع غربال و سپس نمونه‌های باقی مانده براساس صفات مرفولوژیک مهم و مرتبط با عملکرد و موثر در تحمل به خشکی غربال می‌شوند. بالدینی^۲ و همکاران (۱۹۹۱) متوجه عدم رابطه بین شاخص حساسیت به تنش و عملکرد دانه شدند و این عدم رابطه به این معنی است که امکان پیشرفت در اصلاح ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی در آفتابگردان وجود دارد. کاظمی‌تبار^۳ (۲۰۰۷) در مطالعه بر روی آفتابگردان اعلام نمود که در شرایط آزمایشی تنش در گل‌دهی شاخص MP و در شرایط آزمایشی تنش در دانه بستن شاخص‌های GMP، MP و STI در شناسایی هیبریدهایی با عملکرد بالا و متحمل به تنش، بهتر عمل کردند. این در حالی است که به گزارش رازی و آساد^۴ (۱۹۹۸) و غفاری (۲۰۰۸) تنها شاخص STI برای انتخاب ارقام آفتابگردان با عملکرد مطلوب و نیز مقاوم به خشکی مناسب می‌باشند. مظفری^۵ و همکاران (۱۹۹۶) نیز شاخص‌های GMP و STI را به عنوان شاخص‌های مناسب برای ارزیابی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی آفتابگردان تشخیص دادند. با توجه به متغیر بودن بارندگی در سال‌ها و مناطق مختلف کشور و قرار گرفتن دو سوم زمین‌های زیر کشت ایران در حوزه

1. Fereres
2. Baldini
3. Kazemitabar
4. Razi and Assad
5. Mozafari

1. Angadi and Hents
2. Jafarzadeh-Kenarsari and Postini
3. Rosille and Hamblin,
4. Fisher and Maurer
5. Fernandez

کشت ۸ بوته در متر مربع (۸۰ هزار بوته در هکتار) در نظر گرفته شد. عمل وجین علف‌های هرز برای بار سوم در مرحله ۱۰ برگی صورت گرفت و آبیاری در جوی و پشته‌ها به صورت نشتی انجام شد. آبیاری مزرعه تا مرحله R_3 (طویل شدن میانگره زیرین گل آذین به بیش از ۲ سانتی‌متر بالای برگ‌ها) برحسب نیاز کانوپی و بسته به شرایط آب و هوای منطقه بدون اعمال تنش آبی اجرا گردید و سپس تنش رطوبتی اعمال گردید. برای جلوگیری از خطر حمله گنجشک‌ها، کیسه‌هایی از جنس توری پارچه‌ای در ابعاد ۶۰×۴۰ سانتی‌متر تهیه و طبق‌ها پس از تلقیح، داخل آن‌ها قرار داده شدند.

از ۴ ردیف کاشته شده در هر کرت، ردیف‌های دوم و سوم برای نمونه‌برداری انتخاب شدند. در مرحله رسیدگی، برای تعیین عملکرد دانه، هشت بوته متوالی از همان ردیف‌های دوم و سوم برداشت و عملکرد دانه در هکتار محاسبه گردید.

برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل به خشکی شاخص‌های ذیل مورد بررسی قرار گرفت:

۱- تحمل تنش $TOL = Y_p - Y_s$ که در آن Y_p عملکرد ژنوتیپ در شرایط عادی و Y_s عملکرد ژنوتیپ در شرایط تنش است.

$$MP = (Y_p + Y_s) / 2 \quad \text{۲- میانگین حسابی}$$

$$GMP = \sqrt{Y_p \times Y_s} \quad \text{۳- میانگین هندسی}$$

۴- شاخص تحمل به تنش $STI = (Y_s \times Y_p) / \bar{Y}^2$
 ۵- شاخص حساسیت تنش $SSI = 1 - (Y_s / Y_p) / SI$ که در آن SI (شدت تنش) از رابطه $SI = 1 - (\bar{Y}_s / \bar{Y}_p)$ محاسبه می‌شود و \bar{Y}_s, \bar{Y}_p میانگین عملکرد همه ژنوتیپ‌ها به ترتیب در شرایط آبیاری و تنش است (۱۲). پس از محاسبه شاخص‌های تحمل به خشکی مناسب‌ترین شاخص‌ها جهت انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی و دارای پتانسیل عملکرد بالاتر براساس عملکرد ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط تنش و غیر تنش مشخص شدند.

داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزار SPSS (ver.11) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و مقایسه میانگین با آزمون چند دامنه دانکن در سطح احتمال ۰.۰۵ انجام گرفت. هم‌چنین برای رسم شکل‌ها از برنامه Excel استفاده شد.

مناطق نیمه‌خشک یا دیم، انتخاب گیاهان متحمل به خشکی از جمله آفتابگردان اهمیت خاصی دارد. بنابراین در تحقیق حاضر سعی شده شاخص‌های مناسب برای گزینش ارقام آفتابگردان با عملکرد بالا و متحمل به خشکی معرفی شوند.

مواد و روش‌ها

آزمایش در فصل زراعی سال ۱۳۸۶ در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز واقع در اراضی کرکج، در ۱۵ کیلومتری شرق تبریز اجرا گردید. مزرعه آزمایشی با توجه اطلاعات هواشناسی دارای آب و هوای خشک کوهستانی و سرد است. با توجه به مثلث بافت خاک، خاک منطقه دارای بافت لومی شنی است. pH خاک در محدوده قلبایی ضعیف تا متوسط قرار دارد.

طرح آزمایشی مورد استفاده طرح کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. دوره‌های آبیاری به کرت‌های اصلی و ارقام به کار رفته به کرت‌های فرعی اختصاص داده شدند. تیمارهای اصلی شامل: آبیاری پس از ۵۰ (شاهد)، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A بودند. تیمارهای فرعی نیز شامل رقم آرماورسکی (رقم تجاری و متوسط رس)، رقم آلتار (رقم هیبرید خارجی و نسبتاً پر محصول) و رقم ایروفولور (رقم هیبرید خارجی و متوسط رس) بودند.

روش کاشت به صورت جوی و پشته‌ای بود. هر کرت فرعی شامل چهار ردیف کاشت به فواصل ۶۰ سانتی‌متر و طول ۴ متر بود. فاصله بوته‌ها روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر انتخاب گردید. زمین محل آزمایش در پاییز ۱۳۸۵ شخم زده شده بود، در فروردین سال ۱۳۸۶ معادل ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفات دی آمونیوم و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم مصرف گردید. مصرف کودهای فسفوره 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 باقی مانده در زمان آغاز گل‌دهی مصرف شد. کاشت به صورت هیرم کاری با قرار دادن ۴ بذر در داخل هر کپه و در داغ آب پشته‌ها به فاصله ۲۰ سانتی‌متر از هم در تاریخ ۲۲ اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۶ انجام شد. بعد از سبز شدن آفتابگردان، وجین علف‌های هرز در مرحله ۳ برگی انجام شد و بار دیگر در مرحله ۵ برگی به همراه وجین، تنک نیز انجام گردید. تراکم

نتایج و بحث

تجزیه واریانس نشان داد که بین ارقام و نیز تأثیر سطوح تنش بر عملکرد ارقام آفتابگردان اختلاف معنی‌داری وجود داشت. اثر متقابل ارقام در سطوح تنش معنی‌دار نشد که نشان دهنده عکس‌العمل یکسان ارقام به تنش خشکی است (جدول ۱).

عملکرد

شکل (۱) نشان می‌دهد که رقم آرماویسکی با ۵۴۸۶ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را در مقایسه با ارقام ایروفولور (۴۶۶۶ کیلوگرم در هکتار) و آلتار (۴۴۶۲ کیلوگرم در هکتار) در شرایط آبی تولید نمود. اختلاف عملکرد ارقام ایروفولور و آلتار غیر معنی‌دار، ولی با رقم آرماویسکی معنی‌دار بود. در شرایط تنش، رقم ایروفولور با ۲۶۷۲ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را تولید کرد و ارقام آرماویسکی (۲۴۶۶ کیلوگرم در هکتار) و آلتار (۲۲۱۱ کیلوگرم در هکتار) در رتبه‌های بعدی را قرار گرفتند. اختلاف عملکرد رقم ایروفولور با آرماویسکی معنی‌دار نبود ولی با آلتار معنی‌دار شد. هم‌چنین اختلاف بین آرماویسکی و آلتار نیز معنی‌دار نبود.

براساس شکل (۲) مقایسه میانگین صفت عملکرد دانه نشانگر آن است که با افزایش سطوح تنش کمبود آب، عملکرد ارقام کاهش می‌یابد، به طوری که حداکثر عملکرد دانه در ترکیب تیماری رقم آرماویسکی در سطح آبیاری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر (۵۴۸۶ کیلوگرم در هکتار) و حداقل عملکرد دانه در ترکیب تیماری رقم هیبرید آلتار در سطح آبیاری پس از ۲۵۰ میلی‌متر تبخیر (۱۸۱۵ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد. با توجه به وجود اختلاف معنی‌دار در عملکرد شاهد و ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر (به ترتیب ۴۸۶۴ و ۲۴۵۰ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد سطح ۲۰۰ میلی‌متر به عنوان سطح تنش انتخاب و شاخص‌های ارزیابی تنش بر آن اساس محاسبه شدند.

شاخص تحمل به تنش (STI)

این شاخص بر میانگین هندسی استوار است و مقادیر بالای این شاخص حاکی از تحمل بیشتر به تنش است (۱۲) که بیشترین مقدار آن در این آزمایش ۰/۵۷ و متعلق به رقم آرماویسکی بود و ارقام هیبرید ایروفولور و آلتار به ترتیب با مقادیر ۰/۵۲ و ۰/۴۱ در مرتبه بعدی قرار گرفتند. ارقام ایروفولور و آرماویسکی در شرایط تنش دارای عملکرد نسبتاً یکسانی بودند، ولی آرماویسکی در شرایط عادی به خاطر حداکثر

بودن وزن خشک اندام‌های هوایی، ارتفاع ساقه، و تعداد برگ‌های فعال در بین ارقام عملکرد بیشتری از ایروفولور نشان داد. در حالی که در شرایط تنش اختلاف عملکرد دو رقم معنی‌دار نبود و لذا شاخص تحمل آرماویسکی بیشتر شد (شکل ۳). در مجموع می‌توان چنین نتیجه گرفت که این شاخص زمانی قابل اعتماد است که با عملکرد بالا در شرایط تنش در نظر گرفته شود. به طور کلی عکس‌العمل گیاهان زراعی و ارزیابی آن‌ها برای حداکثر عملکرد در شرایط محیطی متنوع وابسته به توانایی متفاوت آن‌ها در استفاده از شرایط محیطی است. این امر از طریق تنظیم اجزای عملکرد و اثرات متقابل ارقام به هنگام بروز شرایط نامطلوب و مطلوب امکان پذیر است (۱۰). در شکل (۳) رابطه بین عملکرد در شرایط بدون تنش و عملکرد در شرایط تنش با شاخص تحمل به تنش نشان داده شده است که بین این دو یک رابطه خطی با ضریب تبیین به ترتیب بیشتر از ۰/۵۲ و ۰/۷۰ وجود داشت.

شاخص حساسیت به تنش (SSI)

هر چه مقدار SSI کمتر باشد حساسیت به تنش کمتر و تحمل به آن بیشتر است. در محاسبه شاخص حساسیت به تنش یک جز به نام SI وجود دارد که به عنوان سختی محیط نامیده می‌شود. هر چه میزان SI بزرگ‌تر باشد حاکی از شرایط سخت‌تر است (۱). در این آزمایش سختی محیط برابر ۰/۴۹۶ بود. از میان ارقام موجود رقم ایروفولور (۰/۱۵-) نسبت به بقیه تحمل بیشتری داشت و نسبت به رقم آرماویسکی (۰/۰۹۴) برتر و نسبت به تنش خشکی متحمل‌تر بود. مطالعات انجام شده توسط فیشر و مورر (۱۹۷۸) نشان دادند که ارزیابی ژنوتیپ‌ها با استفاده از شاخص حساسیت محیطی، مواد آزمایش را فقط براساس مقاومت و حساسیت به تنش می‌توان رقم‌های حساس و مقاوم را بدون توجه به عملکرد بالقوه آن‌ها تعیین و شناسایی نمود (۱۳). هر چند رقم ایروفولور STI متوسطی نشان داد، ولی میزان SSI آن حداقل بود. رقم آرماویسکی علی‌رغم STI حداکثر، SSI متوسط، ولی آلتار STI حداقل با SSI متوسط نشان داد که این موضوع عدم وجود همبستگی معنی‌دار بین STI و SSI را نشان می‌دهد (جدول ۱). نتایج مشابه توسط خورشیدی و همکاران (۲۰۰۸) ارائه شده است. البته این شاخص قادر به تشخیص ارقام پر

بین ارقام داشت. MP نیز همبستگی معنی داری با SSI نشان نداد (جدول ۱).

یادآور می شود که یک شاخص مناسب برای گزینش آن است که منجر به انتخاب ژنوتیپ هایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش شود (۱۲). علی رغم این نتیجه، مطالعه احمدزاده (به نقل از ۶) حاکی از مطلوب بودن شاخص MP در شناسایی ارقام متحمل به خشکی و پرمحصول ذرت بود.

شاخص تحمل (TOL)

براساس شاخص TOL، تحمل نسبی متعلق به رقمی است که مقدار کوچک تری داشته باشد. از میان ارقام مورد آزمون، ایروفلور از تحمل بیشتری برخوردار بود.

شکل ۶ نشان می دهد که شاخص مزبور در گزینش ارقامی موفق بوده که عملکرد آن ها در شرایط تنش مناسب است، ولی در گزینش ارقامی که در هر محیط بدون تنش و تنش دارای عملکرد مناسب بودند، توفیق نداشت. هر چند این شاخص به تغییرات کمتر و یا ثبات بیشتر در تغییر شرایط اشاره دارد، ولی کم بودن شاخص TOL لزوماً بر بالا بودن عملکرد در شرایط عادی یا تحت تنش دلالت ندارد، بلکه ممکن است یک رقم در شرایط عادی عملکرد پایینی داشته باشد ولی در شرایط تنش با افت اندک عملکرد روبرو شود که موجب کوچک تر شدن شاخص TOL خواهد شد. بنابراین TOL زمانی معتبر است که همراه با عملکرد بالا در نظر گرفته شود. رقم ایروفلور به خاطر عملکرد بیشتر در محیط تنش، TOL کمتری (۱۹۷۳ کیلوگرم در هکتار) نشان داد. در حالی که رقم آرماویرسکی بیشترین TOL را با ۳۰۱۹ کیلوگرم در هکتار و حداکثر عملکرد در شرایط مطلوب تولید نمود. جدول همبستگی نشان داد که بین TOL و SSI همبستگی مثبت معنی دار وجود داشت. هم چنین بین STI و MP همبستگی مثبت معنی دار مشاهده شد. ولی بین MP با TOL همبستگی معنی دار مشاهده نگردید.

شاخص میانگین هندسی بهره وری (GMP)

از میان ارقام مورد آزمون، رقم آرماویرسکی براساس شاخص GMP از تحمل نسبی بیشتری (۳۶۷۸ کیلوگرم در هکتار) برخوردار بود (شکل ۷). واضح است که هر چه میزان عددی این شاخص بیشتر باشد تحمل نسبی به تنش بیشتر است. اما این شاخص مثل شاخص MP در گزینش ارقامی که دارای عملکرد بالا در شرایط تنش هستند مناسب نیست (۱۲). رقم آرماویرسکی در شرایط بدون تنش (آبی) (۵۴۸۷ کیلوگرم

محصول و کم محصول نیست (شکل ۴). اهدایی^۱ (۱۹۹۳) در مطالعه ای که بر روی تعدادی از ارقام بومی و پیشرفته گندم بهار در محیط های تحت تنش به منظور بررسی عکس العمل های مختلف به این تنش ها نتیجه گرفت که از نظر میانگین شاخص حساسیت، ارقام بومی با وارته های پیشرفته تفاوتی ندارند. هندرسون^۲ (۱۹۹۵) گزارش کرد که گزینش برای هر یک از این صفات در شرایط دارای تنش، باعث کاهش حساسیت به تنش می شود. در این آزمایش شاخص حساسیت (SSI) و عملکرد در شرایط عادی (YP) همبستگی نشان ندادند که نشان می دهد این معیارها ممکن است اجزای مستقلی باشند که در سازگاری به تنش های محیطی شرکت می کنند. این موضوع با مشاهدات نورمند^۳ و همکاران (۲۰۰۱) و خورشیدی و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت دارد. در حالی که به گزارش فیشر و مورر (۱۹۷۸) حساسیت به خشکی به طور مثبت و معنی دار با YP همبستگی دارد و بیانگر این است که تعدادی از صفات که در پتانسیل عملکرد سهم دارند، ممکن است برای افزایش حساسیت به تنش عمل کنند و لذا گزینش هم برای YP و هم برای شاخص حساسیت به خشکی ممکن است به خنثی شدن یکدیگر منجر شود. در حالی که نورمند و همکاران (۲۰۰۱) چنین همبستگی را بین YP و SSI مشاهده نکردند. نتایج این طرح با نتایج فیشر و مورر (۱۹۷۸) مطابقت نداشت، ولی با نتایج خورشیدی و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت داشت (شکل ۴).

شاخص بهره وری متوسط (MP)

از میان ارقام مورد آزمون رقم آرماویرسکی براساس شاخص MP (۳۹۷۶ کیلوگرم در هکتار) از تحمل نسبی بیشتری برخوردار بود. واضح است که هر چه میزان عددی این شاخص بیشتر باشد، تحمل نسبی به تنش بیشتر است. اما این شاخص در گزینش ارقامی که دارای عملکرد بالا در شرایط تنش هستند، مناسب نیست (۱۲).

براساس این شاخص رقم آرماویرسکی با ۳۹۷۶ کیلوگرم بیشترین، ایروفلور با ۳۶۵۹ کیلوگرم و آلتار با ۳۳۳۶ کیلوگرم در هکتار کمترین شاخص را نشان دادند (شکل ۵).

با وجودی که مقادیر STI و MP برای رقم آرماویرسکی بالاتر بود (شکل ۳ و ۵)، ولی رقم آلتار حداقل STI و MP را

1. Ehdai
2. Henderson
3. Normand

SSI نیز رابطه مثبت و معنی‌دار با TOL نشان داد ولی رابطه آن با Y_p مثبت غیر معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مشابه توسط خورشیدی و همکاران (۲۰۰۸) به دست آمده است.

آرماویرسکی در شرایط عادی به خاطر حداکثر بودن وزن خشک اندام‌های هوایی، ارتفاع ساقه و تعداد برگ‌های فعال در بین ارقام عملکرد بیشتری از ابروفلور نشان داد در حالی که در شرایط تنش اختلاف عملکرد دو رقم معنی‌دار نبود، لذا آزمایش آرماویرسکی شاخص تحمل بالاتری را نشان داد.

نتیجه‌گیری کلی

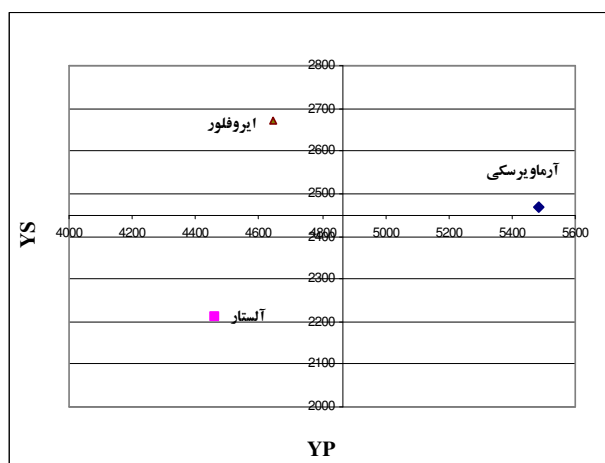
براساس شاخص‌های MP، STI و GMP رقم آرماویرسکی متحمل‌ترین به تنش خشکی بود. اما براساس شاخص‌های TOL و SSI این رقم حساس‌ترین و رقم ابروفلور متحمل‌ترین رقم به تنش خشکی بود. رقم آرماویرسکی در هر دو شرایط عملکردی بالاتر از میانگین محیط نشان داد، اما رقم ابروفلور در شرایط تنش عملکردی بیشتر از عملکرد محیط تنش نشان داد.

سه شاخص MP، GMP و STI همبستگی بالایی با همدیگر و نیز با Y_p نشان دادند. بنابراین می‌توان با این شاخص ارقامی که در محیط مطلوب عملکرد بیشتری دارند (شکل ۴، ۲ و ۶) شناسایی نمود. بر اساس نتایج این تحقیق، در صورت وجود بارندگی و یا سیستم آبیاری مطمئن، رقم آرماویرسکی و در شرایط رطوبتی نامطمئن رقم ابروفلور قابل توصیه می‌باشد.

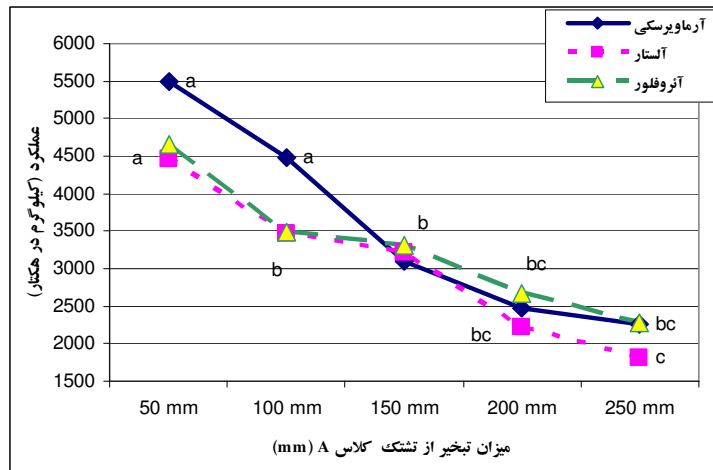
و رقم ابروفلور در شرایط تنش بیشترین عملکرد (۲۶۷۲ کیلوگرم) را تولید کردند (شکل ۱). با توجه به شکل GMP می‌توان ملاحظه نمود که رقم آرماویرسکی در شرایط بدون تنش، و ارقام ابروفلور و آرماویرسکی در شرایط تنش محصول زیادی تولید کردند. دارا بودن بالاترین مقدار شاخص تحمل به تنش ($STI=0/57$) برای آرماویرسکی و ($STI=0/52$) برای ابروفلور موید این مطلب است. به نظر فرناندز (۱۹۹۲) در تعیین بهترین شاخص مقاومت به خشکی، شاخصی که دارای همبستگی معنی‌دار بالا با عملکرد دانه تحت شرایط تنش و بدون تنش بوده و از طرفی براساس نوع همبستگی، باعث افزایش عملکرد در هر شرایط شود به عنوان بهترین شاخص معرفی می‌گردد.

همبستگی

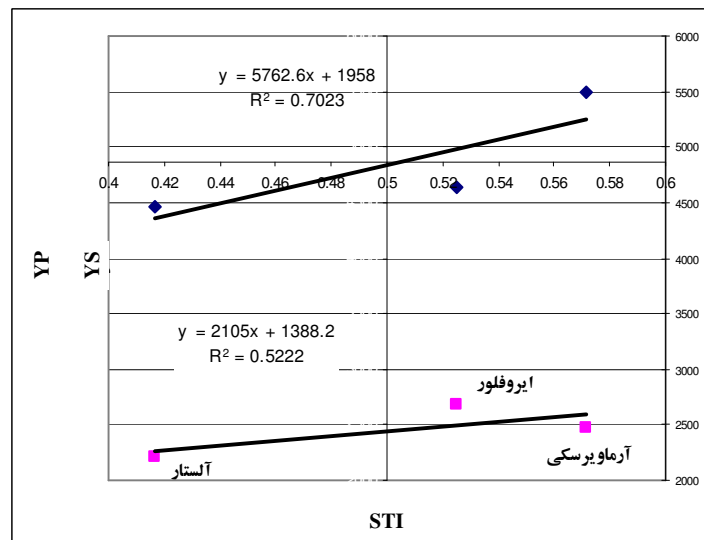
محاسبه همبستگی شاخص‌های ارزیابی با عملکرد در شرایط مطلوب و تنش نشان داد که عملکرد در شرایط تنش رابطه معنی‌داری با Y_p و هیچ‌یک از شاخص‌ها ندارد. نتایج خورشیدی^۱ و همکاران (۲۰۰۸) نیز نشان داده که رابطه Y_s و Y_p با SSI و TOL غیر معنی‌دار است. همچنین نتایج رضایی‌زاد^۲ (۲۰۰۷) نشان داد که بین Y_p و Y_s رابطه معنی‌دار وجود ندارد. در حالی که Y_p همبستگی معنی‌داری با MP و نیز TOL نشان داد که با نتایج نورمند موید و همکاران (۲۰۰۱) مطابقت دارد. همبستگی Y_p با STI، GMP و MP معنی‌دار بود. همبستگی بین MP با STI و GMP و نیز STI با GMP مثبت معنی‌دار ولی بیشتر از همبستگی مستقیم آن‌ها با Y_p بود.



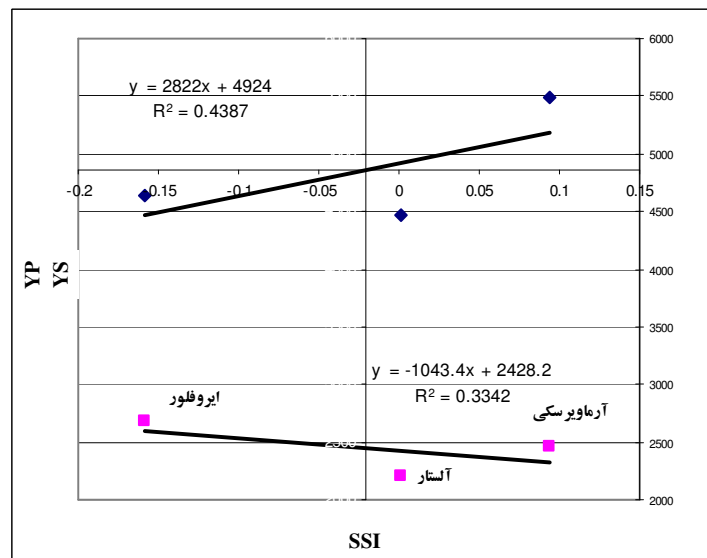
شکل ۱- بای پلات رابطه عملکرد Y_p با Y_s



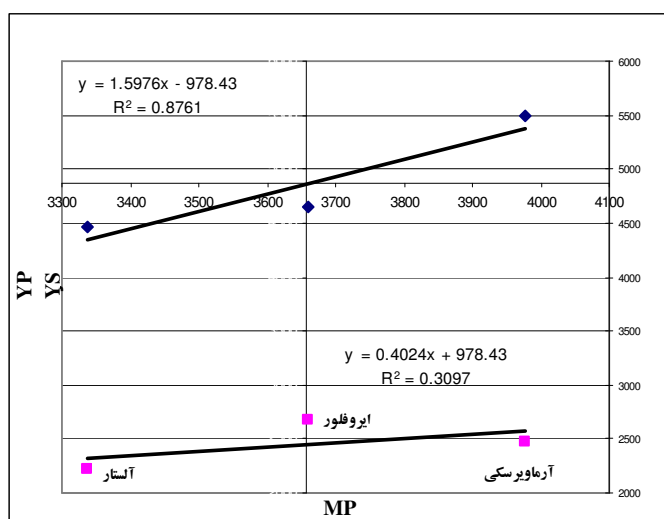
شکل ۲- تغییرات عملکرد دانه ارقام آفتابگردان نسبت به میزان آبیاری



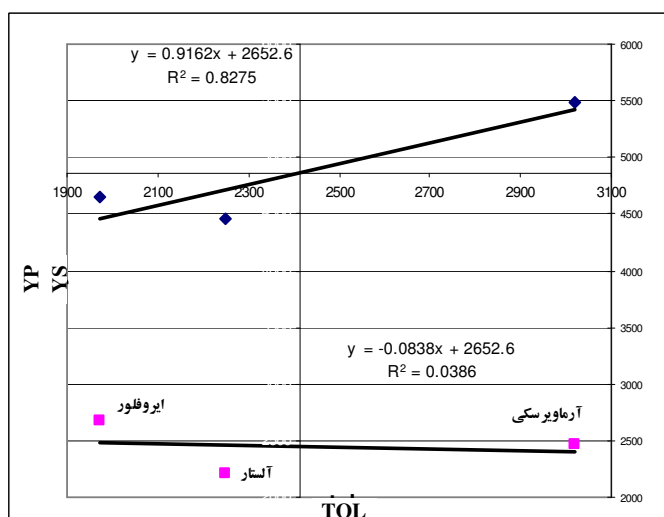
شکل ۳- بای پلات رابطه بین عملکرد Yp و Ys با STI



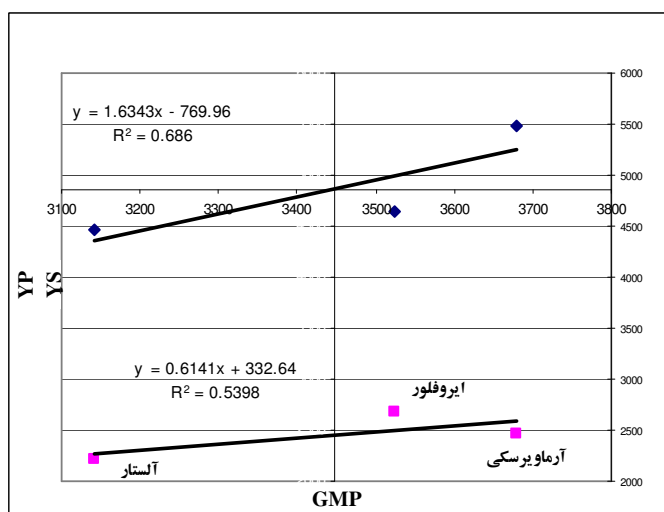
شکل ۴- بای پلات رابطه بین عملکرد Yp و Ys با SSI



شکل ۵- بای پلات رابطه بین عملکرد Yp و Ys با MP



شکل ۶- بای پلات رابطه بین عملکرد Yp و Ys با TOL



شکل ۷- بای پلات رابطه بین عملکرد Yp و Ys با GMP

جدول ۱- تجزیه واریانس عملکرد دانه در ارقام آفتابگردان مورد بررسی

میانگین مربعات	درجه آزادی	منابع تغییرات
عملکرد		
۱۰۲۹۸۱۴ *	۲	تکرار
۱۰۸۷۱۰۳۹ **	۴	تنش
۱۳۶۲۷۶	۸	اشتباه ۱
۱۰۴۲۰۳۰ *	۲	رقم
۳۲۰۶۲۳ ns	۸	تنش × رقم
۲۲۱۷۶۱	۲۰	اشتباه ۲
۱۱/۲		ضریب تغییرات %

ns, * و **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

جدول ۲- ضرایب همبستگی ساده بین شاخص‌های تنش و عملکرد

	YP	YS	STI	TOL	MP	GMP
ys	۰/۲۲۸					
sti	۰/۸۳۸**	۰/۷۲۲				
tol	۹۰۹**	-۰/۱۹۵	۰/۵۳۵			
mp	۰/۹۳۶**	۰/۵۵۶	۰/۹۷۶**	۰/۷۰۵		
gmp	۰/۸۲۸**	۰/۷۳۴	۰/۹۹۹**	۰/۵۲۰	۰/۹۷۲**	
ssi	۰/۶۶۲	-۰/۵۷۸	۰/۱۴۶	۰/۹۱۳**	۰/۳۵۶	۰/۱۲۸

**معنی دار در سطح احتمال ۱٪.

منابع

- Angadi, S. V. and Hentz, M. H. 2002. Water relations of standard height and dwarf in sunflower cultivars. *Crop Science* 42: 152-159.
- Baldini, M., Cecono, F., Vanzozi, G. P. and Benvenuti, A. 1991. Effect of drought on yield reduction in different sunflower hybrids. *Helia* 14: 71-76.
- Bidinger, F. R., Mahalakshmi, V. and Rao, G. D. P. 1987. Assessment of drought resistance in pearl millet, *Pennisetum americanum* (L.). II. Estimation of genotypes response to stress. *Australia Journal of Agricultural Research* 38: 479-59.
- Ehdai, B. 1993. Selection for drought stress. Key Papers of First Agronomy and Plant Breeding Congress, Tehran, University Agriculture Faculty, Pp. 43-62. [In Persian with English Abstract].
- Fereres, E., Gimenez, C., Brengena, J., Fernandez, J. and Dominguez, J. 1983. Genetic variability of sunflower cultivars in response to drought. *Helia* 6: 17-21.
- Fernandez, G. C. J. 1992. Efferctive selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceedings of the symposium, Taiwan, 13-16 Aug. 1992. AVRDC. PP. 257-270.
- Fisher, F. A. and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yied responses. *Australian Journal of Agricultural Research* 29: 897-917.
- Ghafari, M. 2008. Evaluation and selection of sunflower inbred lines under normal and drought stress conditions. *Plant and seed Journal* 23: 633-649.
- Henderson, S. A., kamboonruang, V. and Cooper, M. 1995. Evaluation of a glasshouse screening method to select for drought resistance in rain- fed lowland rice. Proceedings of the International Rice Ressearch Institute, IRRI. Los Banos, Philippines, P. 120.
- Jafarzadeh-Kenarsari, M. and Postini, K. 1998. Investigating the effect of drought stress at different growth stages on some morphological characteristics and yield components of sunflower (cv. Record). *Iranian Journal of Agricultural Science* 29(2): 353-362. [In Persian with English Abstract].

11. Kazemitabar, C. K., Betorak, C., Fathi, K. and Rezaei, M. 2007. Identification of tolerance to drought stress in sunflower with application of tolerance indices, 2-3 dimensional diagrams of distribution. Iranian Agricultural Sciences Magazine 3: 357-366. [In Persian with English Abstract].
12. Khorshidi, M. B., Abdi, M., Iranipur, S. and Akbari, R. 2008. Effect of end season water stresses on yield of nine rice cultivars and promising lines based on drought evaluation indices. Journal of NewAgricultural Sciences, Islamic Azad University Miyaneh Branch 11:17-29. [In Persian with English Abstract].
13. Mozafari, K., Arshi, Y. and Zinali, H. 1996. Evaluation of the effect of drought stress on some morphological traits and yield components of sunflower. Nahal and Bazr Magazine (12): 24-33. [In Persian with English Abstract].
14. Naderi, A., Majidi, A., Hashemi, H. A., Rezaei, D. A. and Nourmohammadi, G. 2000. Analysis of efficiency of indices evaluator of crops tolerance to environmental stress and introduce a new index. Nahal and Bazr Magazine 15 (4): 70-78. [In Persian with English Abstract].
15. Normand-Moaeyed, F., Rostami, M. A. and GHanadha, M. R. 2001. Evaluation of drought resistance indices in breed wheat (*Triticum aestivum* L.). Iranian Journal of Agricultural Science 32 (4): 795-806. [In Persian with English Abstract].
16. Razi, H. and Assad, M. T. 1998. Evaluation variability of important agronomic traits and drought tolerance criteria in sunflower cultivars. Journal of Agricultural Science and Natural Resources 2: 30-43.
17. Rezaeizad, A. 2007. Responses of some sunflower genotypes to drought stress using different stress tolerance indices. Nahal and Bazr Magazine 23 (1): 43-58. [In Persian with English Abstract].
18. Rosielle, H. M. and Hamblin, J. 1981. Teoretical aspect of selection for yield in stress and non- stress environments. Crop Science 21: 943- 945.