

روابط بین شاخصهای رشد، مقاومت به خشکی و عملکرد در کولتیوارهای گندم اصلاح شده برای اقلیمهای مختلف ایران در شرایط تنش و عدم تنش خشکی

علی احمدی^۱ و عادل سی و سه مرده^۲
۱، ۲، استادیار و دانشجوی دوره دکتری، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران
تاریخ پذیرش مقاله ۸۲/۱/۲۷

خلاصه

به منظور مطالعه تاثیر تنش خشکی بر روی برخی از شاخصهای رشد، ارتباط آنها با عملکرد و مقاومت به خشکی و در نهایت عکس العمل ارقام متعلق به اقلیمهای مختلف ایران آزمایشی در طی سال زراعی ۷۹-۱۳۷۸ در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران بصورت اسپلیت پلات اجراء گردید. دو سطح آبیاری و تنش بعنوان فاکتور اصلی و هشت رقم گندم از چهار اقلیم اصلی ایران بعنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه و بیولوژیک در همه ارقام شد ولی درصد کاهش در ارقام مورد آزمایش متفاوت بود. بیشترین کاهش را ارقام روشن و تجن و کمترین کاهش را ارقام چمران و M-75-7 نشان دادند. نتایج آزمایش نشان داد که ارقام دارای پتانسیل عملکرد بیشتر در شرایط بدون تنش عملکرد بیشتری در شرایط تنش نیز داشتند. از شاخصهای مورد مطالعه دو شاخص تحمل به تنش (STI) و متوسط محصولدهی (MP) در جداسازی ارقام گروه A (ارقام دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط شاهد و تنش) موثرتر بودند. از لحاظ این دو شاخص ارقام روشن، مرودشت و شاهپسند در بالاترین سطح و رقم تجن در پایینترین سطح قرار داشت. تنش خشکی اثر معنی داری بر سطح ویژه برگ (SLA) نداشت، ولی نسبت وزن برگ به وزن کل گیاه (LWR) و نسبت سطح برگ به وزن کل گیاه (LAR) را کاهش داد. همچنین با وجود کاهش سرعت جذب و تحلیل خالص (NAR) و سرعت رشد نسبی (RGR) تحت تنش خشکی در نمونه برداریهای قبل از گلدهی، این شاخصها پس از گلدهی تحت تاثیر تنش قرار نگرفتند. همبستگی بین NAR با دو شاخص MP و STI و نیز با عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در هر دو شرایط شاهد و تنش منفی و معنی دار بود. ازدو جزء موثر بر RGR یعنی NAR و LAR همبستگی مثبت و معنی دار فقط بین LAR و RGR مشاهده شد. ارقام دارای LAR بیشتر NAR کمتری داشتند. همچنین دو عامل مؤثر بر LAR یعنی LWR و SLA همبستگی مثبتی با LAR نشان دادند.

واژههای کلیدی: اقلیمهای ایران، تنش خشکی، شاخصهای رشد، شاخصهای مقاومت، گندم.

مقدمه

محدودیت میزان آب قابل دسترس این گیاه با تنش کمآبی مواجه می‌گردد، لذا عملکرد متاثر از تنش شده و ضروری بنظر می‌رسد که واکنش گندم به خشکی بیش از پیش مورد بررسی قرار گرفته و صفات و فرایندهای فیزیولوژیکی مرتبط با مقاومت به خشکی از جمله شاخصهای رشد و چگونگی تغییرات آنها تعیین گردد. با توجه به این صفات می‌توان اصلاح ارقام را برای شرایط کمآبی با دید روشن‌تری دنبال نمود.

ایران با وجود آنکه ۲/۷ درصد اراضی زیر کشت گندم دنیا را در اختیار دارد تنها ۱/۷ درصد محصول گندم جهانی را تولید می‌کند (۱). این امر نشان دهنده پایین بودن عملکرد گندم در کشورمان است. با توجه به اینکه حدود ۹۰ درصد اراضی زیر کشت گندم دیم کشور در مناطق با بارندگی سالانه کمتر از ۵۰۰ میلی‌متر قرار دارد و از طرفی در کشت‌های آبی نیز به علت

می‌شود (۲۳). به نظر می‌رسد که افزایش NAR باعث افزایش RGR نمی‌شود اما LAR عامل تعیین‌کننده RGR است (۱۹). LAR نیز به نوبه خود حاصلضرب نسبت وزن برگ به وزن کل گیاه^۵ (LWR) در سطح ویژه آن می‌باشد. در اینجا نیز افزایش هر یک در صورت ثابت ماندن دیگری LAR را افزایش می‌دهد. اما در کل LWR نقش بیشتری در تعیین LAR دارد (۲۱). در گندم دوروم ارقام مقاوم به خشکی در شرایط مطلوب و تنش بترتیب سرعت رشد نسبی بیشتر و کمتری داشتند، اما ارقام حساستر روندی عکس را نشان دادند (۲۱). بنظر می‌رسد RGR کمتر در طی تنش بواسطه مصرف تدریجی رطوبت موجود و حفظ آن برای مراحل انتهایی رشد مطلوب‌تر باشد (۷). با وجود آنکه RGR شاخص اصلی رشد و تعیین‌کننده تجمع ماده خشک و عملکرد نهایی است اما بنظر می‌رسد که اجزای RGR شامل سرعت جذب خالص (NAR)، نسبت سطح برگ (LAR)، نسبت وزن برگ (LWR)، و سطح ویژه برگ (SLA) اهداف سلکسیون بهتر در شرایط تنش شدید بجای RGR هستند. زیمن و همکاران (۱۹۹۳) گزارش کرده‌اند که انتخاب به منظور RGR معمولاً پیچیده است لذا سلکسیون در جهت اجزاء آن صورت می‌گیرد. آنها دریافتند که LAR عامل تعیین‌کننده RGR است. در این میان LWR در مقایسه با SLA همبستگی بیشتری با LAR داشت. مشاهده شده است که LWR ارقام حساس بیشتر از ارقام مقاوم است (۲۱). با این وجود کلارک و همکاران (۱۹۸۴) رابطه‌ای بین شاخص‌های رشد با مقاومت به خشکی در گندم به دست نیاوردند.

عملکرد یک رقم در شرایط تنش ممکن است مستقل از عملکرد آن در شرایط مطلوب باشد. در این رابطه فرناندز (۱۹۹۲) ارقام را به ۴ گروه تقسیم کرده است: ژنوتیپ‌هایی که عملکرد بالایی در هر دو محیط شاهد و تنش دارند (گروه A)، ژنوتیپ‌هایی که صرفاً عملکرد خوبی در شرایط بدون تنش (گروه B) و یا ژنوتیپ‌هایی که صرفاً عملکرد خوبی در شرایط تنش (گروه C) دارند و گروه چهارم ژنوتیپ‌هایی که تظاهر ضعیفی در هر دو محیط دارند (گروه D). از نظر فرناندز (۱۹۹۲) مناسب‌ترین معیار شاخصی است که بتواند ژنوتیپ‌های گروه A را از سایر گروه‌ها تشخیص دهد. برخی محققین تلاش‌هایی در

برگ‌های سبز منبع تولید مواد فتوسنتزی برای گیاه می‌باشند. در عین حال تعرق در گیاه هم از طریق سطوح برگ انجام می‌شود. لذا در شرایط تنش خشکی سطح برگ می‌تواند بر اساس نوع رابطه‌ای که بین فتوسنتز و تعرق وجود دارد به عنوان یک شاخص مثبت و یا منفی نمود پیدا کند. لویت (۱۹۸۰) معتقد است که از جمله مکانیسم‌های مرتبط با اجتناب از خشکی کاهش سطح برگ است. وی عقیده دارد که در اکثر گیاهان زراعی به ندرت تحمل خشکی بعنوان یک عامل تعیین‌کننده مقاومت به خشکی مطرح است. بنظر می‌رسد از جمله تغییراتی که در نتیجه تنش خشکی حاصل می‌شود، حجم سلولی کوچکتر، کاهش سطح برگ و افزایش ضخامت برگ است (۱۸). همبستگی مثبت و معنی‌داری بین وزن مخصوص برگ برجم و عملکرد در شرایط تنش مشاهده شده است (۲۲). در میان سازش‌های گیاهی مرتبط با تنش خشکی تغییرات سطح برگ اهمیت ویژه‌ای دارد. در مناطق خشک برگ‌های کوچکتر و ضخیم‌تر از طریق کاهش سطح تبخیر تلفات آب را کاهش می‌دهند و به بهبود روابط آبی کمک می‌کنند (۱۸). به هر حال پستی و همکاران (۱۹۹۳) رابطه‌ای بین سطح برگ پرچم و تحمل به خشکی و عملکرد در گندم نیافتند. پالگ و اسپینال (۱۹۸۱) معتقدند که یکی از جنبه‌های تطابقی گیاهان تحت شرایط خشکی "سطح کمتر برگ نسبت به وزن خشک آن" (SLA کمتر) است. لدنت و موس (۱۹۷۹) مشاهده کردند که در گندم‌های زمستانه همبستگی زیادی بین خصوصیات مورفولوژیکی گندم و شاخص برداشت وجود دارد اما بین مساحت سطح برگ، دوره بقای برگ و سطح ویژه برگ (SLA)^۱ با عملکرد و شاخص برداشت همبستگی ضعیفی مشاهده شد.

سرعت رشد نسبی^۲ (RGR) در صورت دوام آن عامل تعیین‌کننده تجمع ماده خشک است. از آنجائیکه RGR حاصلضرب سرعت جذب خالص^۳ (NAR) در نسبت سطح برگ به وزن کل گیاه^۴ (LAR) است. افزایش هر یک از آنها در صورت ثابت ماندن دیگری باعث افزایش سرعت رشد نسبی

1. Specific leaf area
2. Relative growth rate
3. Net assimilation rate
4. Leaf area ratio

وخشک)، شاه پسند (رقم قدیمی منطقه معتدل)، داراب (منطقه گرم)، روشن (منطقه گرم) و الوند (منطقه سرد) به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. هر کرت فرعی شامل ۶ خط ۴ متری از هر رقم بود. فاصله خطوط از همدیگر ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کاشت در اواخر آبان ۱۳۷۸ با تراکم ۴۰۰ بذر در متر مربع صورت گرفت. قبل از شروع تیمار تنش نمونه‌های خاک از عمق ۵ تا ۴۰ سانتی‌متری کرت‌های آزمایشی تهیه و پس از ارسال به آزمایشگاه خاکشناسی با استفاده از دستگاه صفحه تحت فشار^۴ معادله رطوبتی خاک تهیه گردید (معادله ۱). آخرین آبیاری همزمان هر دو تیمار کنترل و تنش در مرحله آغاز ساقه‌دهی انجام شد. پس از آن آبیاری تیمار شاهد مطابق روش معمول در منطقه صورت گرفت در حالیکه آبیاری تیمار تنش براساس مشاهده علائم ظاهری تنش خشکی (لوله شدن و حالت افتادگی برگ قبل از ظهر) و سپس تعیین پتانسیل آبی خاک در منطقه ریشه (به کمک معادله منحنی رطوبتی خاک که برای همان قطعه آزمایشی تعیین شده بود) انجام گرفت.

(درصد رطوبت خاک) $11/95 + 0/85 =$ پتانسیل آب خاک (مگاپاسکال)

بر این اساس دو آبیاری در تیمار تنش انجام شد که آبیاری اول در پتانسیل آبی خاک معادل ۲/۲۶- مگاپاسکال و آبیاری دوم در پتانسیل آبی خاک معادل ۵/۱۵- مگاپاسکال صورت گرفت. در هر بار آبیاری با استفاده از پمپ (کف کش) و کنتور آب مقادیر مساوی و مشخص آب به کرت‌ها داده شد. براساس برنامه فوق آب مصرف شده در تیمار تنش به میزان کمتر از ۵۰ درصد تیمار کنترل تقلیل یافت.

به منظور مطالعه شاخص‌های رشد سه مرحله نمونه‌برداری شامل یک مرحله در ابتدای تنش (مرحله تورم غلاف) و دو مرحله دیگر هر کدام به فاصله ۱۲ روز (به ترتیب در مراحل گلدهی و شیرگی شدن دانه) صورت گرفت. بمنظور اجتناب از اثرات حاشیه و حفظ یکنواختی آزمایش نمونه‌برداری اول و دوم به ترتیب از نیم متر سوم خط چهارم (۰/۱ متر مربع در هر مرحله سوم از نیم متر سوم خط چهارم (۰/۱ متر مربع در هر مرحله

جهت تعیین بهترین معیار بمنظور انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب برای مناطق خشک انجام داده‌اند. برای مثال اهدایی و همکاران (۱۹۸۸) گزارش کردند که همبستگی بین شاخص حساسیت به تنش^۱ (SSI) با عملکرد دانه در شرایط تنش $0/84^{**}$ - و با شاخص برداشت $0/83^{**}$ - است. تارینزاد و همکاران (۱۳۷۷) مشاهده کردند که شاخص تحمل به تنش^۲ (STI) نشان دهنده تحمل نسبی به تنش و پتانسیل عملکرد بیشتر است و در جداسازی ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار مؤثرتر از سایر شاخص‌ها بود. نورمند مؤید (۱۳۷۶) گزارش کرد که شاخص STI و متوسط محصول دهی^۳ (MP) در یافتن ژنوتیپ‌هایی که پتانسیل عملکرد بالایی داشته و متحمل به تنش می‌باشند از سایر شاخص‌های معرفی شده موفق‌تر هستند.

در مطالعه حاضر طیفی از ارقام مهم گندم که دربرگیرنده ارقام بومی و اصلاح شده برای ۴ اقلیم اصلی و مهم ایران می‌باشند مورد مطالعه قرار گرفته و برخی از شاخص‌های رشد مرتبط با منبع که کمتر در تحقیقات مربوط به خشکی در گندم مورد توجه قرار گرفته‌اند مورد بررسی قرار گرفت. هدف تحقیق عبارت بود از بررسی روند تغییرات این صفات در ارقام اصلاح شده برای اقلیم‌های مختلف و ارتباط آنها با مقاومت گیاه به خشکی.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی بصورت اسپلیت پلات و در سه تکرار در طی سال زراعی ۷۹-۱۳۷۸ درمرزعه دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران واقع در کرج انجام شد. نتایج آزمایش خاک نشان داد که مقدار ازت کل، فسفر و پتاس قابل جذب بترتیب ۰/۱ درصد، ۲۰ و ۱۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک می‌باشد که بدین ترتیب از مصرف کودهای شیمیایی مخصوصا با توجه به داشتن تیمارهای تنش رطوبتی، خودداری شد. دو سطح آبیاری کنترل و تنش بعنوان فاکتور اصلی و هشت رقم گندم شامل: M-75-7 (منطقه معتدل)، تجن (ساحل خزر)، مرودشت (منطقه معتدل)، چمران (منطقه گرم

1. Stress susceptibility index
2. Stress tolerance index
3. Mean productivity

نمونه برداری) صورت گرفت. سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شده و سطح برگ‌ها بوسیله سطح برگ سنج تعیین گردید، نمونه‌ها به برگ و ساقه تفکیک و وزن آنها تعیین شد. در این مطالعه RGR از معادله زیر محاسبه شد که در آن W_1 و W_2 به ترتیب وزن خشک کل هر نمونه در زمان‌های t_1 و t_2 می‌باشد (۳).

$$RGR = (\ln W_2 - \ln W_1) / (t_2 - t_1)$$

LAR که شاخصی مورفولوژیک از میزان برگ در گیاه است، از تقسیم کردن سطح برگ به وزن کل گیاه بدست آمد (۳). مقدار NAR از معادله زیر بدست آمد که در آن LA_1 و LA_2 به ترتیب سطح برگ کل نمونه در نمونه برداریهای بعمل آمده در t_1 و t_2 می‌باشد (۳، ۲۱).

$$NAR = [(W_2 - W_1) / (t_2 - t_1)] * [(\ln LA_2 - \ln LA_1) / (LA_2 - LA_1)]$$

LWR نیز که تخصیص ماده خشک را به برگ نشان می‌دهد از تقسیم کردن وزن برگ به وزن کل گیاه حاصل شد. SLA نیز از تقسیم کردن سطح برگ به وزن برگ بدست آمد. SLA سطح برگ‌ها را نسبت به وزن خشک آنها نشان می‌دهد و معیاری از وزن مخصوص یا نازکی نسبی برگ است (۳). ۴ خط یک متری از هر کرت آزمایشی نیز به منظور تعیین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه برداشت شدند.

به منظور بررسی حساسیت یا مقاومت نسبی ارقام به تنش و تعیین بهترین معیار برای تفکیک ارقام شاخص‌های زیر مورد

استفاده قرار گرفتند (۱۰):

شاخص حساسیت به تنش (SSI): $SSI = [(1 - (Y_s/Y_p)) / (1 - (\hat{Y}_s/\hat{Y}_p))]$

شاخص تحمل (TOL): $TOL = Y_p - Y_s$

شاخص متوسط محصول دهی (MP): $MP = (Y_p + Y_s) / 2$

شاخص تحمل به تنش (STI): $STI = (Y_p * Y_s) / \hat{Y}_p^2$

در معادلات فوق Y_p و Y_s به ترتیب عملکرد هر رقم در شرایط کنترل و تنش و \hat{Y}_p و \hat{Y}_s به ترتیب متوسط عملکرد کلیه ارقام در شرایط کنترل و تنش است. داده‌های آزمایشی با کمک نرم‌افزار SAS تجزیه گردید. با توجه به پایین بودن درجه آزادی خطا در کرت‌های اصلی مقایسه دو سطح تیمار تنش و شاهد به کمک آزمون t استیودنت نیز انجام گرفت.

نتایج و بحث

جدول ۱ نتایج تجزیه واریانس مربوط به صفات عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و عملکرد کاه (وزن ساقه و ساختارهای غیر دانه‌ای سنبله) را نشان می‌دهد. اثرات رژیم رطوبتی بر روی صفات فوق بجز شاخص برداشت معنی‌دار شد. ارقام نیز از نظر کلیه صفات فوق اختلاف معنی‌داری نشان دادند. اثرات متقابل رقم و رژیم رطوبتی فقط در مورد عملکرد بیولوژیک و عملکرد کاه مشهود بود. جدول ۲ میانگین عملکرد بیولوژیک، دانه و کاه را در شرایط کنترل و تنش نشان می‌دهد. صرف نظر از ارقام داراب ۲ و شاه‌پسند، عملکرد دانه سایر ارقام عموماً روندی مشابه عملکرد بیولوژیک نشان دادند. یعنی ارقام با عملکرد بیولوژیک

جدول ۱ - تجزیه واریانس عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت و عملکرد کاه در ۸ رقم گندم. با توجه به پایین بودن درجه آزادی خطای کرت اصلی دو سطح رژیم رطوبتی با آزمون t نیز مقایسه گردیدند.

میانگین مربعات					
منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	شاخص برداشت	عملکرد کاه
تکرار	۲	۷۳۱ ^{n.s.}	۶۴/۳۶ ^{n.s.}	۲۹ ^{n.s.}	۱۷۰/۶ ^{n.s.}
رژیم رطوبتی	۱	۱۵۹۸۷۰ ^{**}	۲۰۲۶/۸ ^{**}	۱۰ ^{n.s.}	۴۶۳۷۸ ^{**}
خطای کرت اصلی	۲	۱۰۶۸/۹	۹/۵۴	۶۰	۲۸۱/۳
رقم	۷	۹۶۹۷/۶ ^{**}	۶۵۷/۲ [*]	۱۹۰ ^{**}	۶۲۷۸/۱ ^{**}
رقم × رژیم رطوبتی	۷	۱۸۸۶/۹ [*]	۱۸۳/۰۲ ^{n.s.}	۳۰ ^{n.s.}	۱۵۳۶ [*]
خطای کرت فرعی	۲۸	۵۸۵/۸	۲۷۴/۹	۴۰	۴۷۵/۴
آزمون t برای رژیم رطوبتی		**	**	n.s.	**

**معنی‌دار در سطح ۱ درصد

*معنی‌دار در سطح ۵ درصد

n.s. غیر معنی‌دار

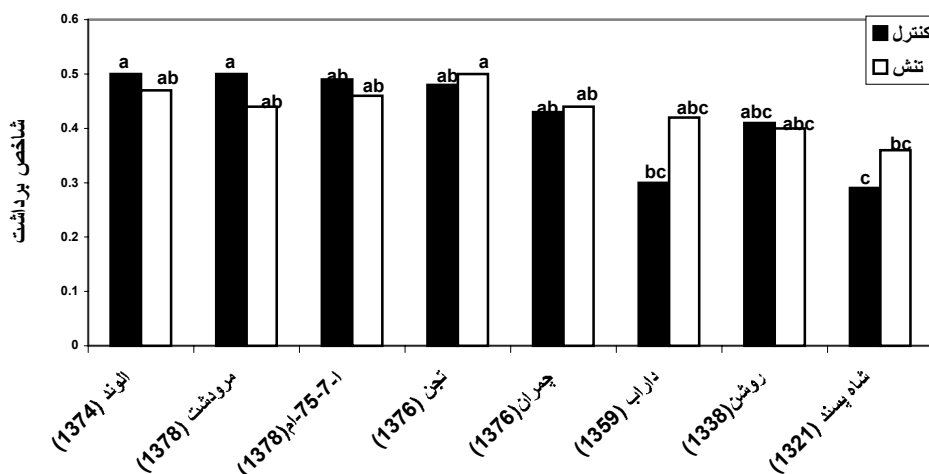
جدول ۲ - مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و عملکرد کاه (تن در هکتار) در ۸ رقم گندم.

رقم	عملکرد دانه		عملکرد بیولوژیک		عملکرد کاه	
	کنترل	تنش	درصد کاهش	کنترل	تنش	درصد تغییر
شاه پسند	۵/۰۳ab	۴/۳۴fab	۱۴	۱۷/۳a	۱۲/۰b	۳۷
روشن	۶/۳۰a	۳/۸۳bc	۳۹	۱۵/۳a	۹/۵۳bc	۳۶
داراب	۴/۰۴bc	۳/۵۴bc	۱۲	۱۲/۸b	۸/۳۳c	۴۵
مروذشت	۵/۱۳ab	۴/۴۴fab	۱۳	۱۰/۲bc	۱۰/۱bc	+۱۱
الوند	۴/۹۷ab	۳/۸۲bc	۲۳	۹/۸۹bc	۸/۱۶c	-۲
چمران	۴/۲abc	۴/۱۳bc	۲	۹/۶۴bc	۹/۴۰bc	-۳
m-75-7	۴/۱۳bc	۳/۸bc	۸	۸/۳۳c	۸/۲۷c	+۶
تجن	۳/۳۹bc	۲/۲۳c	۳۴	۶/۹۳cd	۴/۴۴d	-۳۷
میانگین ارقام	۴/۶۵	۳/۷۷	۱۹	۱۱/۲۲	۸/۷۸	-۲۵

مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح ۵ درصد انجام شده است. هر عدد میانگین ۳ تکرار است. میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر سطر و ستون برای هر صفت خاص با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

کاهش وزن دانه بمراتب کمتر از کاهش وزن کاه بود. در حالیکه در ارقام روشن، چمران و تجن کاهش عملکرد دانه متناسب با کاهش وزن کاه است. کاهش نسبی شاخص برداشت در ارقام الوند، مروذشت و M-75-7 تحت تنش نشان دهنده حساسیت بیشتر دانه به تنش خشکی در مقایسه با کاه در این ارقام است. با توجه به کاهش شاخص برداشت به نظر می‌رسد که در این ارقام قدرت مخزن به میزان بیشتری نسبت به سایر رقم‌ها تحت تاثیر خشکی قرار دارد. در ارقام مروذشت و M-75-7 تحت تنش خشکی عملکرد دانه کاهش یافت ولی عملکرد کاه افزایش نشان داد. دلیل این موضوع احتمالاً کاهش قدرت مخزن در استفاده از ذخایر ساقه و یا کاهش کارایی انتقال مجدد مواد ذخیره شده از ساقه به دانه باشد. در این رابطه کلارک و همکاران (۱۹۸۴) بین کاهش وزن ساقه و مقاومت به خشکی رابطه‌ای بدست نیاوردند. در این آزمایش همبستگی بین سال آزاد شدن رقم و III بسیار بالاست، ۵ رقم معرفی شده در دهه ۱۳۷۰ بطور متوسط دارای شاخص برداشت معادل ۰/۴۸ هستند در حالیکه متوسط شاخص برداشت در سه رقم قدیمی ۰/۳۳ بود (شکل ۱). وان کینگل و همکاران (۱۹۸۸) اظهار داشته‌اند گرچه شاخص برداشت ارقام جدید تحت شرایط مطلوب حدود ۵۰ درصد است، ولی در شرایط تنش این شاخص به حدود ۰/۳۵ تنزل می‌یابد، بنابراین در شرایط خشک مقدار قابل توجهی از پتانسیل عملکرد آزاد نمی‌شود. همبستگی بین

بالتر عملکرد دانه بیشتری داشتند. همبستگی بین عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک در شرایط شاهد و تنش بترتیب *۰/۶۶* و *۰/۹۳* بود. در ارقام داراب ۲ و شاه‌پسند وزن کاه بخش عمده عملکرد بیولوژیک را تشکیل داده و شاخص برداشت آنها بطور قابل ملاحظه‌ای کمتر از سایر ارقام بود (شکل ۱). عملکرد بیولوژیک رقم داراب ۲ از لحاظ کمی در شرایط شاهد در رتبه سوم اما عملکرد دانه آن در همین شرایط در رتبه هفتم بود. این موضوع اهمیت شاخص برداشت را بعنوان یک صفت مطلوب در تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه نشان می‌دهد. گرچه شاخص برداشت مربوط به رقم شاه‌پسند نیز در شرایط کنترل در حد رقم داراب بود با این وجود عملکرد بیولوژیک بالاتر رقم فوق این کاهش را جبران نمود و از ارقام برتر از لحاظ عملکرد دانه بود. این نتیجه با این اصل پذیرفته شده که یک راه افزایش عملکرد دانه، افزایش عملکرد بیولوژیک است سازگار می‌باشد. عملکرد بسیار پایین رقم تجن که یک رقم پیشنهاد شده برای مناطق شمال است، عدم سازگاری آنرا برای اقلیم‌های معتدل و خشک نشان می‌دهد. با توجه به اینکه این آزمایش در شرایط حداقل نهاده (عدم کوددهی) اجرا گردید و تراکم برای ارقام یکسان در نظر گرفته شد، ملاحظه می‌شود که ارقام بومی روشن و شاه‌پسند از یک برتری نسبی برخوردار می‌باشند. نکته قابل توجه تغییر محسوس در شاخص برداشت دو رقم داراب ۲ و شاه‌پسند در شرایط تنش خشکی بود (شکل ۱)، در این دو رقم



شکل ۱- شاخص برداشت ارقام گندم در شرایط کنترل و تنش خشکی (اعداد داخل پرانتز سال معرفی ارقام می باشد) مقایسه میانگینها به روش دانکن (در سطح ۵ درصد) صورت گرفته است. ستونهای دارای حروف مشترک در هر دو رژیم رطوبتی و ارقام از نظر آماری اختلاف معنی دار ندارند.

شاه پسند بترتیب بیشترین عملکرد را در شرایط شاهد داشتند. در شرایط تنش نیز ارقام مروودشت، شاه پسند و چمران بیشترین عملکرد را دارا بودند. شاخص مطلوب باید ارقام مروودشت و شاه پسند را که در هر دو شرایط شاهد و تنش عملکرد بالایی داشته‌اند (گروه A) بخوبی از دیگر ارقام تفکیک کند. مشاهده می‌شود که بیشترین مقدار TOL مربوط به ارقام روشن، تجن و الوند است که کاهش عملکرد این ارقام تحت تنش بیشتر از سایر ارقام بود. اما به نظر می‌رسد که شاخص MP در تفکیک ژنوتیپ‌های گروه A بسیار مطلوب باشد (۲).

جدول ۳- شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش در ارقام گندم

مورد مطالعه در چهار اقلیم اصلی ایران

رقم	شاخص تحمل به تنش (STI)	شاخص متوسط محصول دهی (MP)	شاخص تحمل (TOL)	شاخص حساسیت به تنش (SSI)
الوند	۰/۸۸	۴۳۹۵	۱۱۵۵	۱/۲۳
چمران	۰/۸۰	۴۱۶۵	۶۵	۰/۰۸
تجن	۰/۳۵	۲۸۰۸	۱۱۵۸	۱/۸۱
m-75-5	۰/۷۳	۳۹۶۱	۳۳۱	۰/۴۲
روشن	۱/۱۲	۵۰۶۹	۲۴۶۲	۲/۰۸
داراب	۰/۶۶	۳۷۹۴	۵۰۰	۰/۶۵
شاه پسند	۱/۰۱	۴۶۸۳	۶۹۱	۰/۷۳
مروودشت	۱/۰۵	۴۷۸۲	۶۸۵	۰/۷۱

عملکرد بیولوژیک در شرایط کنترل با عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش* ۰/۷۵ و همبستگی بین عملکرد دانه در این دو محیط **۰/۵۹ بود. بنابراین می‌توان گفت که عملکرد بالاتر در شرایط مطلوب که به نوعی نشان دهنده پتانسیل بالای عملکرد است می‌تواند به عملکرد بیشتر در شرایط تنش نیز بیانجامد (۱۱، ۱۲). با این وجود سکارلی و همکاران (۱۹۸۷) اظهار داشته‌اند که پتانسیل عملکرد یک شاخص مطلوب برای اصلاح در مناطق خشک نیست. در مناطق خشک در هر ۵ سال یک یا دو سال بارندگی مطلوب روی می‌دهد و در این سالها ارقام دارای پتانسیل عملکرد بالا می‌تواند مطلوب باشد (۲۴). در یک آزمایش نشان داده شد که همبستگی بین عملکرد در شرایط مطلوب با عملکرد تحت تنش آخر فصل ۰/۸۸ و با عملکرد تحت تنش اول فصل ۰/۴۲ و همچنین با عملکرد تحت شرایطی که گیاه با استفاده از آب ذخیره شده در خاک قبل از شروع فصل کاشت رشد می‌کند ۰/۳۳ است (۲۴).

همانگونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود با توجه به شاخص SSI ارقام چمران و M-75-7 مقاوم‌ترین ارقام به تنش و روشن و تجن حساس‌ترین ارقام به تنش در این آزمایش بودند. عملکرد تجن در شرایط تنش کمتر از بقیه ارقام است. به نظر می‌رسد که این شاخص نمی‌تواند ژنوتیپ‌های گروه A را تعیین کند و از این لحاظ شاخص مطلوبی نیست. ارقام روشن، مروودشت و

یافته و تاثیر کمتری را از خشکی پذیرفته‌اند. آرورا و همکاران (۲۰۰۱) بیان داشته‌اند که سرعت فتوسنتز در مرحله ظهور خوشه بیشتر از گلدهی بود. آنها مشاهده کردند که کاهش فتوسنتز با کاهش محتوای ازت برگ پس از گلدهی مرتبط است. با افزایش سن گیاه، LAR، LWR و NAR کاهش یافت (جدول ۴)، کاهش این شاخص‌ها در نهایت باعث کاهش سرعت رشد نسبی خواهد شد (۳، ۲۱). در جدول ۴ مشاهده می‌شود که RGR در شرایط شاهد از ۸۹/۶ میلی‌گرم بر گرم در روز در فاصله نمونه‌برداری اول تا دوم به ۳۶/۷ میلی‌گرم بر گرم در روز در فاصله نمونه‌برداری دوم تا سوم کاهش یافته است. بیشترین RGR در هر دو شرایط شاهد و تنش در دو رقم شاه‌پسند و مرودشت دیده می‌شود که بیشترین عملکرد را نیز تحت این شرایط دارا بودند. در اینجا تکیه بیشتر بر RGR در فاصله نمونه‌برداری اول و دوم است زیرا این دو نمونه‌برداری تقریباً در فاصله مرحله تورم غلاف و گلدهی انجام گرفت که مصادف با حداکثر فتوسنتز گیاه و قبل از شروع پیری برگ‌ها بود. تحت تنش خشکی LWR در دومین نمونه‌برداری از ۰/۱۵۶ به ۰/۱۴۳ کاهش یافت (جدول ۴) که با گزارش‌های محققین از جمله لاینگ و فیشر (۱۹۷۸) مبنی بر کاهش LWR در گندم‌های بهاره تحت تنش خشکی هماهنگ است. این کاهش در ارقام سازگار با مناطق معتدل کشور (تجن، M-75-7، شاه‌پسند و مرودشت) کمتر و در ارقام مناطق گرم یعنی چمران و داراب بیشتر است. از آنجائیکه کاهش برگ تحت تنش خشکی یک صفت تطابقی برای این شرایط است (۱۶) مشاهده می‌شود که ارقام اصلاح شده برای مناطق گرم و خشک این ویژگی را بهتر به نمایش گذارند. کاهش بیشتر سطح برگ در ارقام مناطق گرم ممکن است بعنوان یک صفت تطابقی تحت تنش خشکی به مقاومت بیشتر به خشکی منتهی شود. در جدول ۴ همچنین مشاهده می‌شود که LWR در شرایط شاهد و تنش در طی رشد گیاه کاهش یافته است که این کاهش در شرایط تنش شدیدتر است.

در این آزمایش مشاهده شد که بین RGR در فاصله نمونه‌برداری اول و دوم با عملکرد همبستگی مثبت وجود دارد و این همبستگی بویژه با عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ۵). بنابراین در صورت بالا بودن شاخص برداشت، سرعت رشد نسبی

براساس این شاخص ارقام روشن، شاه‌پسند و مرودشت دارای بیشترین MP و رقم تجن که در هر دو شرایط شاهد و تنش عملکرد پایینی داشت دارای کمترین MP بود. لذا بیشترین MP نشان دهنده ژنوتیپ‌های گروه A و کمترین MP نشان دهنده ژنوتیپ‌های گروه D است، شاخص STI نیز با شاخص MP هماهنگی نشان داد. در اینجا نیز رقم تجن دارای کمترین STI و ارقام روشن، شاه‌پسند و مرودشت بیشترین STI را نشان دادند. تازی‌نژاد و همکاران (۱۳۷۷) نیز گزارش کرده‌اند که شاخص STI در جداسازی ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار مؤثرتر از سایر شاخص‌ها بود. در کل می‌توان اظهار داشت بالاترین MP و STI نشان دهنده ژنوتیپ‌های گروه A و پایین‌ترین MP و STI نشان دهنده ژنوتیپ‌های گروه D هستند. لذا در این آزمایش دو شاخص فوق بعنوان شاخص‌های مطلوب برای تفکیک ارقام مورد توجه قرار گرفتند. در این مطالعه همبستگی بین عملکرد در شرایط تنش و شاخص حساسیت به تنش SSI حدود $r = -0.54^*$ بوده است که تا حدودی هماهنگ با نتایج اهدایی و همکاران (۹) است که $r = -0.14$ را گزارش کرده‌اند.

قدرت منبع در تولید مواد پرورده در پر شدن دانه و عملکرد نهایی عامل مهمی محسوب می‌شود که به معنای اندازه منبع \times فعالیت منبع است، اندازه سطح سبز برگ، تخمینی از اندازه منبع است، تنش خشکی علاوه بر کاهش فتوسنتز (۱۶، ۱۸) سطح برگ را نیز کاهش می‌دهد (۱۱، ۱۶). در این آزمایش همبستگی بین سطح برگ در مرحله دوم نمونه‌برداری و عملکرد در شرایط شاهد و تنش بترتیب ۰/۳۴ و ۰/۶۶ بود. به هر حال انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای ساقه نیز در پر شدن دانه تاثیر می‌گذارد.

نتایج این آزمایش نشان داد که تنش خشکی NAR و RGR را در فاصله نمونه‌برداری اول تا دوم بصورت معنی‌داری کاهش داد اما تاثیر معنی‌داری بر این دو شاخص در فاصله نمونه‌برداری دوم تا سوم نداشت. با توجه به اینکه نمونه‌برداری دوم در حدود مرحله گلدهی و نمونه‌برداری سوم ۱۲ روز پس از آن انجام گرفت، به نظر می‌رسد که پس از گلدهی بواسطه پیری تدریجی برگ و کاهش نسبت سطح برگ به وزن کل گیاه (جدول ۴)، NAR و RGR حتی در شرایط شاهد نیز کاهش

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس (باین جدول) و مقایسه میانگین (بالای جدول) شاخص‌های رشد، سطح ویژه برگ (SLA)، نسبت وزنی برگ (LWR)، نسبت سطح برگ (LAR)، سرعت جذب و تحلیل خالص (NAR) و سرعت رشد نسبی (RGR)

مرحله دوم تا سوم	مرحله اول		مرحله سوم		مرحله اول		مرحله دوم		مرحله سوم		مرحله اول		مرحله دوم		مرحله سوم		رغم				
	شاهد	تنش	شاهد	تنش	شاهد	تنش	شاهد	تنش	شاهد	تنش	شاهد	تنش	شاهد	تنش	شاهد	تنش					
RGR(mg ¹ day ⁻¹)		NAR(mg ¹ cm ² day ⁻¹)		LAR(cm ² g ⁻¹)		LWR(g ¹ g ⁻¹)		SLA(cm ² g ⁻¹)													
۲۶۵	۴۳۵	۷۸۸	۸۲۹	۱۳۳	۱۶۴	۱۵۲	۱۶۰	۱۱۴	۱۲۴	۲۰۰	۲۶۶	۵۱۹	۰/۴۲۰	۰/۱۹۵	۰/۱۶۱	۰/۰۸۶	۰/۰۸۶	۱۳۶/۹	۱۳۰/۱	الوند	
۴۷۷	۴۳۶	۷۳۸	۷۸۰	۲۲۸	۱۸۲	۱۶۸	۱۷۸	۱۰/۲	۱۰/۶	۲۰/۹	۲۴/۰	۴۴/۰	۰/۴۱۵	۰/۱۳۰	۰/۱۱۴	۰/۰۶۵	۰/۰۶۳	۱۸۵/۰	۱۳۵/۴	چمران	
۳۲۴	۲۱۸	۷۶۳	۱۰۰/۶	۱۵۶	۰/۹۴	۲/۰۸	۲/۷۵	۸/۱	۱۱/۲	۲۰/۷	۲۲/۳	۳۶/۶	۰/۳۲۸	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶	۰/۰۰۷	۰/۰۰۶	۲۲۱/۴	۱۲۷/۴	تجن	
۴۲۳	۴۵۵	۵۷۸	۶۹۷	۲۱۰	۲۴۶	۱۵۳	۱۸۵	۹/۹	۱۱/۳	۲۰/۲	۱۹/۰	۳۸/۰	۰/۳۴۰	۰/۱۳۸	۰/۱۲۸	۰/۰۸۷	۰/۰۸۷	۱۳۸/۱	۱۱۴/۱	M-75-7	
۴۱۳	۳۹۷	۷۳/۹	۷۷/۸	۱/۸۰	۱/۷۲	۱/۳۲	۱/۳۹	۱/۲۴	۱/۳/۹	۳/۳۰	۳۳/۰	۶۰/۷	۰/۴۳۷	۰/۱۶۰	۰/۱۴۲	۰/۰۹۷	۰/۰۹۷	۱۴۲/۶	۱۶۳/۷	روشن	
۲۹/۶	۳۰/۴	۸۶/۱	۸۶/۴	۱/۴۸	۱/۵۲	۱/۷۸	۱/۷۸	۹/۱	۱۱/۹	۲۰/۱	۱۹/۹	۴۸/۷	۰/۴۰۹	۰/۱۴۷	۰/۱۴۱	۰/۰۸۵	۰/۰۷۸	۱۳۵/۰	۱۳۲/۰	داراب	
۳۶/۸	۳۷/۰	۱۱۴/۴	۱۱۹/۸	۱/۲۶	۰/۷۸	۱/۱۴	۱/۲۳	۲۳/۶	۲۴/۷	۲۹/۱	۴۱/۱	۹۷/۶	۰/۳۹۶	۰/۲۱۱	۰/۲۰۰	۰/۱۴۷	۰/۱۴۰	۱۹۴/۶	۲۰۳/۴	شاه پسند	
۳۵/۴	۳۷/۰	۱۰۰/۷	۱۰۰/۳	۱/۲۵	۱/۲۴	۱/۷۴	۱/۷۵	۸/۲	۱۳/۸	۲۸/۴	۲۹/۹	۵۸/۷	۰/۴۲۶	۰/۱۶۲	۰/۱۵۸	۰/۰۹۸	۰/۰۹۳	۱۸۲/۶	۱۳۶/۱	مرودمت	
۳۶/۵	۳۶/۷	۸۲/۴	۸۹/۶	۱/۶۲	۱/۵۲	۱/۵۹	۱/۷۵	۱۱/۶	۱۳/۷	۲۲/۸	۲۵/۸	۵۴/۵	۰/۳۹۶	۰/۱۵۶	۰/۱۴۳	۰/۰۹۲	۰/۰۸۱	۱۶۷/۳	۱۴۲/۸	متوسط ارقام	
۶/۱۵	۶/۸۶	۰/۳۲۶	۰/۲۵	۱/۲۰	۲/۷۵	۲/۷۵	۲/۷۵	۷/۷	۰/۰۰۸	۰/۰۱۳	۰/۱۷۵	۲۰	۲۴/۶	۱۶۷/۳	۱۷۵/۲	۱۴۸/۵	۱۴/۹	۲۴/۶	۲۱/۰۲	LSD.	
n.s.	*	n.s.	*	**	**	**	*	-	*	**	*	-	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-	تنش رطوبتی	
**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	n.s.	**	**	**	**	**	**	**	رقم
**	**	**	**	**	**	**	**	-	**	**	**	-	**	**	**	**	**	**	-	رقم تنش رطوبتی	

در هر سه مرحله نمونه برداری اندازه گیری شدند در حالی که RGR و NAR برای فاصله زمانی بین مراحل ۱ و ۲ و نیز ۲ و ۳ محاسبه گردید. مرحله اول نمونه برداری قبل از اعمال تیمار تنش می باشد. مقادیر LSD مربوط به مرحله اول LAR و SLA فقط برای مقایسه اعداد ستون شاهد می باشد. در حالی که در سایر موارد مقادیر LSD برای مقایسه تیمارهای شاهد و تنش در بین دو ستون مربوطه نوشته شده است.

* معنی دار در سطح ۵ درصد، ** معنی دار در سطح ۱ درصد

نمونه‌برداری اول و دوم همبستگی بین NAR و این دو شاخص منفی و معنی‌دار است، لذا می‌توان گفت که ارقام دارای NAR کمتر جزء ژنوتیپ‌های گروه A و ارقام دارای NAR بیشتر بر خلاف انتظار جزء ژنوتیپ‌های گروه D هستند. NAR یکی از اجزاء RGR می‌باشد، در گندم دوروم مشاهده شده است که ارقام مقاوم به خشکی در شرایط مطلوب RGR بیشتر و در شرایط تنش RGR کمتری دارند (۲۱).

جدول ۶ همبستگی بین شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد را با یکدیگر نشان می‌دهد. سرعت رشد نسبی شاخص اصلی مورد توجه محققین است. عدم همبستگی بین NAR و RGR در فاصله نمونه‌برداری اول و دوم ضمن آنکه با نتایج پورتر و رمکس (۱۹۹۰) و زیمان و همکاران (۱۹۹۳) هماهنگ است، نشان می‌دهد که از دو جزء مؤثر بر RGR عامل اصلی و مؤثر LAR می‌باشد. همبستگی بین LAR و NAR در مرحله اول در

بیشتر با عملکرد دانه بیشتر نیز همراه خواهد بود. در فاصله مرحله اول و دوم نمونه‌برداری همبستگی بین NAR با عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه منفی و معنی‌دار بود (جدول ۵). رقم تجن که کمترین عملکرد را در هر دو شرایط شاهد و تنش داشت بیشترین NAR را نشان داد. رقم قدیمی شاه‌پسند دارای بیشترین RGR و کمترین NAR در هر دو شرایط شاهد و تنش در بین ۸ رقم بود. این رقم از لحاظ شاخص حساسیت به تنش در حد میانه قرار دارد. بنابراین می‌توان گفت که RGR نمی‌تواند میزان مقاومت به تنش را توضیح دهد. ریچارد (۱۹۹۰) معتقد است که بالا بودن RGR در طی دوره رشد نمایی گندم بسیار مهم است، در صورتیکه RGR در یک ژنوتیپ ۵ درصد بیشتر از ژنوتیپ دیگر باشد، در پایان ۱۰۰ روز از دوره نمایی رشد گندم وزن خشک ژنوتیپ اولی ۵۰٪ بیشتر از ژنوتیپ دیگر خواهد بود. در جدول ۵ دیده می‌شود که RGR با شاخص‌های MP و STI فاقد همبستگی است. در حالیکه در فاصله

جدول ۵- همبستگی شاخص‌های رشد با عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص‌های حساسیت و مقاومت به تنش در شرایط شاهد و تنش در دو مرحله نمونه‌برداری (مرحله اول: تورم غلاف و مرحله دوم: گلدهی).

				شاخص‌های رشد (شرایط بدون تنش)
عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص عملکرد متوسط (MP)	شاخص تحمل تنش (STI)	
۰/۱۳۸	۰/۵۸۲	۰/۰۱۲	۰/۰۶۷	RGR در فاصله نمونه برداری اول و دوم
-۰/۸۰۴*	-۰/۸۱۴*	-۰/۹۱۳**	-۰/۸۹۶**	NAR در فاصله نمونه برداری اول و دوم
۰/۵۴۹	۰/۸۶۴**	۰/۶۱۷	۰/۶۴۲	LAR در نمونه برداری اول
۰/۳۳۰	۰/۵۷۲	۰/۴۳۲	۰/۴۷۴	LAR در نمونه برداری دوم
۰/۷۴۳*	۰/۵۴۶	۰/۷۹۸*	۰/۷۸۶*	LWR در نمونه برداری اول
۰/۶۲۱	۰/۶۹۳	۰/۷۱۰*	۰/۷۱۳*	LWR در نمونه برداری دوم
۰/۵۳۵	۰/۸۸۸**	۰/۵۳۰	۰/۵۵۲	SLA در نمونه برداری اول
۰/۱۴۶	۰/۵۸۰	۰/۲۵۴	۰/۳۰۸	SLA در نمونه برداری دوم
				(شرایط تنش)
عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص عملکرد متوسط (MP)	شاخص تحمل تنش (STI)	
۰/۴۰۳	۰/۷۱۰*	۰/۳۵۵	۰/۳۹۴	RGR در فاصله نمونه برداری اول و دوم
-۰/۶۴۸	-۰/۷۵۰*	-۰/۸۰۲*	-۰/۷۹۷*	NAR در فاصله نمونه برداری اول و دوم
۰/۵۵۵	۰/۷۷۸*	۰/۶۱۷	۰/۶۴۲	LAR در نمونه برداری اول
۰/۵۵۸	۰/۷۲۶*	۰/۵۶۲	۰/۶۱۱	LAR در نمونه برداری دوم
۰/۷۲۴*	۰/۸۳۴*	۰/۷۹۸*	۰/۷۸۶*	LWR در نمونه برداری اول
۰/۴۵۸	۰/۶۳۱	۰/۵۱۲	۰/۵۳۹	LWR در نمونه برداری دوم
۰/۳۸۶	۰/۶۶۰	۰/۵۳۰	۰/۵۵۲	SLA در نمونه برداری اول
۰/۱۹۰	۰/۳۲۸	۰/۱۸۰	۰/۰۱۳	SLA در نمونه برداری دوم

بواسطه عدم اعمال تنش در برداشت اول مقادیر همبستگی بین MP و STI با شاخص‌های رشد در شرایط شاهد و تنش در برداشت اول مشابه است.

*: معنی‌دار در سطح ۵ درصد. **: معنی‌دار در سطح ۱ درصد.

شرایط شاهد و تنش منفی و معنی‌دار بود (بترتیب $r = -0.708^*$ و $r = -0.738^*$). عبارت دیگر بدون توجه به وضعیت آبی، ارقامی که LAR بیشتری داشتند بواسطه دارا بودن سطح فتوسنتزی (منبع) بیشتر سرعت فتوسنتز خالص در واحد سطح برگ کمتری داشتند که روابط جبرانی بین سطح فتوسنتزی و سرعت فتوسنتز را نشان می‌دهد. رقم قدیمی شاه‌پسند در نمونه‌برداری اول به ازاء هر گرم وزن گیاه بیشترین سطح برگ ($97/6$ سانتی‌متر مربع سطح برگ به ازاء هر گرم وزن گیاه) اما کمترین NAR ($1/23$) میلی‌گرم ماده خشک بر سانتی‌متر مربع سطح برگ در روز) را نشان داد. رقم اصلاح شده جدید تجن با وجود داشتن کمترین LAR بیشترین NAR را بخود اختصاص داد. این اثر منفی جبرانی در رابطه منفی بین مساحت کل سطح برگ و NAR نیز نمود یافته است (جدول ۶). زیمنان و همکاران (۱۹۹۳) نیز همبستگی منفی ($r = -0.54^{**}$) را بین LAR و NAR گزارش کرده‌اند.

از آنجائیکه LAR عامل تعیین‌کننده RGR بوده و حاصل LWR و SLA می‌باشد. در این آزمایش نشان داده شد که همبستگی بین LWR و همچنین SLA با RGR مثبت و در بیشتر موارد معنی‌دار بود (جدول ۶). وان در ورف (۱۹۹۷) با بررسی شاخص‌های رشد در ۷۰ گونه گرامینه اظهار داشت که تنوع در RGR با تنوع در LAR و تغییرات SLA در بین این گونه‌ها مرتبط بود. تاثیر مستقیم LAR و SLA بر RGR در مطالعه ارقام گندم نیز مورد تاکید قرار گرفته است (۲۲). بنابراین در کل LWR و SLA عوامل تعیین‌کننده RGR و در نتیجه تجمع ماده خشک می‌باشند. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین LWR با RGR و عملکرد نشان می‌دهد ارقام با عملکرد بالاتر در شرایط شاهد و تنش نسبت وزن برگ به وزن کل بیشتری دارند و به عبارت دیگر ماده خشک بیشتری را به برگ اختصاص می‌دهند. بالا بودن SLA به معنی سطح برگ بیشتر به ازاء واحد وزن برگ است. بنابراین همبستگی معنی‌دار بین SLA و RGR نشان می‌دهد که ارقام دارای برگ‌های نازکتر بدلیل توانایی در توزیع وزن خشک به سطح برگ بیشتر و در نتیجه دارا بودن سطح فتوسنتزی بیشتر، RGR بیشتری را نیز دارا هستند. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین LWR با شاخص‌های MP و STI ضمن تایید موضوع فوق نشان می‌دهد

که می‌توان از LWR نیز بعنوان معیاری برای تفکیک ژنوتیپ‌های گروه A استفاده کرد. از طرف دیگر همبستگی منفی بین LWR و NAR ($r = -0.729^*$) در شرایط شاهد و $r = -0.240$ در شرایط تنش در مرحله اول نمونه‌برداری) نشان می‌دهد که تخصیص بیشتر ماده خشک به برگ با کاهش NAR همراه است. اگر ارقامی اصلاح شوند که همراه با LWR بالا، NAR بیشتری نیز داشته باشند آنگاه RGR بیشتر و تولید ماده خشک بیشتری خواهند داشت. همبستگی معنی‌دار و مثبت بین SLA و RGR در شرایط تنش در فاصله نمونه‌برداری اول و دوم نشان می‌دهد که ارقام دارای برگ‌های نازک‌تر سرعت رشد نسبی بیشتری دارند. با توجه به همبستگی مثبت بین SLA و عملکرد بیولوژیک در کل می‌توان گفت نازک بودن برگ صفتی مطلوب در جهت عملکرد است. گرچه به نظر رسید که SLA بیشتر (برگ نازک‌تر باشد) با سرعت فتوسنتز خالص کمتر همراه است ($r = -0.633$) در شرایط شاهد و $r = -0.707^*$ در شرایط تنش بین مرحله اول و دوم نمونه‌برداری) ولی بطور کلی همبستگی بیشتر بین SLA و عملکرد بیولوژیک در شرایط کنترل در مقایسه با تنش نشان می‌دهد که در شرایط مطلوب برگ‌های نازک و ظریف کارایی بیشتری در فرآوری مواد فتوسنتزی دارند. سبحانی و گودری (۲۰۰۰) بیان داشته‌اند که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین LAR و عملکرد در شرایط شاهد مشاهده شد، اما در شرایط تنش، وزن مخصوص برگ (SLW) که وزن واحد سطح برگ می‌باشد و عکس SLA است، همبستگی بالایی را با عملکرد داشت. وزن مخصوص بیشتر برگ در واقع به مفهوم ضخامت بیشتر برگ است. همبستگی بالایی بین SLA در مرحله دوم و RGR در فاصله نمونه‌برداری دوم و سوم در شرایط شاهد مشاهده شد اما این همبستگی در شرایط تنش دیده نشد. نس (۱۹۷۳) نیز اظهار داشته است که بین SLA و عملکرد همبستگی ضعیفی وجود دارد. تحت تنش خشکی سطح برگ بواسطه کاهش اندازه سلولی کاهش می‌یابد که باعث کاهش SLA می‌شود (۱۸). در جدول ۴ ملاحظه می‌شود که تحت تنش خشکی SLA بطور متوسط حدود ۵ درصد کاهش یافته است ولی این کاهش معنی‌دار نیست.

با توجه به نتایج آزمایش حاضر می‌توان گفت که در شرایط تنش آخر فصل مناطق مدیرانه‌ای پتانسیل عملکرد بالا یک

جدول ۶- همبستگی بین شاخص‌های رشد SLA, LAR, LWR, LA و در برداشت اول و دوم و NAR و RGR در فاصله برداشت اول و دوم در شرایط شاهد و تنش (برای توضیحات بیشتر به جداول ۴ و ۵ مراجعه کنید).

مرحله اول (شاهد)						
SLA	LWR	LAR	NAR		RGR	
شاهد	شاهد	شاهد	تنش	شاهد	تنش	شاهد
۰/۸۳۸**	۰/۴۸۲	۰/۷۹۳*	-۰/۹۴۳**	-۰/۸۶۳**	۰/۳۳۹	۰/۱۸۰
	۰/۳۴۱	۰/۹۴۷**	-۰/۷۰۷*	-۰/۶۳۳	۰/۷۱۵*	۰/۶۵۲
		۰/۳۹۴	-۰/۲۴۰	-۰/۷۲۹*	۰/۱۸۲	۰/۱۳۲
			-۰/۷۳۸*	-۰/۷۰۸*	۰/۸۱۲*	۰/۷۰۸*
مرحله دوم (شاهد)						
		SLA	LWR	LAR	NAR	RGR
		۰/۳۸۸	۰/۷۲۱*	۰/۹۴۱**	-۰/۴۷۷	۰/۷۵۹*
			-۰/۲۳۰	۰/۴۵۸	۰/۲۸۳	۰/۶۷۶
				۰/۷۴۹*	-۰/۸۰۰*	۰/۴۲۰
					-۰/۴۴۳	۰/۸۴۲**
						-۰/۰۱۴
مرحله دوم (تنش)						
		SLA	LWR	LAR	NAR	RGR
		-۰/۱۱۳	۰/۸۶۴**	۰/۸۲۷*	-۰/۸۰۱*	۰/۷۶۴*
			-۰/۴۷۶	۰/۲۲۰	۰/۳۰۳	۰/۰۸۴
				۰/۷۱۸*	-۰/۶۹۶	۰/۷۸۲*
					-۰/۴۴۲	۰/۸۴۴**
						-۰/۲۳۸

*: معنی دار در سطح ۵ درصد **: معنی دار در سطح ۱ درصد

تعیین LAR و در نتیجه RGR و عملکرد دارد.

سپاسگزاری

منابع مالی این تحقیق از محل اعتبارات حوزه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران تامین شده است که بدینوسیله اعلام قدردانی می‌شود. همچنین از مساعدت و راهنمایی‌های جناب آقای مهندس عظیم اکبری ریاست محترم بخش غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در تهیه بذور ارقام اقلیم‌های مختلف صمیمانه سپاسگزاری می‌شود.

جزء لازم برای انتخاب ارقام است اما این فاکتور به تنهایی کافی نیست در این آزمایش مشاهده شد که فاکتور فوق با صفاتی از قبیل RGR و LWR رابطه مثبت و با NAR رابطه منفی دارد. از آنجائیکه RGR و HI عوامل تعیین‌کننده عملکرد هستند لذا اجزای RGR نیز می‌توانند در تعیین عملکرد مؤثر باشند. این آزمایش نشان داد که NAR زیادتر با RGR بالا همراه نیست اما LAR عامل مؤثر بر روی RGR است. از بین اجزای LAR یعنی LWR و SLA نیز هر دو با LAR و RGR همبستگی مثبت داشتند اما به نظر می‌رسد که LWR نقش بیشتری در

REFERENCES

مراجع مورد استفاده

- بی‌نام. ۱۳۷۶. غلات در آینه آمار. انتشارات اداره کل آمار و اطلاعات، وزارت کشاورزی. ۲۹۸ صفحه.
- تاری‌نژاد، آ.، مقدم، م.، شکیبی، م.ر.، کاظمی، ه و م.م. صدر. ۱۳۷۷. ارزیابی واکنش لاین‌های حاصل از توده‌های بومی گندم پاییزه به شرایط آبی و تنش کمبود آب. پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. چکیده مقالات. صفحات: ۲۸-۲۷.
- کریمی، م. و م. عزیز، ۱۳۷۶. آنالیزهای رشد گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۱۱ صفحه.
- نورمند مؤید، ف. ۱۳۷۶. بررسی تنوع صفات کمی و رابطه آنها با عملکرد گندم نان در شرایط دیم و آبی و تعیین بهترین شاخص مقاومت به خشکی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران. ۱۲۷ صفحه.

5. Arora, A., V.P. Singh, and J. Mohan. 2001. Effect of nitrogen and water stress on photosynthesis and nitrogen content in wheat. *Biologia Plantarum*. 44(1):153-155.
6. Ceccarelli, S., M.M. Nachit, G.O. Ferrara, M.S. Mekni, M. Tahir, j. Vanlear and j.P. Srivastava. 1987. Breeding strategies for improving cereal yield and stability under drought. In: G.p. Srivastava, E. Porceddu, E. Acevedoand. Varma (Eds.), *Drought tolerance in winter Cereals*. pp.101-114 -john wiley and sons , New yourk.
7. Chapin, F.S. 1980. The mineral nutrition of wild plants. *Annu. Rev. Ecol. Sys.* 11: 233-260.
8. Clarke, J.M., T. Smith, T. Caig and G. Green. 1984. Growth analysis of spring wheat cultivars of varying drought-resistance. *Crop Sci.* 24:537-541.
9. Ehdaie, B, J.G. Wains, and A. E. Hall. 1988. Differential responses of landrace and improved spring wheat genotypes to stress environments. *Crop Sci.* 28:838-842.
10. Fernandez, G.C. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. in proceeding of the sympo. Taiwan, 13-16 Aug. 1992. by C. G. Kuo. AVRDC.
11. Fischer, R.A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I, grain yield responses. *Aus. J. Agric. Res.* 29:897-912.
12. Laing, D.R. and R.A. Fischer. 1977. Adaptation of semidwarf wheat cultivars to rainfed conditions. *Euphytica* 26:129-131.
13. Ledent, J.F. and D. N. Moss. 1979. Relation of morphological characters and shoot yield in wheat. *Crop Sci* 19:445-451.
14. Levitt, J. 1980. Response of plants to environmental stresses. Vol. 2. Water, Radiation, Salt and other stresses. Academic Press. PP 697.
15. Nass, H.G. 1973. Determination of characters for yield selection in spring wheat. *Can. J. Plant Sci.* 53:755-782.
16. Paleg, I.G. and D. Aspinall. 1981. The physiology and biochemistry of drought resistance in plants. Academic Press. PP 492.
17. Pecetti, L., P. Annicchiarico, and G. Kashour. 1993. Flag leaf variation in mediterranean durum wheat landraces and its relationship to frost and drought tolerance and yield response in moderately favorable conditions. *plant – genetic Resources – Newsletter*. 93:25-28.
18. Pessarkli, M. 1993. Handbook of plant and crop stress. Marcel Dekker, Inc. PP 693.
19. Poorter, H., and C. Remkes. 1990. Leaf area ratio and net assimilation rate of 24 wild species differing in relative growth rate. *Oecologia*. 83:553-559.
20. Ritchie, S.W., H.T. Nguyen, and A.S. Haloday. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotype differing in drought resistance. *Crop Sci.* 30:105-111.
21. Simane, B., J.M. Peacock, and P.C. Stuijk. 1993. Difference in developmental plasticity and growth rate among drought resistant and susceptible cultivars of durum wheat. *Plant and Soil*. 157:155-166.
22. Subhani, G.M. and M.A. Chowdhry. 2000. Correlation and path coefficient analysis in bred wheat under drought stress and normal conditions. *Pakistan Journal of Biol. Sci.* 3(1):72-77.
23. Van der Werf, A.K. 1997. Plant functional types in: Modelling Inter-Plant competition in Natural and Agro-Ecosystems. Workshop Report. Department of Theoretical Production Ecology, Wageningen Agricultural University. 12 to 14 November 1997.
24. Van Ginkel, M., D.S. Calhoun, G. Gebeyehu, A. Miranda, C. Tian-You, R. Pargas Lara , R.M. Trethowan, K. Sayre, J. Crossa, and S. Rajaram. 1988. Plant traits related to yield of wheat in early, late, or continuous drought conditions. *Euphytica* 100: 109-121.

Relationships Among Growth Indices, Drought Resistance and Yield in Wheat Cultivars of Different Climates of Iran Under Stress and Non Stress Conditions.

A. AHMADI¹ AND A. SIO-SE-MARDEH²

**1, 2, Assistant Professor and Ph.D. Student, Faculty of Agriculture,
University of Tehran, Karaj, Iran
Accepted April. 16, 2002**

SUMMARY

A field experiment was carried out at research station of Agricultural College, Karaj, in 2000. The study aimed to evaluate the effects of water stress on growth indices as well as their relations with yield and drought susceptibility/tolerance indices in eight cultivars representatives of four different climates in Iran. The experimental design was a split plot one with three replicates. Two irrigation levels applied represented the main plots and eight cultivars were allocated to subplots. Drought stress reduced both biological and grain yield in all cultivars. The highest reduction was observed in Roshan and Tajan, while the lowest in Chamran and M-75-7. Cultivars with higher yield under fully irrigated conditions were also superior under stress condition; the highest grain yield under stress condition being recorded for Shahpasand and Mahdavi and the lowest for Tajan. The highest values of stress tolerance index (STI) and mean productivity (MP) were observed in Roshan, Mahdavi and Shahpasand, whereas, Tajan displayed the lowest values. Water stress treatment did not affect specific leaf area (SLA) but, reduced leaf weight ratio (LWR) as well as leaf area ratio (LAR). Net assimilation rate (NAR) and relative growth rate (RGR), measured before flowering, were reduced by water stress. Significant negative relations were observed between NAR and STI, MP and yield. Of the two components of RGR, only LAR was positively correlated with RGR. Cultivars with higher LAR, showed lower NAR.

Key words: Drought stress, Growth indices, Iranian climates, Resistance indices, Wheat.